

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції
Материалы XI Международной научно-практической конференции
Materials of the 11th 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-2019

Збірка матеріалів конференції

**28-30 травня 2019
року
Херсон, Україна**

**28-30 мая 2019 года
Херсон, Украина**

**May 28-30, 2019
Kherson, Ukraine**

Організатори конференції:

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ ІМЕНІ І. СІКОРСЬКОГО»
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. М. КАРАЗІНА
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КЛАЙПЕДСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ЛИТВА)
МАРІБОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (СЛОВЕНІЯ)
БІЛОРУСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БРЕМЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИКЛАДНИХ НАУК (НІМЕЧЧИНА)
КРЮІНГОВА КОМПАНІЯ «MARLOW NAVIGATION» (КІПР)

Програмний комітет:

Алексішин В.Г. – к.т.н., проф. (Україна);
Беккер Хайнц Р. – проф. (Німеччина);
Бідюк П.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Блінцов В.С. – д.т.н., проф. (Україна);
Букетов А.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Варбанец Р.А. – д.т.н., проф. (Україна);
Васюхін М.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Винокурова О.А. – д.т.н., проф. (Україна);
Вухерер Т. – к.т.н., доц. (Словенія)
Гнатушенко В.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Казак В.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Кондратенко Ю.П. – д.т.н., проф. (Україна);
Куклін В.М. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);
Леонов В.Є. – д.т.н., проф. (Україна);

Любіч О.О. – д.екон.н., проф. (Україна);
Мальцев А.С. – д.т.н., проф. (Україна);
Маляренко О.Д. – д.т.н., проф. (Білорусь);
Михальов О.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Мельнік І.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Осадчий С.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Рева О.М. – д.т.н., проф. (Україна)
Рожков С.О. – д.т.н., проф. (Україна);
Рябенський В.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Савченко О.Г. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);
Селіванов С.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Харченко В.П. – д.т.н., проф. (Україна);
Ходаков В.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Хомченко А.Н. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);
Цимбал М.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Янутенене Й. – д.т.н., проф. (Литва).

Організаційний комітет:

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

У збірнику представлено матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 28 – 30 травня 2019 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-2019) : збірка матеріалів XI Міжнародної науково-практичної конференції, 28-30 травня 2019 р. Херсон : Херсонська державна морська академія, 2019. 468 с.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей Одинадцятої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2019)», метою якої є аналіз та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів щодо застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі. Конференція проходить у місті Херсоні, що розташоване на мальовничих берегах річки Дніпро, на базі старішого морського навчального закладу нашої держави – Херсонської державної морської академії. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади Німеччини, України, Білорусі, Словенії, Литви та інших країн зарубіжжя.

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

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

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

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

Організатори щиро дякують усім учасникам конференції та сподіваються, що MINTT-2019 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:
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

СИСТЕМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНЫХ АВТОМАТОВ С ГЕКСАГОНАЛЬНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Белан С.Н., Галушко М.Н.

*Государственный университет инфраструктуры и технологий
(Украина, г. Киев)*

Моторнюк Р.Л.

*«Главный информационно-вычислительный центр» ПАТ «Укрзалізниця»
(Украина, г. Киев)*

Введение. На сегодняшний день все большее значение приобретает тематика создания специализированных вычислительных средств для автоматизации решения различных задач на транспорте. Одной из таких задач является обработка и анализ изображений, которая связана с распознаванием и идентификацией зрительных образов в реальном времени. Можно привести примеры, в которых есть движущиеся объекты и движение которых необходимо определенным образом контролировать: отслеживать перемещения, фиксировать их наличие, вести их учет, вычислять характеристики движения (направление, скорость), вычислять физические размеры и др. Это, например, могут быть грузовые железнодорожные вагоны; автомобили; объекты, пересекающие специальные пропускные пункты (в аэропортах, морских портах и др.) системы видеонаблюдения за определенными объектами или наблюдения за определенной местностью; детали и запчасти на конвейерных линиях и т.п. Отправной точкой для выполнения всех этих операций является идентификация объекта, что движется.

На транспорте в основном используются радиочастотные и оптоэлектронные системы идентификации. Они имеют определённые преимущества и недостатки. Наиболее привлекательными являются оптоэлектронные средства идентификации. Они наиболее дешевые и используют различные методы преобразования оптических сигналов, а также методы обработки изображений, представленных массивом электрических сигналов. Также для идентификации изображений объектов в реальном времени используются клеточные автоматы (КА), которые, за счет матричной организации, дают возможность организовать параллельные вычисления [1-3].

Актуальность исследований. Идентификация сложных объектов и явлений требует создания специальных систем распознавания - сложных динамических систем, состоящих в общем случае из коллектива подготовленных специалистов и совокупности технических средств получения и переработки информации, которые предназначены для решения на основе специально разработанных алгоритмов задач идентификации соответствующих образов (объектов, явлений).

В настоящее время существует много действующих автоматизированных систем, которые в той или иной степени решают задачи идентификации (отнесение объекта к одному определенному классу из множества раньше определенных классов объектов) движущихся объектов. Каждая система идентификации является узкоспециализированной, потому приспособлена для распознавания только данного вида образов (так, система, которая распознает автомобильные номерные знаки не сможет распознать лицо человека и т. д.). Это объясняется сложностью самой задачи идентификации, которая сама по себе является достаточно сложной и ресурсоемкой по времени задачей и зависит от типа объекта и условий наблюдения за ним.

Для систем компьютерной идентификации изображений входная информация поступает по зрительному информационному каналу, например, видеокамер, работающих с изображениями. Процесс идентификации базируется на принятии решения о классификации образа (изображение объекта) на основе сравнения его характеристических признаков (ХП) с заранее известными ХП эталонных образов. Для получения из графического изображения объекта ХП необходимо провести предварительную обработку этого изображения с целью устранения избыточной информации и выделения ХП или классификаторов (края изображения, границы сегментов, остов изображения).

Постановка задачи. В работе ставится задача эффективного выделения ХП для повышения точности идентификации подвижных объектов в реальном времени с использованием преобразования Радона (ПР) и клеточных автоматов с гексагональным покрытием (КАГП).

Идентификация объектов на основе КАГП с использованием преобразования Радона. В 1917 году математик И. Радон [4, 5] предложил метод восстановления (реконструкции) многомерных функций с их интегральными характеристиками, то есть метод решения обратной задачи интегральной геометрии. Принцип ПР лежит в основе многих средств обработки информации, наиболее известные из которых: томография в медицине, обработка изображений, сейсмологические исследования.

Широкая сфера применения ПР и различных его модификаций - цифровая обработка изображений, а именно определение параметров различных кривых и их идентификация, будь то простая прямая линия, рукописный шрифт или фотография лица человека.

В зависимости от типа подвижного объекта можно выделить два подхода к их идентификации:

- в случае простых примитивных объектов (например, геометрических фигур как квадрат, круг, треугольник и т.п.) входной информацией для выделения характеристических признаков является непосредственно само изображение движущегося объекта. Идентификация проводится на основе анализа всего изображения.

- в случае сложных объектов, которые не могут быть отнесены к первому случаю, идентификация должна проводиться на основе анализа не всего изображения, а в определенных участках, на которых есть какие-то особые отметки, позволяющие классифицировать движущийся объект.

Таким образом, задача идентификации подвижного объекта сводится к распознаванию простых геометрических фигур или знаков (букв, цифр). Для этого сначала на картинке отыскивают движущийся объект или ту часть на объекте, на которую нанесено метку. То есть отправной точкой решения поставленной задачи считается поиск подвижного объекта или подвижной части изображения. Во время поиска и локализации движения в кадре дополнительно выполняется функция сжатия или уменьшения количества данных, которые поступают для дальнейшей обработки на следующие функциональные этапы, и как следствие - дополнительное повышение быстродействия и уменьшения аппаратных затрат на следующих шагах алгоритмов.

Из локализованного изображения движущегося объекта или его частей с соответствующими пометками выделяются ХП. Причем, для охвата большего диапазона изображений идентификации целесообразно выполнить выделение ХП двумя различными методами:

- 1) - методом на основе преобразования Радона;
- 2) - методом выделения остова.

Причем эти две операции независимы друг от друга и могут выполняться параллельно на двух разных КА.

Имея ХП подвижного объекта, проводится идентификация путем сравнения выделенных признаков с базой данных эталонных значений. На основе результатов распознавания делается вывод о принадлежности объекта к тому или иному виду, то есть

идентифікація. Исходя из вышесказанного, предлагаются следующие три метода компьютерной идентификации изображений движущихся объектов:

1 - идентификация по ХП, выделенных на основе преобразования Радона реализованном на КА;

2 - идентификация по ХП, выделенных в виде остова изображения реализованном на КА;

3 - комбинированная идентификация в виде параллельно выполняемых двух первых типов идентификации, что повышает ее достоверность.

В данной работе разрабатываемые структуры представляют собой клеточные автоматы с гексагональной формой покрытия (КАГП). Каждый пиксель представляется одной клеткой или процессорным элементом (ПЭ) такой среды.

Использование ПР для реализации на КАГП дает шесть проекций Радона для одного изображения. Анализ данных проекции позволяет получить информацию о некоторых геометрических особенностях подвижного объекта, его расположения и ориентации в поле зрительной сцены. Если дополнительно известен такой важный параметр как расстояние до движущегося объекта, то, зная угол обзора видеокamеры, с которой получается изображение, можно вычислить даже такие характеристики объекта как его физические размеры, скорости движения (моментальную в текущем кадре, а также среднюю), ускорение, траекторию его перемещения, расстояние, которое он прошел и др.

Согласно разработанной структуре сначала на вход системы подается входное изображение. С данного изображения выделяется область, которую содержит зафиксированный движущийся объект, причем данная операция выполняется аппаратно на КАГП, реализованном на разработанном модифицированном методе и математическом аппарате. Выделенное изображение подается на КАГП, который путем определенных преобразований обеспечивает описание входного изображения в виде набора ХП, которые дают полное описание без потерь информативности. Много усилий и временных затрат в современных известных методах тратится на удаление шумов. Применение ПР позволяет без дополнительных операций по удалению шумов проводить эффективное описание изображений. Поэтому реализация данного метода идентификации строится на основе алгоритмов ПР, с помощью которого осуществляется эффективное выделение ХП. В результате полученного описания на выходе КАГП формируется кодовая последовательность всех полученных проекций Радона, которая подается на блок сравнения, в котором осуществляется сравнение полученной кодовой последовательности с существующими кодами эталонных последовательностей, хранящихся в блоке хранения эталонов.

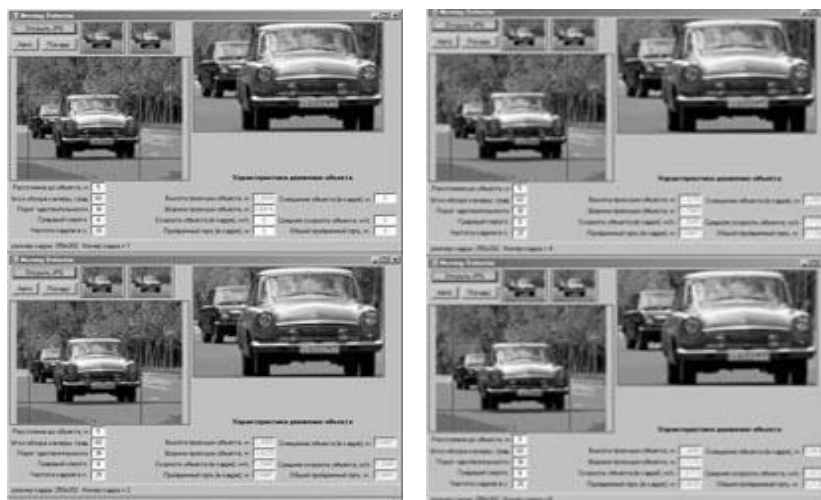


Рисунок 1 – Пример нахождения и выделения подвижного объекта

Существует множество проблем, которые связаны с различными искажениями на изображениях идентификаторов (наличие шумов, разрывы и др.). Однако они успешно учитываются с помощью полученных проекций на КАГП. Пример нахождения и выделения подвижного объекта представлен на рис. 1.

Программное моделирование позволяет вычислить различные характеристики подвижного объекта в реальном времени.

Заключение. Как показало программное моделирование, разработанный ПЭ дает возможность построить КАГП, который в полной мере сможет реализовать выделение движущихся объектов видеоизображения в режиме реального времени. Сравнительный анализ программной модели и аппаратной реализации КАГП показал одинаковые результаты, что позволяет реализовать предложенную систему на современных ПЛИС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Belan, S. N., & Motornyuk. R. L. (2013). Extraction of characteristic features of images with the help of the radon transform and its hardware implementation in terms of cellular automata, *Cybernetics and Systems Analysis*, 49(1), 7 – 14.
2. Bilan, S. (2017). *Formation Methods, Models, and Hardware Implementation of Pseudorandom Number Generators: Emerging Research and Opportunities*, IGI Global.
3. Haderer, K.P. & Müller, J. (2017). *Cellular Automata: Analysis and Applications (Springer Monographs in Mathematics)* 1st ed. Springer.
4. Bilan, S., Motornyuk, R., & Bilan, S. (2014). Method of Hardware Selection of Characteristic Features Based on Radon Transformation and not Sensitive to Rotation, Shifting and Scale of the Input Images, *Advances in Image and Video Processing*, 2(4), 12 - 23, UK.
5. Helgason, S. (2014). *Integral Geometry and Radon Transforms*. Springer.

СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ З УРАХУВАННЯМ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ ПІД ЧАС ПОЗАШТАТНИХ УМОВ НАВІГАЦІЇ

Бень А.П., Носов П.С., Паламарчук І.В.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Вступ. Безпека людини, судноплавства, вантажу та навколишнього середовища залишається першочерговою проблемою, яку намагаються вирішити загально визнанні структури такі, як Міжнародна Морська Організація (ІМО), а також силами окремих судновласницьких компаній.

Як і раніше до переважної більшості причин тих чи інших катастроф, зіткнень та пошкоджень призводить людський фактор. Згідно досліджень Європейської Морської Безпекової Агенції (European Maritime Safety Agency) за період з 2011 по 2016 людський фактор призвів до 75-80% аварійних ситуацій на морі, наслідками яких стали пошкодження суден, шкода людині та/або навколишньому середовищу [1].

Оскільки плавання судна виконується, здебільшого, в будь яких умовах, то людина-оператор (судноводій) залучений до процесів управління майже весь час. В таких умовах слід розглядати проблему ідентифікації проявів людського фактора в контексті корисності на морському транспорті під час позаштатних ситуацій, що в кінцевому випадку призведе до підвищення безпеки судноплавства.

Основна частина. Практика показує, що стан готовності судноводія до прийняття управлінських рішень описується двома взаємозалежними областями - деяким допустимим розподілом факторів впливу та попереджувальними сигналами системи підтримки прийняття рішень (СППР). Також враховується корисність судноводія при прийнятті рішень у певних ситуаціях. Попереджувальні сигнали інформаційної СППР мають формуватись таким чином, щоб вирівнювати загрози, що виходять від судноводіїв, найбільш схильних до впливу зовнішніх чинників. У зв'язку з цим необхідно дослідити момент переходу з усвідомленого стану судноводія в інтуїтивний стан, індивідуальні чинники, що впливають на даний процес, а також аналіз інтуїтивного стану судноводія на предмет корисності його дій.

Відомо, що момент переходу в інтуїтивне стан залежить від інтенсивності надходження інформаційних факторів і їх природи. Відбувається «інформаційний поріг» (ІП). Даний ІП призводить до того, що судноводій переходить до інтуїтивних, неусвідомлених дій. Завдання СППР полягає в тому, щоб не порушувати баланс розподілу інформаційного навантаження на судноводія та між членами вахтової служби, засобами, як для відстеження сигналів, що надходять, так і прогнозування можливих позаштатних ситуацій.

Зовнішнє середовище максимізує корисність членів вахтової служби. Якщо в певному стані судноводій або члени вахтової служби відчувають ІП, корисності дій можуть бути збільшені СППР за рахунок перерозподілу інформаційних факторів.

Функції СППР слід узагальнювати, оскільки немає повної впевненості в тому як буде розвиватися ситуація в біляпоригової області переходу в інтуїтивний стан; тому даний підхід вимагає багаторазово повторюваного експерименту. Це дозволить уточнити, які індивідуальні причинно-наслідкові зв'язки призводять судноводіїв в небезпечний стан та сформулювати модель користувача.

Особливість формування моделі полягає в тому, що спочатку необхідно задати початкові відомості про судноводіїв в формально-логічному вигляді, найбільш переважними можуть виявитися моделі подання знань в термінах штучного інтелекту [2].

Дані відомості дозволяють сформувати знання про сукупність, природу і інтенсивність факторів, що призводять окремо взятого судноводія до ПІ. Крім того, важливо відстежити в кожному з окремих випадків полярність інтуїтивної поведінки з метою прогнозування і попередження можливих катастроф з вини людського фактора.

Висновки. Однією з найважливіших складових підвищення безпеки сучасного судноплавства є створення СППР судноводія. Досвід судноводіння показує, що вироблені в процесі морської та тренажерної практики вміння і моделі поведінки успадковуються і під час реальних морських переходів, включно з проходом невідомих ділянок та у стресових/аварійних ситуаціях.

Особливості виникнення інформаційного дисбалансу між членами вахтової служби під час переходу судна та у аварійних ситуаціях дозволяють наблизитися до вирішення проблеми попередження негативного впливу людського фактора на морському транспорті та поліпшити функціональність СППР судноводія, що розробляється.

ЛІТЕРАТУРА

1. European Maritime Safety Agency [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.emsa.europa.eu/>
2. A new hybrid approach to human error probability quantification–applications in maritime operations / Y. T. Xi, Z. L. Yang, Q. G. Fang, W. J. Chen, J. Wang // Ocean Engineering. – 2017. – Vol. 138. – P. 45–54. doi: 10.1016/j.oceaneng.2017.04.018

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ДІЯЛЬНІСТЬ СУДНОПЛАВНИХ КОМПАНІЙ

Ганношина І.М., Войченко Т.О.

*Державний університет інфраструктури та технологій
(Україна, г. Київ)*

Вступ. В основі виробничо-господарської діяльності судноплавної компанії лежить експлуатаційна робота, яка полягає в організації транспортного процесу з використанням наявного в розпорядженні компанії флоту і урахуванням зовнішніх факторів впливу. Діяльність підприємств водного транспорту формується не як випадковий набір компонентів, а як струнка система взаємопов'язаних частин (провізна спроможність флоту і пропускна здатність портів, природні і шляхові умови, сезонність роботи, розвиток економіки регіонів, попит на перевезення і якісний розвиток транспортних засобів і т.п.). Будь-яка зміна стану навіть однієї компоненти викликає зміну поведінки системи в цілому. Таким чином, завдання оперативного управління та планування на водному транспорті має складний, багатофакторний характер. Найбільш поширена в даний час реактивна система управління та планування виробничо-господарської діяльності більшості СК, в основі якої лежить прийняття рішень - у відповідь реакцій на ті чи інші зміни зовнішнього та внутрішнього середовища, не відповідає сучасним вимогам.

Актуальність досліджень. Питаннями економіки та планування на транспорті займалися багато закордонних та вітчизняних вчених, завдяки яким наука про управління напрацювала чималий теоретичний і фактичний матеріал. При цьому недостатньо вивченими залишаються методологічні питання обґрунтування управлінських рішень в основній діяльності судноплавних компаній, незважаючи на те, що в практиці транспортного менеджменту проблема безперервного підходу до планової діяльності стає все більш актуальною.

Постановка задачі. Вдосконалення підходів до функціонування системи прийняття управлінських рішень в судноплавних компаніях, в основу якої закладено принципи безперервного планування транспортного процесу в загальній системі транспортного підприємства.

Результати досліджень. Актуально нагадати, що на водному транспорті системи підтримки прийняття рішень (СППР) стали поширювати ще в 1960-і роки, коли з'явилися автоматизовані системи управління (АСУ). Але потім виникли певні труднощі, і в подальшому проект не був реалізований комплексно [1]. В рамках технічних проектів обчислювального центру пароплавств центральних басейнів робилися спроби створення інтегрованих баз даних, методик вирішення завдань прогнозування транспортних операцій і моделювання транспортного процесу (в масштабах пароплавства), оптимізації планів подачі порожніх суден під навантаження, автоматичного ведення дислокації флоту з використанням комп'ютерів, розробки декадних планів роботи флоту і річних планів перевезень вантажів [2]. У радянські роки на практиці було прийнято виділяти лінійну і рейсову форми організації руху суден; перша з них вважалася найбільш придатною для умов планової економіки і характеризувалася наявністю вантажопотоків великої потужності. Перехід країни на ринкову економіку природним чином вплинув як на галузь в цілому, так і на окремі підприємства. Потреби планової економіки, враховані в АСУ «Річфлот», виявилися незатребуваними. Крім того, перехід до роботи в ринкових умовах зумовив необхідність швидкого реагування на зміни, що відбуваються як на фрахтовому ринку, так і на водних шляхах, що диктує нові вимоги до АСУ. Методи планування і управління роботою флоту, що використовувалися в лінійному судноплаванні, втратили

актуальність і потребували коригування з урахуванням нових умов господарювання. Зміни відбулися не тільки в зовнішньому середовищі, а й у процесі організації експлуатації суден [1]. В даний час переважає рейсова форма з окремими елементами «лінійності» (в частині освоєння контрактних вантажопотоків), які виражаються в наявності декількох стійких вантажопотоків протягом усього навігаційного періоду. Стійкі вантажопотоки, як правило, на контрактній основі, піддаються плануванню із застосуванням засобів автоматизації. Нестабільність зовнішніх обставин виражається в істотній зміні: обсягу вантажів, що пред'являються до перевезення протягом всього періоду планування (будь-то декада, місяць, навігація); пунктів розвантаження і навантаження; шляхових умов, а також у раптовій появі нового вантажопотоку або відмови вантажовідправника від послуг з перевезення вантажів. Тому намічений раніше порядок дій, система планування використання флоту підлягають коригуванню. Номінально, як і раніше, залишаються 3 рівня планування [3]: навігаційне (не застосовується в колишньому вигляді), місячне і оперативне. Однак на практиці частіше застосовується довгострокове бізнес-планування - при плануванні доходів будується план перевезень на рік (навігацію). При цьому ставляться два ключових завдання - прогнози: вантажної бази (обсяги, вантажопотоки) і використання суден. Потреба у флоті визначається на основі аналізу декількох варіантів вантажної бази. Потім досліджуються можливі відхилення та їх вплив на план. Важливо відзначити, що формування плану пов'язано з великою величиною ризику його невиконання (через відсутність в даний час такого органу централізованого планування як Держплан при плановій економіці). А якщо існує ризик, то необхідно постійно відслідковувати ситуацію і вносити корективи. Короткострокове планування (місячне або кварталне) покликане уточнювати критерії бізнес-плану. В такому часовому інтервалі, на основі вже укладених контрактів і уточнених прогнозів очікуваних змін в вантажопотоках або в функціонуванні транспортної системи, також вирішується завдання визначення потреби у флоті, аналізуються можливі коригування в його складі (введення/виведення в/з експлуатації, перерозподіл суден по іншим вантажопотокам і т.п.). Оперативне, рейсове планування фактично полягає в уточненні призначення конкретних суден на одиничні або послідовні рейси, в розрахунку технічних і економічних показників планованих рейсів, що на сучасному етапі є основним підходом. Перераховані рівні планування повинні бути взаємопов'язані між собою, оскільки очевидно, що зміни на будь-якому з них впливають на інші. Так з'явилася необхідність у формуванні концепції безперервного планування роботи флоту [3]. Зараз функції, які повинні виконувати інформаційні системи, розділилися: ведення бухгалтерського обліку здійснюється за допомогою програм, побудованих на платформі 1С, завдання оперативного управління вирішуються із застосуванням інформаційної системи F/3. А питання оптимізації річних планів і використання моделювання транспортного процесу на рівні пароплавства (включаючи оптимізацію планів подачі порожніх суден під навантаження на довгострокову перспективу) перетворилися на другорядні [5]. В рамках однієї навігації обсяги перевезень вантажів в цілому можуть змінюватися незначно, але на\в оперативному інтервалі (декада, місяць) їх коригування може бути дуже істотним. Більш того, значна кількість замовлень зазвичай виникає не до початку сезону, а безпосередньо в ході його розвитку. Така ситуація змушує приймати рішення про перерозподіл флоту, що знаходиться в експлуатації, про тимчасове введення/виведення деяких суден, а також про оренду (або про її завершення) стороннього флоту. Таким чином, перед СК постає досить широкий спектр завдань. З'являється потреба в актуалізації інформації щодо раціонального закріплення суден за вантажопотоками з урахуванням перегону флоту з інших ліній (рейсів) або його введення в експлуатацію, в тому числі з тимчасового відстою протягом навігації. Поряд з коригуванням розрахункових даних персоналу берегових служб СК необхідно виконувати своєчасне документальне супроводження процесів, пов'язаних з оперативним управлінням, беручи до уваги вплив багатьох факторів, в тому числі кон'юнктури ринку, політичних і економічних процесів,

стану водних шляхів. Менеджменту СК постійно доводиться вирішувати завдання планування на різних рівнях, беручи на себе всю повноту відповідальності, адже одна невірна дія здатна обернутися серйозними наслідками - зниженням прибутку від перевезень. Проте, як і раніше, низькою залишається якість оцінки потенційних ризиків в умовах багатоваріантності і непередбачуваності сценаріїв розвитку транспортної системи. На ринках з високим ступенем конкуренції кожен крок повинен бути не тільки обґрунтованим, але і оперативним. Тому одним з найважливіших завдань великої СК є оптимізація своїх витрат, що, в свою чергу, передбачає пошук раціональної схеми розстановки флоту та його роботи. Однак останнє з низки причин переважно не відбувається. На практиці має місце оптимізація витрат, яка може здійснюватися, наприклад, за рахунок скорочення чисельності персоналу, ліквідації другорядних напрямків діяльності (часто носять соціальний характер), виведення з експлуатації суден, не зайнятих в основному виробничому процесі. З іншого боку, подібна необхідність зводиться до потреби в різноманітних розрахунках, які займають багато часу при проведенні обчислень з частковою, але не комплексною автоматизацією. Перелік викладених завдань і супроводжуючих їх труднощів свідчить про те, що застосування сучасних методологічних підходів спільно з інформаційно-програмними засобами є запорукою ефективного управління в сучасних умовах.

Таким чином, є підстави стверджувати: необхідно розробляти і використовувати спеціалізовані СППР. І їх створення видається цілком досяжною метою. СППР, в залежності від предметної області, даються різні визначення, але сенс єдиний - інтерактивна автоматизована система, яка допомагає менеджерам приймати рішення при використанні даних і моделей для усунення неструктурованих проблем в ситуаціях, коли неможливо або небажано застосовувати автоматичну систему, що виконує весь процес вирішення [4,5]. Актуальна система повинна формуватися з урахуванням розумних потреб сучасної СК, особливостей її діяльності з планування та оперування роботою флоту. Важливо брати до уваги і економічну складову - досягнення певної фінансової вигоди, яка в даному випадку виступає як критерій вибору конкретної СППР.

Використання СППР дозволяє СК отримати відчутні переваги:

1. Формальний опис і систематизація всіх дій, пов'язаних з оперативним управлінням роботою флоту (оперування), а також облік факторів, що впливають на функцію мети, і збільшення «глибини» планування при зіставленні трудомісткості процесу.
2. Стандартизація структури і методів обробки інформації як на етапі введення вихідних даних, так і на стадії отримання показників оцінки, тобто отримання для підрозділів прозорого механізму доступу до відомостей.
3. Зниження трудомісткості складання звітних і планових документів.
4. Проведення різноманітних розрахунків за короткий період з мінімальними затратами і зменшеним навантаженням на персонал і, як наслідок, вивільнення часу для інших операцій (або можливість працювати більш якісно).
5. Для персоналу служби експлуатації флоту - можливість використання інструменту всебічної оцінки, що дозволяє оперативно уточнювати тайм-чартерний еквівалент і встановлювати оптимальну фрахтову ставку, моделювати різні варіанти розвитку подій з метою вибору тактики ведення процесу укладення договору на перевезення вантажу.
6. Можливість використовувати цю модель як в діалоговому, так і в напівавтоматичному режимі, завдяки єдиним принципам системи накопичення інформації для коригування параметрів моделі з урахуванням поточної реальності.
7. Контроль відхилення від плану із застосуванням системи показників (індикаторів) його виконання.
8. Підвищення продуктивності праці співробітників СК.
9. Можливість визначення прихованих резервів для їх подальшої реалізації.

10. Для менеджменту вищої ланки - оперативний контроль процесів без відволікання і перевантаження берегового персоналу додатковими запитами, а також отримання комплексного економічного обґрунтування по кожному з прийнятих рішень про призначення або перепризначення судна.

11. Прозорість діяльності різних підрозділів, зайнятих безпосереднім управлінням роботою флоту.

Пропонована система дозволяє реалізовувати сукупність розрахунків, які супроводжують процес планування роботи флоту сучасної СК, виконувати обробку інформації про зовнішнє середовище і враховувати прийняті користувачами системи оперативні рішення.

Висновки. Таким чином, використання сучасних інформаційних технологій в поєднанні з комплексним підходом до проблематики вирішення перерахованих завдань в рамках описаної системи дозволить значно поліпшити якість прийнятих рішень, перенести передовий досвід управлінців на поточні рішення і автоматизувати процес планування стосовно сучасних умов господарювання. Впровадження системи прийняття управлінських рішень в практику діяльності СК, побудованої на принципах безперервного планування, дозволить їм не тільки більш гнучко реагувати на зміни зовнішніх і внутрішніх факторів впливу, а й програвати максимально можливі варіанти розвитку подій до того, як вони відбулися. Останнє особливо важливо в умовах зростаючої конкуренції на ринку транспортних послуг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Персианов В.А. Моделирование транспортных систем / В.А. Персианов.- М.: Транспорт, 1972.-208с.
2. Пути развития АСУ «Пароходство» / В. Чупалов // Речной транспорт, 1982.- № 10. - с. 24.
3. Красильникова Г.Д. Организационно-экономическое обеспечение непрерывного планирования производственно-хозяйственной деятельности предприятий водного транспорта [Текст]: автореф. дис. канд. экон. наук: 08.00.05 / Г.Д. Красильникова.- Волжская гос. акад. водн. транс.- Нижний Новгород, 2012.-21с.
4. Теории систем и системный анализ в управлении организациями: справочник: учебное пособие / [В. А. Баринов, А. А. Денисов, Г. П. Чудесова, В. Н. Юрьев и др.]; под ред. В. В. Волковой, А. А. Емельянова. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 848 с.
5. Дерлоу Д. Ключові управлінські рішення. Технологія прийняття рішень: Пер. з англ. – К.: Наукова думка, 2010. – 242 с.

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАДАЧАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМИ ГТД

Єнчев С.В.

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

Вступ. Однією з головних характеристик систем керування авіаційними газотурбінними двигунами (ГТД) є надійність. Підвищення надійності базується на принципі запобігання несправностей шляхом зниження інтенсивності відмов та збоїв елементів системи автоматичного керування (САК), застосування електронних схем і компонентів з покращеними ймовірнісними характеристиками, використання полегшених режимів роботи схем. Відмовостійкість – це така властивість САК як складної логіко-динамічної системи, яка дозволяє можливість продовження дій, заданих програмою, після виникнення відмов; комплексний показник надійності функціональної системи (ФС), визначуваний ймовірністю того, що система функціонуватиме на певному рівні якості після того, як відбудеться відмова (або декілька відмов) в компонентах її апаратури і (або) їх програмного забезпечення [1].

Забезпечення відмовостійкості вимагає структурної та програмної надлишковості. Концепції паралельності та відмовостійкості САК ГТД пов'язані між собою, так як в обох випадках необхідні додаткові функціональні резерви [2]. Тому в паралельних обчислювальних системах, таких як нейронні мережі, досягається найбільш висока продуктивність та надійність. Структура багатопроцесорних систем пристосована до автоматичної реконфігурації та забезпечує можливість роботи САК ГТД після виникнення відмов.

Постановка завдання. Для забезпечення надійності та відмовостійкості інтелектуальних систем керування (ІСК) ГТД необхідне вирішення таких задач [2]:

- контролю та діагностування стану ІСК ГТД;
- відновлення працездатності ІСК при виникненні відмов ГТД або керувальної частини САК.

Важливим напрямком в забезпеченні відмовостійкості САК ГТД є вдосконалення їх архітектури на основі базової концепції (Full Authority Digital Engine Control), який базується в побудові цифрової САК ГТД з повної відповідальністю. Сучасні бортові САК ГТД типу FADEC поєднують функції керування ГТД, а також функції контролю технічного стану, діагностики відмов елементів САК та їх парировання. Поряд з традиційними задачами ІСК ГТД повинні вирішувати додаткові задачі, пов'язані з прийняттям оперативних рішень на основі накопичених знань в умовах невизначеності та адаптації (тобто зміни своєї структури і параметрів) у випадку виникнення можливих нештатних ситуацій. Таким чином сформулюємо задачу дослідження як розробку відмовостійкої ІСК ГТД на основі інтелектуальних технологій – нечіткої логіки.

Принципи забезпечення відмовостійкості САК ГТД. Для забезпечення відмовостійкості цифрових САК на практиці використовують три способи введення резерву [5]:

- структурний;
- програмний;
- часовий.

У загальному випадку відмовостійкість САК ГТД забезпечується виконанням трьох дій: виявлення відмови, її діагностування та відновлення. У багатьох випадках відмовостійкість забезпечується шляхом використання методів приховання несправностей, для яких у явному вигляді відсутні операції виявлення та діагностування.

Засоби діагностування цифрових САК ГТД базуються на використанні таких методів автоматичного контролю [6]:

Контроль парності оперативної пам'яті, контроль парності у разі введення / виведення інформації, а також за безпосереднього звертання до пам'яті.

Захист за допомогою спеціальних лічильників-таймерів від зацикловань або неправильного ходу виконання програм, які викликані порушенням коду команд.

Контроль вихідної напруги блоку живлення.

Захист пам'яті на випадок одночасного звертання до неї декількох програм.

Захист від неправильної адресації у разі звертання до оперативної пам'яті.

З метою забезпечення відмовостійкості САК ГТД у разі відмови електронної керувальної частини передбачено перехід на резервні гідромеханічні системи, які забезпечують реалізацію спрощених алгоритмів керування [1]. Для підвищення надійності електронної керувальної частини можуть бути використані такі методи, як мажоритарне резервування, дублювання (або потрійне резервування) окремих модулів і порівняння результатів обчислень програмним шляхом або за допомогою спеціальної апаратури.

Використання ІСК ГТД дозволяє при цьому задачі забезпечення властивостей робастності, адаптивності та відмовостійкості процесів керування ГТД в умовах дії суттєвих факторів невизначеності [4]. Для забезпечення надійності та відмовостійкості ІСК ГТД необхідне вирішення таких задач: контролю та діагностування ІСК ГТД; відновлення працездатного стану ІСК при виникненні відмов ГТД або керувальній частині САК. Наразі при створенні САК ГТД відмовостійкість забезпечується за рахунок введення резервування на основі методології FADEC. Перевагою даного підходу є досягнення високого рівня безвідмовності за рахунок резервування і перехресних зв'язків. Головний недолік – екстенсивний підхід до вирішення проблеми надійності. Застосування сучасних інтелектуальних технологій передбачає використання експертних знань або знань, накопичених ІСК для виявлення відмови і парирования його за рахунок реконфігурації або адаптації.

Розглянемо підхід для забезпечення надійності та відмовостійкості ІСК ГТД, який базується на парадигмі навчання, адаптації до внутрішніх і зовнішніх факторів; реконфігурації каналів керування (характері взаємодії локальних регуляторів) на основі принципу мінімальної складності. Послідовність етапів синтезу відмовостійкої САК ГТД:

I етап – Формування вихідних обмежень та задач керування САК ГТД.

II етап – Вибір класів, архітектури алгоритмів керування САК ГТД.

III етап – Формування множини можливих відмов у САК ГТД.

IV етап – Вибір алгоритмів діагностування відмов.

V етап – Вибір алгоритмів прийняття рішень при виникненні відмов.

VI етап – Оцінка ефективності алгоритмів відмовостійкого керування.

Синтез відмовостійкої нечіткої системи керування авіаційним ГТД. Системи автоматичного керування ГТД з нечіткими регуляторами можна віднести до класу динамічних експертних систем [4]. Поруч з алгоритмами керування, які використовуються за нормальних умов польоту ПС. База знань нечіткої ІСК авіаційним ГТД повинна містити в собі алгоритми розпізнавання нештатних ситуацій в польоті та правила прийняття рішень у цих ситуаціях. Згідно [1] розрізняють такі нормовані за НТД вимоги до можливих проявів особливих польотних ситуацій:

- ускладнення умов польоту (УУП);
- складній ситуації (СС);
- аварійній ситуації (АС);
- катастрофічній ситуації (КС).

У разі виявлення відмови одного з елементів САК ГТД, база знань дозволяє обрати одне з можливих альтернативних рішень для досягнення поставленої задачі керування ІСК

авіаційним ГТД за рахунок наявних структурних, функціональних, програмних, навантажувальних видів резервування без або з частковою втратою якості керування. До цих рішень слід віднести [5, с. 140]:

- зміна структури та параметрів алгоритмів керування на основі інформації про поведінку САК в особливих ситуаціях у польоті;
- спрощення алгоритмів обчислення керувального впливів, наприклад, шляхом застосування більш простої бази правил;
- зміна точності обчислень керувальних впливів, що дозволяє вивільнити час для процесора САК ГТД, який необхідний для парировання відмови алгоритмічними методами;
- скорочення списку виконуваних польотних завдань, перехід на резервні програми керування ГТД;
- використання структурної надлишковості: підключення резервних датчиків, виконавчих механізмів, інших елементів САК ГТД;
- оповіщення пілота про виникнення нештатної ситуації та видача рекомендації по їх усуненню.

На рис. 1 наведена структурна схема нечіткої відмовостійкої САК ГТД, де \bar{G} - вектор задавальних впливів; \bar{Y} - вектор вимірюваних параметрів ГТД; \bar{U} - вектор керувальних впливів; \bar{E} , $d\bar{E}$ - вектори похибок та похідних похибок керування.

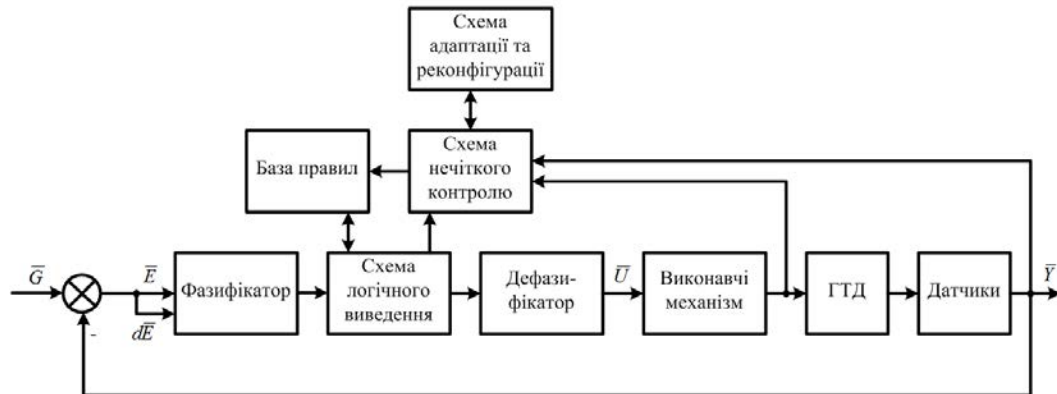


Рисунок 1 – Структурна схема нечіткої відмовостійкої САК ГТД

Вектор керувальних впливів \bar{U} формується за такими етапами [3]:

1. Визначення відхилень вектора похибок керування \bar{E} та вектора похідних похибок керування $d\bar{E}$.
2. Фазифікація даних векторів \bar{E} та $d\bar{E}$, тобто перетворення отриманих значень до нечіткого вигляду, у формі лінгвістичних змінних.
3. Визначення нечітких (якісних) значень вектора керувальних впливів \bar{U} або його приросту $d\bar{U}$ у вигляді функцій приналежності відповідним нечітким підмножинам на основі раніше сформульованих правил логічного виводу записаних в базі правил (знань).
4. Дефазифікація – обчислення реальних числових значень вектора \bar{U} , які використовуються в якості керувальних впливів ГТД.

На рис. 2. наведено один з можливих виглядів таблиці рішень для двох змінних X_k і X_n , що являє собою набір нечітких правил «ЯКЩО-ТО» для i -го каналу керування САК ГТД. Змінні X_k і X_n можуть приймати множину якісних значень:

$$S = \{Z, SP, MP, LP, VLP, SN, MN, LN, VLN\},$$

де Z - «нуль»; SP - «мале додатне»; MP - «середнє додатне»; LP - «велике додатне»; VLP - «дуже велике додатне»; SN - «мале від'ємне»; MN - «середнє від'ємне»; LN - «велике від'ємне»; VLN - «дуже велике від'ємне».

	X_n								
	VLN	LN	MN	SN	Z	SP	MP	LP	VLP
VLN									
LN									
MN									
SN									
X_k Z									
SP									
MP									
LP									
VLP									

Область нормального функціонування
 Область передвідмовного стану
 Область відмов
 Область невизначеності

Рисунок 2 – Розширена таблиця рішень нечіткої САК ГТД

Клітини розширеної таблиці значень заповнюються на основі правил прецедентів, експертних оцінок, які містяться в базі знань. На основі експертних оцінок або експериментальним шляхом визначається допустимий діапазон зміни змінних X_k і X_n САК ГТД і правила поведінки (прийняття рішень) в штатних та особливих ситуаціях у польоті. Відмова у цьому випадку визначається з якісними значеннями (термами) сигналів похибок та їх похідних. Якщо вказані якісні значення приймають непередбачені комбінації, то така ситуація визнається особливою й видається сигнал відмови [6].

Висновки. Таким чином, застосування відмовостійкої ІСК ГТД на основі нечіткої логіки дозволяє забезпечити локалізацію відмови та її парирування та зберегти при цьому необхідну якість процесів керування. Перевагою цього підходу є можливість використання знань про поведінку САК ГТД у вигляді правил, що дозволяє виконати оцінку ситуації на якісному рівні, тобто при цьому у базі знань вимальовується узагальнений образ ситуації керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Захарченко В.П., Єнчев С.В., Товкач С.С., Ільєнко С.С. Системна ефективність програмованої експлуатації авіоники: монографія. Київ: НАУ, 2018. 192 с.
2. Ранченко Г.С., Буряченко А.Г. Перспективы развития электронных САУ ГТД. Авиационно-космическая техника и технология. 2018. №7(151). С.95-100.
3. Кузнецова Т.А., Августиневич В.Г., Губарев Е.А. Алгоритмы диагностики и парирувания отказов каналов измерения системы автоматического управления авиационным двигателем. Вестник ПНИПУ: Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2015. №16. С.5-14.
4. Кривошеев И.А., Годованюк А.Г. Использование моделей ГТД в составе адаптивных отказоустойчивых систем управления и контроля. Вестник УГАТУ. 2010. Т.14. №5(40). С.10-14.
5. Воробьев В.М., Захарченко В.А., Єнчев С.В. Методология формирования концепции архитектуры программного обеспечения отказоустойчивой авионики перспективных ВС. Електроніка та системи управління. 2006. №2(8). С.138-148.
6. Єнчев С.В., Киселев А.Д. Алгоритм и архитектура обеспечения отказоустойчивой авионики перспективных воздушных судов. АВИА-2006: праці VII міжнар. наук.-техн. конф. (Київ, 25-27 вересня 2006 р.). – Київ, 2006. Т.ІІ. С.3.33-3.36.

DIVERSIFICATION STRATEGIES OF THE NATIONAL SUBSYSTEMS OF GLOBAL SHIPPING

Ilichenko S., Rozvadovska O.

*Institute of market problems and economical and ecological researches of
the National Academy of Sciences of Ukraine
(Ukraine, Odessa)*

Introduction. Transport is one of the most important spheres in the economy of any state. This system provides production links and serves as an indicator of the condition of the world trade. Starting from 2015, statistics directly indicates the diversification of the structure of the formation of volumes of international freight. Transport companies felt their own crisis as a consequence of the slowdown in industry, construction, and the downturn in the consumer goods market in developed economies and in the emerging segment.

Actuality of the research. The shipping market is cyclical by its nature, and freight rates usually fluctuate. Particularly in this regard, the role of the resource and energy sectors of the economy is changing. The actuality of the study is conditioned by the need to research the essence of diversification activities introduced in maritime enterprises, as well as ways to increase the competitiveness of domestic shipping companies in the world freight market.

Problem setting. Taking into account the problems outlined, the main task of this study is to reveal the peculiarities of creating an effective strategy for managing the development of a shipping company in an unstable freight market.

Results of the research. Diversification means the expansion of the range, the change in the type of product manufactured by the company, the firm, the development of new types of production in order to increase its efficiency, obtaining economic benefits, preventing bankruptcy. The principle of diversification is based on the activities of investment companies and funds [1, p. 186].

Taking into account that more than 80% of goods in the world commodity trade are transported by sea, maritime transport remains the mainstay of international trade and globalization. In addition, shipping plays a key role in promoting other types of economic activity, such as the production of technical equipment for the maritime sector, auxiliary maritime services (e.g. insurance, banking, brokerage services, classification societies and advisory services), fishing, tourism and development of energy resources at sea, as well as other maritime-related industries, such as shipbuilding and shipbreaking.

In this context, sustainable maritime transport systems should ensure the creation of such a transport infrastructure and the provision of such transport services as would be safe, socially acceptable, accessible, reliable, inexpensive, effective in terms of fuel costs, safe for the environment, low carbon and resistant to climate change.

In addition, in the conditions of globalization and internationalization of the economy, there are new determinants that define the peculiarities of the structuring of the merchant fleet market, integration and diversification in the maritime transport system.

The system of global economic relations determines the formation of the two most important principles of the structuring of maritime trade. The first principle is based on alternating stages of evolutionary and innovative development of the international division of labor and the choice of the competitive position of specialized shipping companies. The second principle is the holding position and the need for cash flow management with the growth of capital intensity and transaction costs, taking into account possible system constraints that shape the parameters of competitive opposition [2, p. 52].

Actually, ship-owners implement a strategy of functional and financial sustainability, reaching a certain degree of compliance with the status of the efficiency and operation of ships

and their cost relative to the freight index. The main parameters of the cargo capacity for the tonnage and age groups are regulated. This fact complicates the forecasting of the dynamics of prices in the secondary market of ships [3, p. 159].

Diversification is one of the ways to reduce risk aversion in the maritime transport industry. It comes down to the formation of specialized shipping companies. Owners of cargo have the opportunity to choose alternative carriers and directions of delivery of cargoes. It provides reduction of the maximum possible losses during the calculation period.

The planned changes in the placement of productive forces of the world under the influence of globalization processes lead to a certain transformation of the traditional directions and structure of cargo flows. This process, together with the development of intermodal connections and international transport corridors, causes a change in the role of regional maritime transport subsystems.

In the shipping industry, shipping companies are not easy to diversify their business due to the distinctive differences between linear shipping and bulk carriers. Typical basic differences are based on market structure and capital intensity. Line shipping is not confronted with highly volatile fluctuations in freight traffic and does not produce and does not buy and sell vessels in accordance with fluctuations. On the other hand, bulk cargo can be carried out on a charter basis, rather than on its own fleet, and does not require shipment of cargo and supporting agent functions in each port of the world. Many shipping companies in the world specialize in the transporting of specific goods or the provision of container or bulk transportations only.

The advisability of introducing innovative tools for the diversification of transport companies, marketing and information technologies in practice justifies the need to ensure the strategic development of companies that actively enter the international markets.

The shipping policy of «traditionally sea states» was formed over a long period of time on a single priority - commercial efficiency and economic security of economic, investment and trading activities. Therefore, any changes in the world merchant shipping, especially as a result of the emergence of new ship-owners, and when the condition of the freight market changes, causes preventive measures to ensure national interests [4, p. 136].

Conclusions. Increasing the dependence of the global economy's efficiency on the world shipping market raises the urgency of creating a new paradigm and principles of rational development of the maritime transport industry. At the heart of the formation of its parameters and structure, it is necessary to use the principle of complex self-regulating subsystems on the basis of megaeconomic rules and observance of national interests within the average quota of the normalization of the participation of the country's fleet in the system of merchant shipping.

This process is complicated during periods of crisis condition of the freight market. At the same time, it is necessary to pay attention to the leading role of the main participants in world trade: the USA, EU countries, China. The revival of domestic trade, import and export operations lead to a change in the situation in merchant shipping.

Optimization of the parameters of the local markets of the sea market of transport services directly affects the operation of the entire logistics system of cargo delivery, which in turn determines the need for further study of the elements of the global logistics system under the conditions of world integration and cooperation.

Thus, the quality of transport services becomes of special significance in connection with the development of international forms of industrial cooperation and the development of diversified processes in the transport industry.

REFERENCES

1. Varlamova, T.P., Vasil'eva, N.A., Neganova, L.M., Sarafanova, E.V., Azimov, K.A., Bolokhonov, A.P., Klimova, Yu.V. & et al. (2008). Bol'shaya ekonomicheskaya entsiklopediya [Big economic encyclopedia]. Moscow: EKSMO [in Russian].

2. Primachev, N.T., Klimek, H. & Grin', D.S. (2014). Problemy ustoichivogo razvitiya podsystem global'noi morskoi transportnoi industrii: monogr. [Problems of sustainable development of subsystems of the global maritime transport industry]. Gdansk: UGIT i HM [in Russian].

3. Primachev, N.T. & Primacheva, N.N. (2011). Jeffektivnost' razvitija morskoy transportnoj industrii: monogr. [Efficiency of the development of the maritime transport industry]. Odessa: ONMA [in Russian].

4. Primachev, N.T., Bojko, P.A. & Vinnikov, S.V. (2004). Jekonomicheskie osnovy funkcionirovanija morskogo rynka transportnyh uslug: monogr. [Economic basis for the functioning of the maritime transport market]. Odessa: Avtograf [in Russian].

ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПИЛОТОМ В ОСОБЫХ СИТУАЦИЯХ В ПОЛЕТЕ

Казак В.Н., Беда А.И., Ляшенко Э.Х., Мащенко С.В., Лазарчук Є.П

*Национальный авиационный университет
(Украина, г. Киев)*

Казак А.В.

*Национальный медицинский университет им. Богомольца
(Украина, г. Киев)*

Вся человеческая деятельность в любой ее отрасли связана с необходимостью принятия тех или иных решений: сложных технических, социально-экономических, организационно-управленческих, хирургических, полетных и других важных решений. При этом необходимо учитывать скоротечность развивающихся процессов, рост взаимосвязей событий и взаимовлияние принятых ранее и принимаемых текущих решений, динамики событий и развивающихся в них процессов, состояние и темп развития научно-технического прогресса. Все это ставит перед лицом, принимающим решение (ЛПР), сложную задачу выбора лучшего решения из большого числа альтернативных вариантов, характеризующихся разными показателями качества.

Решение этого вопроса может обеспечить инновационная политика “прорывных” технологий типа NBIC. Сегодня стало очевидным, что ни в одной из известных отраслей человеческой деятельности нет прогресса без использования инновационных нано-био-инфо-когнито технологий, каждая из которых является неким “обручем”, объединяющим все науки и технологии [4]. Эти технологии с методологической точки зрения не стали очередной составляющей известного перечня дисциплин и технологий, а объединили их, став их общей методологической базой [4]. В частности конвергенцию нано-биотехнологий можно применять для повышения отдельных качеств организма человека, что позволило уже сегодня решать важнейшие задачи здравоохранения: искусственное оплодотворение, импланты различного назначения, искусственное выращивание органов человека, соединение сознания с компьютером и др. Конвергенция информационных и когнитивных технологий позволяет, во-первых, использовать сеть Интернет для управления сознанием человека, изменения общественного представления тех или иных событий. Во-вторых, создавать и развивать объекты с искусственным интеллектом на основе когнитивных компьютерных систем [1].

Наряду с положительными чертами конвергентных технологий представители различных научных школ выдвигают ряд рекомендаций при их внедрении. Так согласно дилемме Коллингриджа [6]: последствия развития конвергентных технологий трудно предсказать, пока они широко не применяются, однако контроль и изменения после широкого внедрения технологически становятся затруднительными. Способом преодоления таких затруднений Коллингридж рекомендует ориентироваться на “гибкое управление” и стратегии предварительной оценки и анализа, переход к более широкому пониманию социальной ответственности и активное включение общества [5].

Британская группа ученых под руководством Р. Оуэна предложили четыре измерения ответственных исследований и инноваций (RRI): антиципация, рефлексивность, включение, реактивность, разработанных в рамках проекта в области геоинженерии для Исследовательского Совета Великобритании. Антиципация атрибутируется несколькими формами моральной ответственности: предвосхищать, быть информированным и подготовленным к различным ситуациям будущего, производить выбор между различными

вариантами действий перед лицом несовершенных знаний, обеспечивать для своих действий наилучший вариант [2].

Рефлексивность по мнению У. Бека является ключевой характеристикой совершенного общества, определяющей уровень институциональной практики, в том числе пределы познания и то обстоятельство, что некоторые рамочные условия решения вопроса не могут трактоваться как общепринятые [3]. Кроме того рефлексия позволяет переосмыслить границу традиционного распределения ролей в науке и инновационных решениях, делая акцент на моральные установки и обязанности [3, 4].

Включение предполагает участие общественности в инновационных исследованиях, формировании научно-технической политики, обсуждении социально значимых ее проблем, привлечении многосторонних партнеров, форумов, консультативных комитетов, создании конкурирующих позиций и предложений в процессе коммуникации [4]. Общественный диалог выступает важным инструментом постижения социальных, политических, этических, медицинских, навигационных и других инновационных проектов, методов их реализации.

Реактивность в сфере инноваций играет важное значение. Она обеспечивает конкурентное преимущество, эффективность стратегий, разрешение противоречий между требованиями методов принятия решений и возможностей человеческой системы восприятия и переработки информации, а так же учет лимитов, знаний стандартов безопасности. Трансцендентный подход выступает как эффективный механизм формирования синтетической рамки в процессах конвергенции, где научные и социальные вызовы существуют на границах взаимодействующих областей, а объединение академических подходов и позиций позволяет решить вопросы конвергенции [6].

Уверенность в соответствии принимаемого решения о действии в экстремальной ситуации сложившемуся в памяти образу действий, приобретенному в процессе длительной практической работы, позволяет ЛПР принимать быстрые [9] решения. Однако если ЛПР переоценивает свои возможности, полностью слившись с воображаемым им образом действий в создавшейся конкретной ситуации, реально возможно допустить серьезные ошибки усугубляющие экстремальную ситуацию или, что самое страшное, переводящее ее в катастрофическую. Психиатры считают, что продуцирование головным мозгом человека, в нашем случае ЛПР, различных образов действия в особых ситуациях в полете генерируются в хаотическом порядке и воспринимаются как реальные. При этом степень реальности продуцируемого порядка действий пилота сильно зависит от культурного фона, естественного для конкретного пилота. Простейшее объяснение может быть представлено следующим образом. В особой ситуации в полете у пилота в первое мгновение начинается повышенная творческая активность головного мозга, в памяти возникают обрывочные сведения о подобных ситуациях. Целостной картины пока нет, но по их образам он быстро ориентируется, как действовать в этой конкретной ситуации.

Таким образом установив личные особенности пилота, его интеллектуальные возможности можно, целенаправленной программой тренажер существенно сократить время принятия им решения о действии в создавшейся ситуации в полете. Кроме того сформировав определенным образом базу подсказок, можно повысить реальность генерируемого головным мозгом пилота образа действий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Амадова Н.Е. Оценка рисков внедрения конвергентных технологий в различные сферы общественной жизни. – <http://irsociology.ru/journal/article/359/>.
2. Мережко Е. Многомерность нашего мозга. – К.: События недели: итоги и факты, ООО “Издательский дом” Европейский выбор. № 17, 2018. С.28.
3. Мёд Е. Загадочные мифы гормонов. – К.: События недели: итоги и факты, ООО “Издательский дом” Европейский выбор № 52(395), 2018. С.28.

4. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее. – М.: Журн. Российские нанотехнологии № 1,2, 2011 год.
5. Социо-антропологические измерения конвергентных технологий. Коллективная монография, редактор Есипова В.А. – Курск: Юго-Западный государственный университет 2004.
6. Collingridge D. The social control of technology. New York : St. Martin`s Press; London: Pinter, 1980.
7. Rogers-Hayden T. N. Ridgeon. Moving engagement “upstream” Nanotechnologies and the Royal Society and Royal Academy of Engineering`s inquiry. Public understanding of Science. 2007 №16. P. 345-364.
8. Schuurbiers D. What happens in the lab: applying midstream modulation to enhance critical reflection in the laboratory // Science and Engineering Ethics 2011. №17. P. 769-788.
9. Convergence Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond. Washington, DC: The National Academies Press, 2014.
10. Grindler N.M., All`s worth J.E., Macones G.A., Kannan K., Roehl K.A., Cooper A.R. Persistent Organic Pollutants and Early Menopause in U.S. Women //PLOS ONE. January 28, 2015.

НОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БЕЗПЛОТНИХ СУДЕН. МОЖЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНИМ ФЛОТОМ В АКВАТОРІЯХ УКРАЇНИ

Кранівко Г.І., Кожин О.Д.
Херсонська державна морська академія
(Україна, г. Херсон)

Вступ. Дистанційно керовані судна, що будуть повністю автономні – це не фантастика, а існуючий факт, який є одним із сучасних досягнень в судноплаванні. Розвиток штучного інтелекту, обчислювальних технологій, комунікаційних та інших технологій дозволили збудувати та ввести в тестові режими перші безпілотні судна. Зацікавленість в безпілотних видах транспорту на даний момент – колосальна. Великі групи людей та компанії працюють у напрямку розвитку технологій та правової бази для впровадження руху безпілотних суден.

Актуальність дослідження поставленого питання дуже вагома. Перше безпілотне судно, яке працює в тестовому режимі, почало свою роботу у 2018 році, що відбулося на 2 роки раніше запланованої дати. Прослідковується стрімка тенденція розвитку технології, очікується, що до 2020 року будуть запущені ще декілька безпілотних-тестових суден, що будуть працювати у різних районах, а до 2025 року планується завершення тестів і впровадження повністю функціонуючих, протестованих і оснащених суден у регулярні перевезення водними шляхами. Для розробки пошуку ефективних методів управління, конструкції, створення нормативної бази була організована група SARUMS (Safety and Regulations for European Unmanned Maritime Systems)[1] та ряд проектів підтримки даного питання.

Головними задачами дослідження є:

- розглянути нові тенденції розвитку безпілотного флоту;
- проаналізувати можливості і потенціал українських акваторій для використання їх, як можливих тестових майданчиків для перших і подальших спроб безпілотного управління флотом;
- розглянути позитивні аспекти впровадження безпілотних суден в цілому та позитивний вплив для України та її акваторій.

Річка Дніпро, високошвидкісне пасажирське судно на підводних крилах «Нібулон Експрес» виконує регулярний рейс пасажирського перевезення між м. Херсон та м. Гола Пристань, на своєму шляху зустрічає несамохідну баржу та судно, яке зайняте її буксируванням, змінює курс відповідно до МПЗЗС, слідкує далі по маршруту, досягає місця висадки пасажирів. На перший погляд – звичайна справа, але вся справа в тому, що на борту судна – немає членів команди, так само як і на буксирі, вони керуються з операційного центру, що знаходиться на березі, там спеціалісти слідкують за рухом суден, де немає екіпажів. Це приклад того, як можливо проводити тестування технологій безпілотного руху суден та управлінням флоту в акваторіях України, звісно спочатку без реальних пасажирів. Подібне є можливою перспективою, тому що безпілотні морські судна вже працюють в тестових режимах, побудовані перші пункти дистанційного управління.

Завдяки роботі над проектами MUNIN (Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks – спільний дослідницький проект, фінансований Європейською комісією, має на меті розробити та протестувати концепцію автономного судна, яке в основному керується автоматизованими системами прийняття рішень, але додатково його робота контролюється з берегової станції віддаленими операторами)[2], над власними проектами суден, сенсорів та технологій компаній Rolls-Royce & KONGSBERG[3] функціонування безпілотних суден – є реальністю.

Головною задачею інженерів – є гарантувати безпеку плавання та синтезувати всі існуючі технології в цілісну систему для запобігання усіх можливих ризиків. Схематичне зображення комбінацій технологій зазначено на Рисунку 1.



Рисунок 1 – Схематичне бачення управління суднами MUNIN Vision

Те, що знаходиться на борту безпілотного судна – це передові навігаційні системи, системи дистанційного керування, оцінки навколишнього середовища, високоякісні камери з інфрачервоними сенсорами, РЛП, ЕНП, засоби зв'язку. Також віддалений оператор у центрі буде користуватися додатковою інформацією з супутників, даними про погодні умови, даними з інших суден, даними про основні показники головного двигуна, стан судна, - все це буде відображено на панелі управління. Головним елементом керування такими суднами стане зв'язок. Супутниковий зв'язок існує вже багато років, але в 2015 році Inmarsat запустив супутник Global Xpress, завдяки якому компанія забезпечує зв'язок майже у всіх куточках земної кулі: «І це тільки початок», - говорять в Inmarsat[4]. Високошвидкісні обчислювальні мікрокомп'ютери та масиви пам'яті, які були розроблені компанією Intel для цих проектів дають можливість швидкої обробки та збереження даних оцінки навколишнього середовища. Все це значить, що технологічно проект готовий до впровадження, але на даний момент немає нормативно-правової бази для впровадження його в масове виробництво та регулярне використання, але над цим питанням працюють. Використання таких суден можливо тільки в тестовому режимі в берегових та внутрішніх акваторіях.

Саме на цьому моменті можна акцентувати увагу привабливості України та її водних шляхів для тестування безпілотного флоту. Сучасні перевезення українськими водними шляхами є малоактивними, щільність трафіка – невелика, але протяжність водних навігаційних шляхів – значна, навігація в них також складна, тобто тестування буде проходити в складній для навігації акваторії, але з низьким та малоактивним трафіком, що є дуже позитивним аспектом для тестування молоді технології. Позитивними факторами для України стане збільшення судноплавної діяльності акваторіями, притік капіталу та інвестицій, можливі партнерські відносини місцевих судноплавних компаній та їх залучення до проведення тестових випробувань.

Який позитивний вплив у сучасному судноплаванні можливо досягти при впровадженні проекту? За даними страхової компанії Allianz 75-96% інцидентів у морі пов'язані з людським фактором[5], тому впровадження новітніх технологій та інноваційних підходів управління флотом допоможе знизити ризик помилки, а також унеможливить смертність на флоті. Місце для проживання екіпажів – можливо використати для розміщення вантажів, зникає потреба в оснащенні судна для задоволення інших людських потреб (санвузлів, кімнат відпочинку, камбузів тощо). Зменшиться можливий ризик нападів піратів, тому що по-перше на суднах не буде екіпажів, тобто унеможливило взяття в полон

людей, по-друге конструкція судна буде дуже складною і майже неможливим стане взяття його на бордаж, по-третє високотехнологічні системи управління будуть захищені, як від хакерських атак, так і мати міцну та захищену від зовнішнього впливу конструкцію. Тобто дистанційне управління судном стане не тільки привабливим і престижним для молодих спеціалістів, а ще й економічним та безпечним. Однак на сьогодні лише одне питання не має чіткого вирішення. Як без втручання людини забезпечити перехід з легкого або світлого палива на важке, та забезпечити економічну складову результатів рейсу.

Висновки. Проведено загальний огляд новітніх тенденцій розвитку безпілотного флоту та можливості тестування управління таким флотом в українських акваторіях. Зазначено позитивні аспекти впливу впровадження безпілотних суден в загальносвітових та місцевих рамках, їх вплив на судноплавство в цілому та на Україні безпосередньо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Safety and Regulations for European Unmanned Maritime Systems. EU Defence Agency: веб-сайт. URL: <https://www.eda.europa.eu/docs/documents/SARUMS-Flyer-2012.pdf?sfvrsn=0> (дата звернення 17.04.2019)
2. MUNIN Project. Maritime Unmanned Navigation through Intelligence in Networks : веб-сайт. URL: <http://www.unmanned-ship.org/munin/> (дата звернення 17.04.2019)
3. KONGSBERG SYSTEMS. KONGSBERG Maritime family: веб-сайт. URL: <https://www.kongsberg.com/maritime/Systems/> (дата звернення 17.04.2019)
4. Inmarsat's Global Xpress network. INMARSAT: веб-сайт. URL: <https://www.inmarsat.com/service/global-xpress/> (дата звернення 17.04.2019)
5. Emerging shipping risks. Allianz GC&S: веб-сайт. URL: <https://www.allianz.com/en/press/news/business/insurance/news-2012-03-30.htm> (дата звернення 17.04.2019).

ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ГІБРИДНОГО УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ

Нагорний Є.В., Абрамова Л.С.

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(Україна, м. Харків)*

Вступ. В прийнятій у квітні 2018 р. Національній транспортній стратегії України на період до 2030 р. серед пріоритетних напрямів було визначено питання створення конкурентоспроможності та ефективної транспортної системи, де управлінню дорожнім рухом (ДР) приділяється найбільша увага. При рішенні проблеми організації дорожнього руху та управління транспортними системами (ТС) у міжнародній практиці широко використовується поняття системи Інтелектуальної Транспортної Інфраструктури (Intelligent Transportation System, далі ITS), що призначена ефективно управляти існуючою дорожньо-вуличною мережею доріг із урахуванням її щільності та пропускної спроможності [1]. Впровадження ITS значно впливає на структуру наземних перевезень та на збільшення пропускної спроможності автомобільних доріг, зменшення або виключення транспортних заторів, підвищення рівня безпеки руху.

Актуальність досліджень. На автомобільному транспорті процес створення ITS перебуває в стадії становлення. У Європі він проходить із ініціативи міжнародної некомерційної структури – Європейської організації по координації впровадження дорожньої телематики (European Road Telematics Implementation Coordination Organization, ERTICO), що запропонувала для Європи цілий спектр спеціальних програм [2]: 1) EuroRoad – програма по створенню баз даних про європейську дорожню інфраструктуру; 2) IP PReVENT – програма впровадження спеціальних електронних пристроїв ADAS (Advanced Driver Assistance Systems), що дозволяють водієві одержувати превентивну інформацію про можливу небезпеку по напрямку руху й уникати аварійних ситуацій; 3) MAPS&ADAS (IP PReVENT) – програма використання електронних карт для підвищення безпеки на дорогах; 4) Road Traffic Information Group – програма розвитку інформаційного супроводу учасників дорожнього руху; 5) SAFESPOT – програма підтримки появи більшої кількості «розумного» рухомого складу на «розумних» дорогах; 6) SpeedAlert Forum – програма інформування водіїв про дотримання встановленого швидкісного режиму; 7) TMC Forum (Traffic Message Channel) – програма інформування учасників дорожнього руху про реальну дорожню обстановку за допомоги спеціального виділеного радіоканалу.

У міжнародному Центрі НАН та МОН України [3] сформульовані перспективні технічні напрямки створення новітніх технологій управління: інформаційні технології інтелектуального управління автоматичними кібернетичними системами; трансформерні технології для мобільних роботизованих людино-машинних систем; інформаційні технології інтелектуальної підтримки оперативних рішень по управлінню соціально-економічними процесами; інформаційні технології інтелектуального управління розподіленими у просторі динамічними об'єктами.

Основний висновок зі світової практики розвитку ITS полягає в тому, що методологічно розвиток базується на системному підході. Сьогодні ITS формуються саме як системи, а не окремі модулі (сервіси). При цьому підходи до створення ITS ґрунтуються на принципі реінжинірингу діючих транспортних систем. Звідси впливають важливі принципи модульності й поетапного розвитку процесу створення ITS.

Інтелектуальні системи управління (ІСУ) є перспективним напрямком наукових досліджень складних технічних і людино-технічних (ергачичних) систем управління, що функціонують в ускладнених умовах. Під ускладненими умовами розуміється велика розмірність об'єкту управління, його нестаціонарність, розподільність параметрів, відсутність контролю зовнішніх впливів, мінливість цілей. Перераховані ознаки функціонування властиві дорожньому руху як об'єкту управління. ІСУ розглядаються як

інформаційно-обчислювальні системи з інтелектуальною підтримкою при рішенні завдань без участі оператора (особи, що приймає рішення), які відносяться до систем, заснованих на знаннях (knowledge-based system) [4].

Постановка задачі. На підставі наведених ознак актуальності проектування інтелектуальних систем управління дорожнім рухом, вважаємо доцільним дослідити технологію управління розподіленими у просторі динамічними об'єктами із підтримкою оперативних рішень по управлінню дорожнім рухом у містах. Саме тому, вирішення створення гібридної системи управління вплине не тільки на підвищення ефективності дорожнього руху, а і на функціонування транспортної системи міста у цілому.

Результати досліджень. Розробка теоретичних основ інтелектуального управління полягає у наступному. Відомо, що ІСУ має три режими роботи в реальному часі [5]: статичний – рішення завдань в умовах вихідних даних і знань, що не змінюються в часі; квазідинамічний – параметри інтерпретують ситуацію, що змінюється в деякому тимчасовому інтервалі; динамічний – у цьому режимі вирішують завдання в умовах даних і знань, що змінюються в часі. Такий підхід до визначення режимів роботи ІСУ передбачає наявність сукупності алгоритмів управління дорожнім рухом для кожного рівня управління [6].

На стратегічному рівні, де функціонують пристрої системного керування щодо координації параметрів транспортного потоку, доцільним буде застосування ознак квазідинамічного режиму, бо параметри об'єкту управління змінюються у деякому періоді часу при русі (пікові години, нічний період та сталий рух автотранспортних засобів) по транспортній мережі.

Динамічний режим функціонування системи управління вважаємо доцільним застосовувати на тактичному рівні керування, тому що параметри транспортного потоку потребують корегування у часі як на перегонах так і на перехрестях транспортної мережі, протягом часової довжини циклу світлофорного регулювання, або величини, кратної їй.

На рівні прийняття рішень, згідно запропонованої ромбовидної структури [7] ІСУ дорожнім рухом функціонують два центри управління дорожнім рухом: перший – технологічний, що може контролювати технічні пристрої, системи та параметри транспортної мережі загалом, та другий центр – інформаційний, для оперативного управління та прийняття рішень.

Означені особливості та умови функціонування системи управління дорожнім рухом надають переваги розробці гібридної інтелектуальної системи управління дорожнім рухом, бо вона є найбільш ефективною в умовах наявності дискретних та безперервних елементів, які містять дорожній рух, при розгляданні його як сукупності транспортних потоків та вулично-дорожньої мережі [8].

Під гібридною інтелектуальною системою розуміють систему, у якій для рішення завдання використовується більше ніж один метод імітації інтелектуальної діяльності людини, тобто сукупність аналітичних і імітаційних статистичних моделей. Фахівці University of Sunderland (Великобританія), що входять до складу групи HIS (Hybrid Intelligent Systems), визначають гібридні системи як великі та складні, що дозволяють поєднувати знання із традиційною обробкою даних. Вони можуть надавати можливість зберігати, шукати й маніпулювати даними, знаннями у поєднанні із традиційними технологіями та надають значно ефективніший результат при проектуванні гібридних інтелектуальних систем ніж екстраполяція концепцій існуючих систем. Таким чином, системи, до складу яких входять декілька різних підсистем, що мають єдину мету функціонування та виконують загальні дії, відповідають типу гібридних систем.

Відомо [9], що у теорії існує два підходи до побудови гібридних систем: логічний, на підставі моделювання логічного (вербального) мислення; та аналітичний, заснований на різноманітних методах формалізації знань.

Тоді проектування запропонованої системи багаторівневого управління дорожнім рухом за описаними структурними та функціональними ознаками належить до гібридної інтелектуальної системи із реалізацією аналітичного підходу до побудови розподілених систем управління, які застосовують дані з мережі Internet.

Перспективним напрямом розвитку систем автоматичного управління дорожнього руху є система автоматичного досягнення мети, що може бути реалізована як інтелектуальна система управління (ІСУ) із реалізацією адаптивних методів управління. Але невизначеність вхідних параметрів відбиває різну природу зовнішніх збурювань, що діють на дорожній рух, як об'єкт управління та місцеві регулятори. У СУДР основним параметром, що впливає на якість управління, є параметри транспортних потоків (ТП) – інтенсивність (N) та склад транспортного потоку (K_c), які змінюються у часі. Тому, вважаємо, що місцеві пристрої управління – дорожні контролери (ДК) реалізують робастне (грубе) управління дорожнім рухом відносно до основних параметрів об'єкту управління на локальному рівні.

Поняття робастності відповідає наявності регулятора, пристрою для виміру інтенсивності ТП (детектору транспорту) та об'єкта управління – дорожнього руху. Однак у процесі функціонування робастної системи інформація про невизначеність параметрів ТП не використовується при управлінні, що є недоліком цього типу управління. Усунути цей недолік можливо із застосуванням адаптивних систем управління.

Властивість адаптації досягається за допомогою формування математичної моделі об'єкта з урахуванням зовнішніх впливів на нього. Основна особливість адаптивних систем управління – це застосування інформації для управління, отриманої в процесі функціонування систем. Ця принципова відмінність адаптивного підходу від робастного реалізується на наступному рівні СУДР. Застосування класичних понять теорії автоматичного управління як змістовного опису функціонування системи управління дорожнього руху у містах та розробка її ромбовидної архітектури дозволили сформулювати теоретичний підхід до проектування гібридного управління, що надає можливість зберігати, шукати, виконувати аналітичні розрахунки на підставі формалізації знань у поєднанні із традиційним підходом до процесу управління.

Для поєднання різних типів управління (регулювання та адаптації) у ІСУ дорожнім рухом було розроблено її структуру (рис. 1).

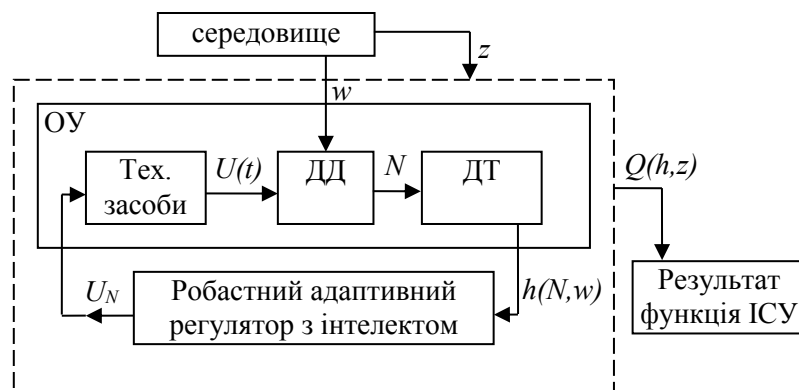


Рисунок 1 – Принципова схема ІСУ дорожнім рухом

До складу ІСУ дорожнім рухом входять відомі складові. Під об'єктом управління (ОУ) розуміємо процес дорожнього руху з детекторами транспорту (ДТ) як пристроями для виміру параметрів ТП (N) і технічними засобами регулювання (Тех. засоби), що передають керуючі впливи на об'єкт управління (світлофорні пристрої, динамічні дорожні знаки).

Принцип дії інтелектуальної (адаптивної) системи управління дорожнім рухом полягає у наступному. Вихідними параметрами ДР є параметри ТП (інтенсивність, швидкість, склад транспортного потоку), що формуються під впливом середовища (збурюючий вплив навколишнього середовища ($w(t)$) і параметричні змінні вулично-дорожньої мережі (z), що пов'язані зі зміною топології транспортної мережі). Тоді на вхід робастного адаптивного регулятора будуть надходити вхідні дані з ознаками невизначеності, що наведено як $h(N, w)$. Регулятор формує керуючий вплив U_N на ОУ (

$U_N(t) \rightarrow opt$) для досягнення мети управління, а функція $Q(h,z)$ повинна враховувати невизначеність вхідних параметрів, змінні параметри вулично-дорожньої мережі та випадкові збурювання для визначення ефективності дорожнього руху. Реалізувати можливість приймати коректні рішення під час функціонування СУ необхідно за допомогою інтелекту (як якоїсь субстанції, що володіє властивістю знаходити обґрунтовані з погляду розуму й інтуїції людини рішення) безпосередньо в регуляторі, який фактично виконує функції центру управління системи.

Висновки. Проведений аналіз принципів управління складним процесом дорожнього руху виявив доцільність проектування гібридної інтелектуальної системи у порівнянні із екстраполяцією концепцій існуючих систем, завдяки формалізації і системності процесів визначення керуючих впливів на дорожній рух. З урахуванням цього запропоновано принципову схему гібридної системи управління дорожнім рухом на підставі застосування робастного адаптивного регулятора з інтелектом для поєднання двох типів управління – регулювання та адаптації, що забезпечує оптимальне досягнення мети управління та формування принципу дії системи автоматичного цілеуказання, яка належить до більш високого рівня управління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Золотовицкий А.В. Особенности автоматизации управления транспортными потоками // в кн. Безопасность – многоуровневый аспект: Превентивные меры и методы. – Пенза: МНИЦ, 2003. – С.31-33.
2. Волков В.П. Интеграция технической эксплуатации автомобилей в структуры и процессы интеллектуальных транспортных систем: монография / под ред. В.П. Волкова; В.П. Волков, В.П. Матейчик, О.Я. Никонов, П.Б. Комов, И.В. Грицук, Ю.В. Волков, Е.А. Комов. – Донецк: Изд-во «Нолудж», 2013. – 398 с.
3. Трофимов В.Б. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами / В.Б. Трофимов, С.М. Кулаков. – М.: Инфа-Инженерия, 2016. – 232 с.
4. The Department of Image Processing and Recognition: офіційний сайт. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.irtc.org.ua/image/pages/main>.
5. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем. Учебник для вузов / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. - СПб.: Питер, 2000. – 384 с.
6. Абрамова Л.С. Модели управления дорожным движением для АСУДД / Л.С. Абрамова // Всеукраїнський науково-практичний семінар «Транспортні системи мегаполісів. Проблеми і шляхи вирішення». Вісник ХНАДУ. – Харків: ХНАДУ. – 2010. – Вип. 50. – С. 57-63.
7. Дербунович Л.В. Иерархические структуры систем управления дорожным движением / Л.В. Дербунович, Л.С. Абрамова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Зб. наук. пр. Тематичний випуск: Автоматика та приладобудування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008.- С. 40-48.
8. Henzinger T.A., Sastry S., editors. Hybrid Systems: Computation and Control, Springer-Verlag, Berlin, 1998.
9. Клачек П.М. Гибридные адаптивные интеллектуальные системы. Ч.1. Теория и технология разработки / П.М. Клачек, С.И. Корягин и др. // Монография – Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2011. – 374 с.

ПРОБЛЕМИ ФІНАНСУВАННЯ ПОСТІЙНИХ УСТРОЇВ МОРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ЗА РАХУНОК ПОРТОВИХ ЗБОРІВ

Ремзіна Н.А.

*Інститут проблем ринку та економіко-екологічних досліджень НАНУ
(Україна, м. Одеса)*

Вступ. Утримання постійних устроїв морської транспортної системи в належному стані є однією із складових конкурентоспроможності вітчизняних морських торговельних портів. Проблема фінансування постійних устроїв викликана високим ступенем їх зносу та відсутністю інвестицій для розвитку. Єдиним джерелом фінансування портової інфраструктури є портові збори. Сьогодні в Україні система стягнення портових зборів потребує вдосконалення.

Актуальність досліджень. В Україні існує потужний портовий комплекс, який включає 13 морських портів, здатних переробити до 230 млн тонн вантажів на рік. Але збільшення обсягів вантажообігу на сучасному етапі є важкодосягаємою задачею. Це викликано низкою причин. По-перше, зростає зношеність основних засобів портової галузі (понад 70%). По-друге, спостерігається недостатнє фінансування розвитку постійних устроїв морської транспортної системи. По-третє, в Україні відсутній дієвий механізм залучення приватних інвестицій для розвитку морських портів та захисту прав інвесторів. Внаслідок зазначених проблем морські порти України витісняються з міжнародних ринків транспортних послуг. Тобто, питання портових зборів є актуальним та потребує ґрунтовного дослідження.

Постановка задачі. Метою статті є розробка теоретичних та методичних положень щодо реформування системи портових зборів як єдиного джерела фінансування постійних устроїв морської транспортної системи. Для досягнення поставленої мети необхідно вивчити сутність портових зборів, розробити їх класифікацію, проаналізувати міжнародний досвід, вивчити законодавче регулювання формування та стягнення портових зборів в Україні.

Виклад основних результатів дослідження. Система потових зборів на різних історичних етапах виконувала неоднакові функції. Можна виділити наступні функції портових зборів, які формувалися під впливом певних діалектичних та історичних законів: захист національних інтересів, стимулювання торгівлі, соціальні фактори (створення робочих місць, демографічні фактори), більш ефективне використання портових потужностей, покриття витрат по послугах) [1, с.102]. Портові збори стягувалися ще з феодальних часів з метою покриття витрат з утримання та розвитку портових споруд, податків та загороджувальних мит. Останні дві функції втратили своє значення з розвитком капіталістичних відносин.

В Чорноморському регіоні спостерігається висока конкуренція між портами. Портові збори – важливий чинник, який впливає на привабливість порту та як наслідок – на його вантажообіг. Порти України втрачають конкурентоспроможність, тому що в них справляється найбільша кількість портових зборів, а саме наступні 7 видів: корабельний, причальний, якірний, каналний, маяковий, адміністративний та санітарний. Для порівняння, у порту Констанца (Румунія) таких зборів лише три: корабельний (Port access tariff), причальний (Quay tariff), якірний (Basin tariff) [2].

Діючи в Україні портові збори є вищими за портові збори інших країн Чорноморського басейну. За даними досліджень, вартість заходу судна одного з найбільших класів кейпсайз (Capesize) станом на 2016 р. у порт «Южний» складає 430.000 USD (з яких 326.000 USD - портові збори). Для порівняння, захід судна

аналогічного класу до порта Новоросійськ (РФ) складає 123.000 USD, до порту Констанца (Румунія) - 112.000 USD, до порту Ердемір (Туреччина) - 64.500 USD [3].

Теоретичне дослідження природи портових зборів доцільно розпочати з розробки їх класифікації за основними ознаками (рис. 1).



Рисунок 1 – Класифікація портових зборів

Згідно ст.22. Закону України «Про морські порти України» фінансування утримання гідротехнічних споруд в об'ємах, необхідних для підтримання їх паспортних характеристик, здійснюється за рахунок портових зборів, що справляються у морських портах, де розташовані такі гідротехнічні споруди [6]. Тобто портові збори є єдиним джерелом фінансування постійних устроїв морської транспортної системи.

Готувати реформу портових зборів почали одразу після прийняття Закону «Про морські порти». Проект Методики розрахунку ставок портових зборів ґрунтується на концепції «витрати +». Відповідно до п. 3.2. Методики в основу розрахунків портових зборів покладені три основні складові: покриття експлуатаційних витрат, спрямованих на утримання та обслуговування об'єктів інфраструктури; отримання коштів, спрямованих на відтворення об'єктів портової інфраструктури; отримання дохідної (інвестиційної) складової, для подальшого розвитку портової інфраструктури [7].

Тобто ставка портового збору є сумою двох складових: базової та інвестиційної. Базова – це поточні витрати на утримання інфраструктури. Інвестиційна складова – це витрати на розвиток, які включаються до розрахунку певного портового збору на підставі інвестиційної програми окремого морського порту.

АМПУ є прибутковим підприємством та одним з найбільших платників податків у державі. Крім цього, АМПУ, як і інші державні підприємства, сплачує державі «дивіденди» – частину прибутку, який в 2017 році складав 75%, а з 2018 року – 50%. Однак, у планах Міністерства фінансів є збільшення норми відрахування чистого прибутку АМПУ до державного бюджету з 50% до 90% [8].

В європейських країнах розвиток портової інфраструктури фінансується за рахунок цільових фондів, за підтримки уряду. З 2000 по 2013 роки інвестиції в об'єкти транспортної інфраструктури Євросоюзу склали 6,8 млрд євро. А на період 2014-2020 років Єврокомісія запланувала інвестувати в транспортні проекти ще 6,7 млрд євро. Також, в Європі портові збори не є об'єктом оподаткування. Вони розглядаються не як спосіб поповнення бюджету, а як обов'язкове джерело розвитку інфраструктури морських портів [9].

Доходи АМПУ на 70 % складаються з портових зборів. У даному контексті виникає питання, чи відповідає перерахування частини прибутку АМПУ до бюджету принципу

цільового використання портових зборів. Викликає занепокоєність доля інвестиційної складової портових зборів, адже є ризик, що вона виконує функцію джерела наповнення державного бюджету замість розвитку постійних устроїв морської транспортної системи. В такій ситуації для розвитку портової інфраструктури необхідні інвестиції з боку держави, але через значний дефіцит державного бюджету вказані інвестиції є малоімовірними.

Одним з найголовніших кроків є формування законодавчої бази, доопрацювання та затвердження Методики розрахунку ставок портових зборів. Протягом кількох років для розробки Методики залучалися міжнародні експерти Всесвітнього банку, Міжнародної фінансової корпорації, Європейської бізнес-асоціації тощо, але жоден із проектів не був затверджений Міністерством Інфраструктури. Вважаю необхідним залучити до підготовки проекту Методики спеціалістів морського транспорту в сфері портового ціноутворення та науковців профільних закладів.

Рівень портових зборів повинен бути економічно обґрунтованим. Величина портових зборів має базуватися на фактичній вартості експлуатації відповідної портової інфраструктури. Це вимагає проведення аналізу економічних показників виробничої діяльності морських портів та аналізу собівартості портових послуг і робіт. Доцільним є ведення обліку одержуваних портами доходів по кожному портовому збору і відповідних їм витрат портів.

Такий облік набув широкого поширення в зарубіжних портах у зв'язку зі створенням «витратних» або «вартісних» центрів по кожному виду робіт, операцій і послуг. Ведення такого обліку у вітчизняних морських портах дозволить автоматизувати розрахунки всіх економічних показників по кожному портовому збору при оцінці ефективності надання портами відповідних послуг судновласникам [10].

При формуванні портових зборів важливо враховувати принцип одержання обґрунтованого прибутку з урахуванням інвестиційної складової, розмір якої має бути достатнім для розвитку портової інфраструктури. У закордонних портах, як правило, базовий рівень тарифів не більше 10 % норми прибутку [11, с.244].

Привабливість портів для судновласників визначається не стільки рівнем портових зборів, скільки гнучкістю системи їх стягнення. Тому, при розробці Методики важливо передбачити надання судам різного роду знижок та пільг залежно від мети заходу суден в порт, лінійності судів, ступеня їх завантаження, кількості заходів суден в порти протягом одного рейсу, виду їх плавання та інших факторів. Для стимулювання круїзного судноплавства пропонується встановити знижки для пасажирських суден по окремим видам портових зборів у високий туристичний сезон. Для розвитку каботажного судноплавства необхідно встановити стимулюючий коефіцієнт до рівня загальних ставок портових зборів [11, с.245].

Важливо добитися цільового використання портових зборів, як це встановлено Законом України «Про морські порти».

Враховуючи рівень зносу постійних устроїв, необхідним є інвестиції з боку держави, тому що оновити об'єкти портової інфраструктури лише за рахунок портових зборів неможливо. Реалізація інвестиційних проектів з розвитку портової інфраструктури сприятиме зростанню обсягів перевалки транзитних, експортно-імпортних вантажів і зміцнить конкурентоспроможність національної транспортної системи в цілому.

Висновки. На основі даного дослідження сформовані пропозиції щодо вдосконалення системи формування та стягнення портових зборів з метою розвитку постійних устроїв морської транспортної системи: внесення змін до чинного законодавства; залучення фахівців в сфері портового ціноутворення та науковців профільних закладів до процесу розробки Методики розрахунку ставок портових зборів; забезпечення економічної ефективності портових зборів; реалізація принципу отримання розумного прибутку при формуванні портових зборів; забезпечення гнучкості системи портових зборів; здійснення державних інвестицій в розвиток портової інфраструктури, забезпечення цільового

використання портових зборів. Практична реалізація запропонованих напрямків дозволить зробити порти України більш конкурентоспроможними. Подальшого дослідження вимагає економічне обґрунтування кожного виду портових зборів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Юдина Н.И. Портовые сборы: природа, функции, схемы взимания // Российское предпринимательство. – 2014. – Том 15. – № 7. – С. 101-112.
2. Basic Port Tariffs / Port Constanta: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.portofconstantza.com/apmc/portal/static.do?package_id=tarife_apmc_baza&x=load
3. Не входит - дорого: почему в украинских портах самый дорогой судозаход в мире / Центр транспортних стратегій. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://cfts.org.ua/articles/ne_vkhodit_dorogo_pochemu_v_ukrainskikh_portakh_samyu_dorogou_sudozakhod_v_mire_1006
4. Онешко С.В., Кравченко Ю.В. Напрямки удосконалення системи формування портових зборів в портах України // «Молодий вчений», № 4 (56), квітень, 2018 р., с. 824-830
5. Власова В.П., Берегова Т.О., Підгрушна А.В. Портові збори в морських портах України / Глобальні та національні проблеми економіки, Електронне наукове видання Випуск 2, 2014, с.431-435
6. Закон України «Про морські порти», Верховна Рада України; Закон від 17.05.2012 № 4709-VI. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/4709-17>.
7. Проект наказу Міністерства інфраструктури України «Про затвердження Методики розрахунку розмірів ставок портових зборів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/projects/view.php?P=175>
8. Минфин может повысить норму отчисления прибыли АМПУ до 90 % [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ports.com.ua/news/minfin-mozhet-povysit-normu-otchisleniya-pribyli-ampu-do-90>
9. Реформирование системы портовых сборов: доклад АМПУ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ports.com.ua/articles/reformirovanie-sistemy-portovykh-sborov-doklad-ampu>
10. Портовые сборы: гибкость важнее размера. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ports.com.ua/articles/portovye-sbory-gibkost-vazhnee-razmera>
11. Жихарева В.В. Методологічні підходи до формування портових зборів в морських портах/ Вісник економіки, транспорту та промисловості №54, 2016, с.241-247

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ ECDIS ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЙ ШТУРМАНІВ

Петровський А.В.

*Херсонська державна морська академія
(Україна, м. Херсон)*

Вступ. Сучасні інформаційні системи ECDIS дозволяють значно підвищити безпеку плавання за рахунок відстеження навігаційних небезпек у режимі реального часу. Тим не менш ECDIS не є гарантією безпеки, оскільки вже існують десятки прикладів навмисного зовнішнього втручання у діяльність систем позиціонування GPS. Тому перевірка позиції іншими засобами остається обов'язковою. Більшість ECDIS не використовують класичні, хоча і не розповсюджені методи обсервації, такі як: крюйс пеленг, та досить неточний, але ж у деяких випадках може статися як єдиний – по ізобаті та пеленгу на статичний об'єкт. Іншою проблемою може стати використовуваний режим RCDS (HCRF у NaviSailor 4000). Оскільки зустрічаються випадки, коли є необхідність використання растрових карт (немає для району плавання ENC або державою прапору дозволено використовувати режим RCDS), то можливість їх коректури дуже важлива. Якщо для коректури карт у ECDIS для режиму ENC всі ECDIS мають відповідні інструменти, то для режиму RCDS є деякі складнощі. Прикладом може бути оверлейна інформація AIO (N&M, T&P), яка може надійти після оновлення растрових карт, і необхідність векторизації вручну деяких ділянок узбережжя.

Актуальність досліджень. При використанні растрових карт RNC в режимі RCDS в окремих випадках виникає необхідність векторизації окремих елементів карти і при цьому також виникають деякі незручності. У NS4000 це передбачено елементами меню Tasks list-MAPS, в якому штурман може створювати свою карту вручну з подальшим її накладенням (або її об'єктів) на карту-підкладку (SRNC) [1]. Однак елементи коректури обмежуються точечними об'єктами, лініями, полігонами, колами і властивостями цих елементів – все це дозволяє векторизувати деякі контурні лінії досить приблизно [1-3]. При проведенні обсервації по пеленгам або дистанціям на об'єкти, які присутні на всіх масштабах, починаючи від 1: 600000 в бік укрупнення, і, що включаються такою опцією як Use Scamin (US), не вдається точно позиціонувати лінію положення (ЛП) або курсор [1]. Для ліквідації такого явища застосовують ручне позиціонування введенням геокоординат таких об'єктів. Це дуже незручно і займає певний час. Для точності же обсервації час грає визначальну роль, оскільки за цей час, в залежності від швидкості, судно проходить певну відстань, що знижує точність визначення позиції. Також, звісно, при обсервації по трьох дистанціях на швидкості понад 15 вузлів, необхідно визначати зворотні дистанції для зменшення похибки завдяки високій швидкості. При цьому беруть з радару відстані на три різних об'єкти в звичайному порядку, починаючи від найбільш гострих курсових кутів, і повторно - відстані до останніх об'єктів обсервації. Потім по відстаням до двох останніх об'єктів знаходять середні арифметичні відстані - це майбутні радіуси кіл від двох останніх об'єктів обсервації. Однак NaviSailor 4000 не демонструє будь яку схему розрахунку зменшення похибки визначення позиції судна за вказаним методом обсервації, незважаючи на можливість використання до 6 параметрів обсервації.

Постановка задачі. У наявності потреба розширення можливостей ECDIS щодо полегшення та прискорення проведення обсервацій, збільшення точності апроксимації при векторизації контурних ліній растрових карт.

Результати досліджень. В результаті досліджень було з'ясовано, що вирішення питання підвищення точності обсервації, можливе завдяки передбаченню механізму відстеження SOG і зобов'язання штурману використовувати 5 дистанцій замість вже звичних трьох при відповідних значеннях швидкості. Зворотні дистанції ECDIS повинна автоматично визначати на ті ж самі останні два об'єкти. Після прийняття даних дистанцій

ECDIS повинна розрахувати середні арифметичні дистанцій, та лише після цього зафіксувати позицію судна. Блокування фіксації позиції для нівелювання дій штурмана з фіксації позиції вручну можливе здійсненням автоматичного переходу на четверту дистанцію після установки третьої (вимикач «Automatic jump» у положення «ввімкнено» примусово). Також доцільно було б здійснити розробником програмного забезпечення відповідний опис в керівництві з експлуатації ECDIS з використаних у програмному комплексі моделей, за якими здійснюється обсервація, щоб штурман мав можливість самостійно оцінити точність того чи іншого методу.

При здійсненні позиціонування ЛП або центру кола на об'єкт обсервації Scamin є проблема: їх неможливо встановити за точними геокоординатами, встановивши курсор на такий об'єкт. Пропонується програмне рішення: зберігати масиви таких даних US в оперативній пам'яті в залежності від масштабу карти і її відображеної частини на дисплеї. При цьому для даного масштабу карти ті US об'єкти, які потрапляють на екран, повинні бути чутливі до наведення на їх область перекриття базового шару карти лінії положення / курсору (центру кола). Після визначення моменту перетину ЛП / курсору (центру кола) і свого прямокутного контуру, накладеного на карту, ЛП / курсор (центр кола) повинна автоматично зв'язуватися з геокоординатами даного об'єкта (ввімкнення вимикача «Snap» примусово). Тоді штурману не доведеться витратити час на збільшення карти для точного позиціонування на такий об'єкт або вручну вводити координати, взяті з радару, а достатньо буде просто навести ЛП / курсор (центр кола) на обраний об'єкт.

Оскільки збільшення масштабу SRNC призводить до втрати якості відображення, а при векторизації, наприклад, берегової лінії / виступаючих її частин, необхідна деталізація ручним способом може бути досягнута апроксимацією кривих берегової лінії - сукупністю лінійних функцій, що можливо в NS4000. Надалі, при необхідності проведення обсервації, це може збільшити час обробки інформації за рахунок великої кількості таких функцій (для визначення геокоординат перетину побудованої векторної берегової лінії і ЛП, будуть проглядатися всі лінійні функції даної ділянки зі своїми інтервалами розташування) або зменшити точність обсервації за рахунок похибок апроксимації. Для зменшення похибок апроксимації пропонується використовувати стандартні криві, рівняння яких розраховуються програмним комплексом в результаті установки штурманом контрольних (опорних) точок такої кривої. Це можуть бути формалізовані шаблони кривої Безьє для трьох, чотирьох опорних точок, які використовуються при автоматичній векторизації карт, або технологія апроксимації кубічними сплайнами. Основна цінність кривих Безьє для коректури - в тому, що, рухаючи опорні точки, криву можна змінювати, причому крива змінюється інтуїтивно зрозумілим чином. Крива завжди знаходиться всередині опуклої оболонки, утвореної опорними точками (рис.1) [4].

Координати кривої описуються в залежності від параметра $t \in [0,1]$.

Для трьох точок:

$$P = (1 - t)^2 P_1 + 2(1 - t)P_2 + t^2 P_3 \quad (1)$$

P_i - координата i -ї опорної точки x_i або y_i .

Для кожної з координат майбутньої кривої підставляють при заданих значеннях t координати опорних точок:

$$\begin{aligned} x &= (1 - t)^2 x_1 + 2(1 - t)x_2 + t^2 x_3 \\ y &= (1 - t)^2 y_1 + 2(1 - t)y_2 + t^2 y_3 \end{aligned} \quad (2)$$

Для чотирьох опорних точок функція Безьє:

$$P = (1 - t)^3 P_1 + 3(1 - t)^2 t P_2 + 3(1 - t)t^2 P_3 + P_4 t^3 \quad (3)$$

Координати точок кривої розраховують (3):

$$\begin{aligned} x &= (1 - t)^3 x_1 + 3(1 - t)^2 t x_2 + 3(1 - t)t^2 x_3 + x_4 t^3 \\ y &= (1 - t)^3 y_1 + 3(1 - t)^2 t y_2 + 3(1 - t)t^2 y_3 + y_4 t^3 \end{aligned} \quad (4)$$

Для відображення векторного контуру можна скористатися методом де Кастельжо [5].

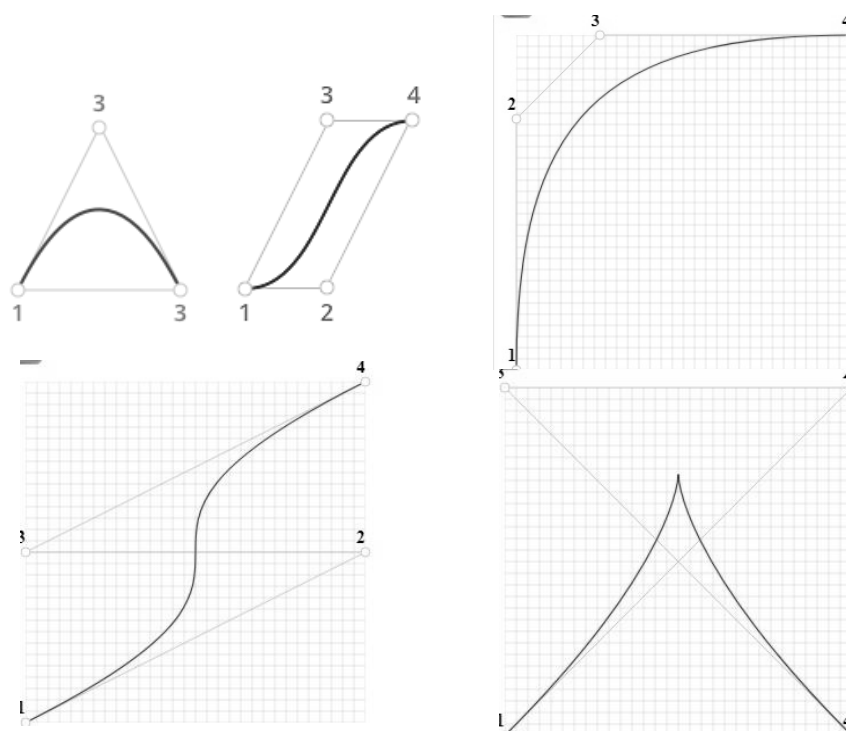


Рисунок 1 – Різновиди кривої Безьє для випадків 3 і 4 опорних точок [5]

При побудові таких кривих слід пам'ятати, що тільки кінцеві опорні точки лежать на кривій. Більш складні вигини і лінії можна скласти, якщо з'єднати кілька кривих Безьє. Надалі, для розрахунку точки перетину кривої Безьє і прямої (як приклад - ЛП) можна використовувати зовнішні бібліотеки з Javascript, в яких вже зашиті ці моделі розрахунку точок перетину.

Сплайнова технологія [6] також досить точно дозволяє апроксимувати складні криві розбиттям їх на окремі інтервали з розрахунком коефіцієнтів моделей на кожному інтервалі, наприклад, методом прогонки.

Висновки. У роботі визначено необхідність розширення функціоналу ECDIS та уточнено напрямки розвитку: можливість ручної векторизації з більшою адекватністю карт SRNC, підвищення рівня автоматизації при деяких способах обсервації. Також надано варіанти вирішення поставлених задач у програмному комплексі NaviSailor 4000.

ЛІТЕРАТУРА

1. Navi Sailor 4000/4100. Руководство пользователя. –С-П.: Транзас, 2009. – 315с.
2. FURUNO. Operator's manual ECDIS MFD 3200|3300. [Електронний ресурс] – Japan: Furuno Electric Co., LTD, 2012. - Режим доступу: http://www.furuno.dk/fileadmin/files/Brochures/8_GPS_Plotter_ECDIS/FMD-3200_3300/FMD-3000_OM_ENG_44730B.pdf.
3. Nacos platinum Navigation. Operating Instructions. [Електронний ресурс] - Hamburg: SAM Electronics GmbH, 2015. - Режим доступу: <https://ru.scribd.com/document/363291880/SAM-Platinum-2-Operations-Manual-pdf>.
5. Д.В. Кирьянов, Вычислительная физика – М.: Полибук Мультимедиа, 2006. – 352 с
6. Современный учебник JavaScript. [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://learn.javascript.ru/bezier>.
7. Интерполяция кубическими сплайнами. [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F%D1%86%D0%B8%D1%8F_%D0%BA%D1%83%D0%B1%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%BC%D0%B8_%D1%81%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D0%B9%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8

СЕКЦІЯ:

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

ТРЕНАЖЕР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СУДОВЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Иванов А.А., Авраменко Н.Н., Растегина Г.И., Тимофеев К.В.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Введение. В мировом флоте на многих судах с гребной электрической установкой (ГЭУ), разных по типу и назначению, используются судовые высоковольтные электроэнергетические системы (СЭЭС). Согласно международной конвенции по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (ПДНВ) [1], для работы на судах с напряжением силовой электрической установки свыше 1000 Вольт переменного тока обязательным требованием для персонала машинной команды является прохождения курсов по безопасной эксплуатации высоковольтного оборудования.

Актуальность. На данный момент подготовка персонала машинной команды не в полной мере удовлетворяет требованиям ПДНВ из-за малого количества тренажерных комплексов, использующих реальное оборудование, обеспечивающее контролируемую эксплуатационную среду, способную воспроизводить разнообразные условия, включающие аварию, опасные или нештатные ситуации.

Постановка задачи. Для работы со сложными высоковольтными судовыми системами требуется высококвалифицированный и компетентный персонал машинной команды.

Для квалифицированной подготовки персонала машинной команды на основе стандартов и требований ПДНВ Международные Морские Организации разработали и утвердили ряд документов. В этих документах подробно описываются принципы проведения обучения, способы демонстрации и перечни компетенций, которым должен в полной мере соответствовать персонал машинной команды, а также минимальные знания, понимания и профессиональные навыки по высоковольтным судовым системам после прохождения обучения [2-5].

Развитие и внедрение реально функционирующих лабораторий-тренажеров с судовым электрооборудованием обеспечит необходимый уровень компетентности при эксплуатации и техническом обслуживании высоковольтных и низковольтных электроэнергетических систем.

Профессиональная деятельность персонала машинной команды на судне направлена на эксплуатацию и обслуживание реальных технических средств, а не виртуальных аналогов. Группой специалистов разработана концепция высоковольтного тренажера, позволяющая решать задачи компетентной подготовки специалистов по теоретическим знаниям и по практическим навыкам на базе оборудования фирмы «Schneider Electric» с напряжением 6,3 кВ, которое показано на рисунке 1.

В состав высоковольтного тренажера входит высоковольтный ГРЩ типа MCset фирмы «Schneider Electric», состоящий из трех отдельных ячеек, две из которых укомплектованы высоковольтными автоматическими выключателями типа EVOLIS, а третья ячейка оборудована трансформатором напряжения, защитными предохранителями и системой блокировок по установке заземляющего устройства и разряда конденсаторов.

Высокое напряжение формируется с помощью повышающего трансформатора мощностью 10 кВА, напряжением 0,38 кВ на первичной обмотке и 6,3 кВ на вторичной обмотке.

В качестве нагрузки на высоковольтный ГРЩ служит тренажер гребного электродвигателя (ГЭД) и ГЭУ с преобразователями частоты и двумя асинхронными электродвигателями на одном валу.

При помощи программного обеспечения SFT 2841 можно задавать и редактировать специальные функции управления и контроля устройства защиты «Seram».

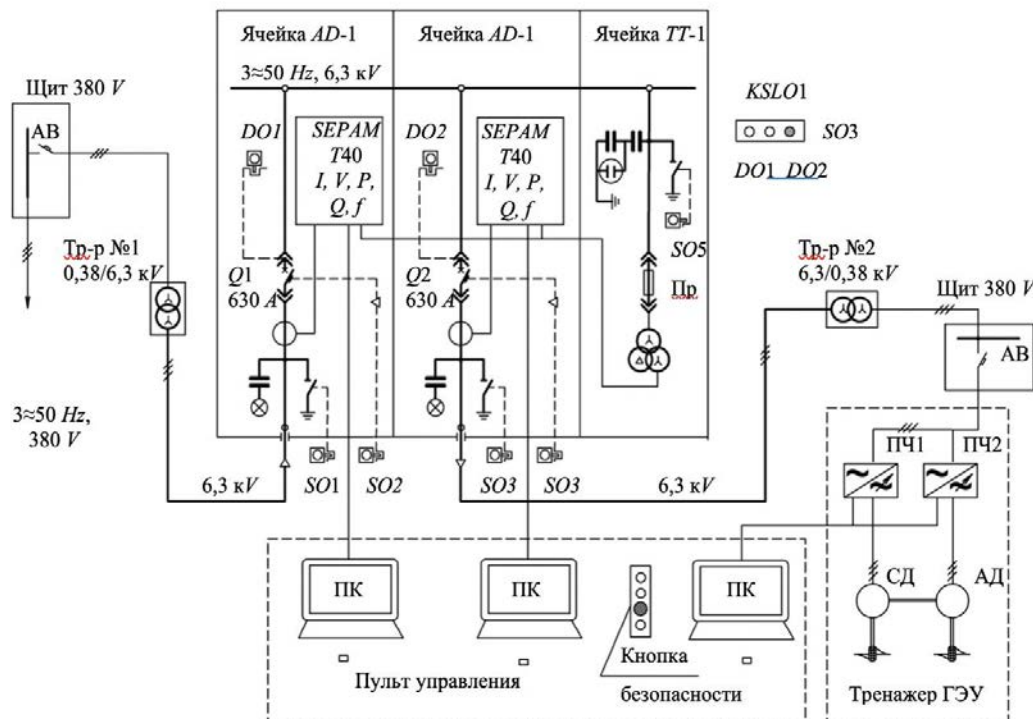


Рисунок 1 – Схема высоковольтного тренажера

Главная операторская панель позволяет управлять высоковольтным тренажером и асинхронными электродвигателями ГЭУ с помощью частотных преобразователей, а также моделировать штатные и аварийные ситуации.

Вблизи высоковольтного тренажера, для обеспечения должного уровня безопасности, находятся шкафы с необходимыми средствами индивидуальной защиты и специализированными контрольно-измерительными инструментами.

Результаты. Высоковольтный тренажер имеет разнообразный спектр возможностей в подготовке высококвалифицированных специалистов и позволяет решать многие задачи, такие как:

- формировать понимания структуры построения и применения высоковольтных схемных решений на современных судах;
- ознакомления с возможностями высоковольтного оборудования по обеспечению движения судна, его маневренности и удержанию на позиции;
- приобретения практических навыков работы на действующей электростанции высокого напряжения;
- изучения высоковольтного коммутационного оборудования и умения его безопасно обслуживать и эксплуатировать;
- изучения на практике релейной защиты в высоковольтных сетях, методов определения временных задержек реле и расчетов уровней тока короткого замыкания;
- умения на практике нести вахту по высоковольтному оборудованию и принимать меры по коммутационным переключениям и наборам схем в объеме, необходимом для

обеспечения питания судовых потребителей и безопасной эксплуатации электроэнергетических установок;

- вести проверку работы судовых высоковольтных электростанций на различных режимах загрузки, используя тренажер ГЭД и ГЭУ включая режим «экскаваторной характеристики»;

- проводить на практике отработку динамического управления через микропроцессорный модуль главного распределительного щита, используя мнемосхемы и компьютер;

- приобретения навыков действий в аварийных ситуациях, включая обесточивание по высоковольтной стороне;

- приобретения навыков технического обслуживания высоковольтного электрооборудования и тестирования с учетом составления планов и процедур с указанием мер безопасности;

- приобретения навыков по безопасной эксплуатации высоковольтного электрооборудования и определения уровней полномочий;

- демонстрации навыков по замерам напряжения, выкатке и установке автоматических выключателей, замеру сопротивления изоляции трансформаторов и кабеля;

- демонстрации профессиональных навыков и умений на одобренном тренажере для получения IV группы допуска по электробезопасности.

Все оборудование тренажерного комплекса позволяет не только формировать требуемую компетентность персонала машинной команды, но также дает возможность вести научно-исследовательскую работу, отрабатывать методы и критерии оценки компетентности, позволяет оценить и продемонстрировать полученные практические навыки.

Тренажер воспроизводит все судовые эксплуатационные ситуации, обеспечивает подготовку по мониторингу, контролю и управлению высоковольтной электростанцией. Кроме различных комбинаций и режимов работы на нагрузочное устройство тренажером предусмотрена возможность имитации неисправностей, аварийных ситуаций, нестандартной ошибки, что позволяет отрабатывать действия персонала машинной команды в условиях аварийной работы технических средств судна.

Возможно применение высоковольтного тренажера в исследовательских задачах. В частности, в приводах малой и средней мощности для соединения с двигателем преобразователя частоты (ПЧ) нередко используется длинный кабель, при этом нагрузка получает значительную емкостную составляющую, что необходимо учитывать при расчете потерь переключения в инверторе. Рассматривается влияние емкости кабеля на транзисторы выходного модуля ПЧ.

Частотные и динамические характеристики IGBT транзисторов силового модуля во многом определяют конкретные условия работы судового частотного преобразователя.

Влияние распределенной емкости кабеля исследовалось на примере стандартного привода, в состав которого входит трехфазный инвертор напряжения и асинхронный двигатель (ASM), подключенный с помощью экранированного кабеля разной длины. На рисунке 2 показана функциональная схема привода, содержащий принципиально важные компоненты фильтра электромагнитных помех EMI (англ. Electromagnetic Interference), такие как сетевой фильтр и Y конденсаторы. IGBT переключаются с высокими скоростями изменения напряжения dv/dt между фазами, а также между фазами и шиной заземления, что приводит к протеканию тока через паразитные емкости, которые находятся между проводами и экраном.

Направление емкостного тока показано стрелками на рисунке 2, он проходит от транзистора через Y конденсаторы на шасси, кабели и экраны, затем обратно в DC шину и IGBT. Поскольку корпус двигателя обычно закрепляется на заземленной платформе, часть тока протекает непосредственно на землю и обратно в сеть и инвертор.

Небольшой емкостной ток, обусловленный наличием паразитных емкостей в полупроводниковых элементах и модулях относительно земли, протекает в любом случае. Референтное значение (ref), используемое в формуле, указывается в спецификациях при номинальных условиях измерения.

Как правило, это $T_{j (op, max)}$, $I_C (nom)$ и, например $V_{CC} = 600$ В для IGBT с рабочим напряжением 1200 В [6]:

$$P_{SW} = f_{SW} \cdot E_{SW(ref)} \cdot \frac{\sqrt{2} I_{OUT}}{\pi} \cdot \frac{1}{I_{ref}} \cdot (1 + TC(T_j - T_{ref})) \cdot \left(\frac{V_{CC}}{V_{ref}} \right)^{Exp}$$

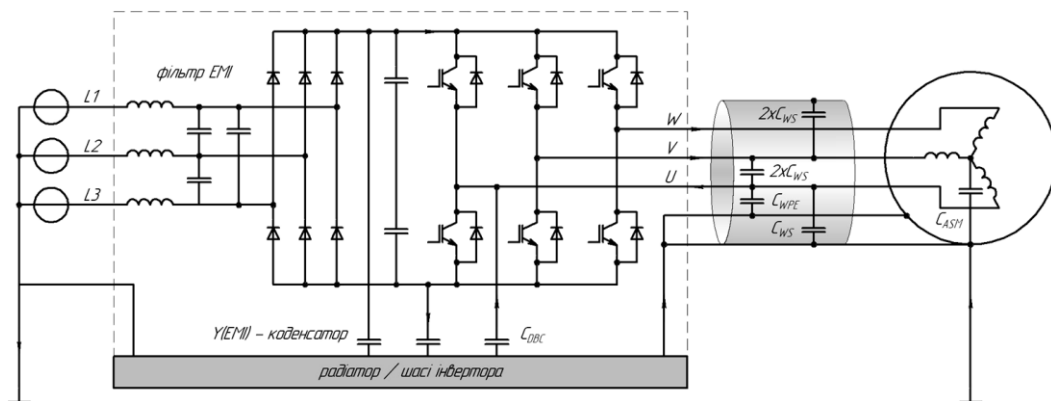


Рисунок 2 – Упрощенная функциональная схема привода

При аналогичном уровне потерь проводимости IGBT и в заданном режиме работы ($P_{cond} \sim 5,8$ Вт) это означает, что общее значение мощности рассеяния увеличивается от $P_{IGBT} = P_{SW} + P_{cond} = 11,7$ Вт без кабеля до 15,9 Вт (+36%) с экранированным кабелем длиной 20 м. Во время перегрузки степень влияния кабеля в процентном соотношении снижается. Например, при двукратной перегрузке ($I_{out} = 14$ А) величина P_{cond} возрастает до 19 Вт, тогда как значение $P_{sw a)}$ без кабеля составляет 11,9 Вт, а с кабелем $P_{sw b}) = 16$ Вт. Итак, общие потери увеличиваются от 30,9 до 35 Вт (+13%).

Выводы. Предлагаемый вид обучения и подготовки является важным фактором, так как в судовых условиях нет возможности имитации всевозможных аварийных ситуаций и режимов.

Полученный опыт и навыки на высоковольтном тренажере позволяет персоналу машинной команды работать на различном высоковольтном оборудовании судов с электродвижением, показывая высокий уровень знаний и подготовки и реализовывать функции эксплуатации и функции управления и решать задачи безопасного судоходства.

Показана необходимость применения высоковольтного тренажера который позволяет не только формировать требуемую компетентность персонала машинной команды, но также дает возможность вести научно-исследовательскую работу, отрабатывать методы и критерии оценки компетентности, позволяет оценить и демонстрировать полученные практические навыки моделирования штатных и аварийных ситуаций и действий при возникновении неисправностей высоковольтного оборудования. Приведена функциональная схема высоковольтного тренажера и показано использование его в решении исследовательской задачи влияния параметров кабеля на силовой модуль инвертора преобразователя частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конвенция ПДНВ, (STCW). IMO, London, 2017. – 378с.
2. IMO модельный курс 7.08 Electro-Technical Officer – IMO, London, 2014. – 152с.

3. High Voltage Training (A syllabus for training offshore workers involved with high voltage equipment), IMCA C010, 2006. – 7p.
4. Offshore vessel, High Voltage Safety, IMCA SEL031, M217, 2012. – 11p.
5. Процедуры по безопасной работы на высоковольтном транспортном средстве с дистанционным управлением. Safety Procedures for Working on ROV High Voltage Equipment (Above 1kV), IMCA R005 Rev.2, 2017. – 7с.
6. U. Nicolai, A. Wintrich. Determining switching losses of SEMIKRON IGBT modules. Application Note AN-1403. SEMIKRON, 2014. – 15p.

АНАЛІЗ ПРИЧИН ПРИЙНЯТТЯ ПОМИЛКОВИХ РІШЕНЬ ЕКІПАЖЕМ В НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ У ПОЛЬОТІ

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

Казак А.В.
 Національний медичний університет
 (Україна, м. Київ)

Вступ. Аналіз стану авіаційних пригод (рис.1) спонукає до необхідності виявлення причин помилкових рішень екіпажем при нештатних ситуаціях у польоті. Аналіз даних з (рис.1) дозволяє стверджувати, що біля 80% авіаційних подій (АП) обумовлено діями льотного складу. Тому питання прийняття правильного рішення екіпажем є найбільш актуальним для забезпечення безпеки польотів в умовах виникнення нештатної ситуації.



Рисунок 1 – Аналіз авіаційних пригод повітряних суден

Як видно з (рис.1) для попередження виникнення нештатних ситуацій (НС) у польоті недостатньо враховувати спроможності літальних апаратів та умов зовнішнього середовища, а більшу увагу необхідно приділяти питанню зниження впливу людського фактору.

Постановка задачі. Успішність дій екіпажу, спрямованих на вирішення нештатних ситуацій, які виникають через неочікувану появу несприятливих умов, так і через власні помилки залежить від його динамічних можливостей і психофізіологічного стану.

Побудуємо умовну циклограму дій при виникненні нештатних ситуацій у польоті (рис.2).

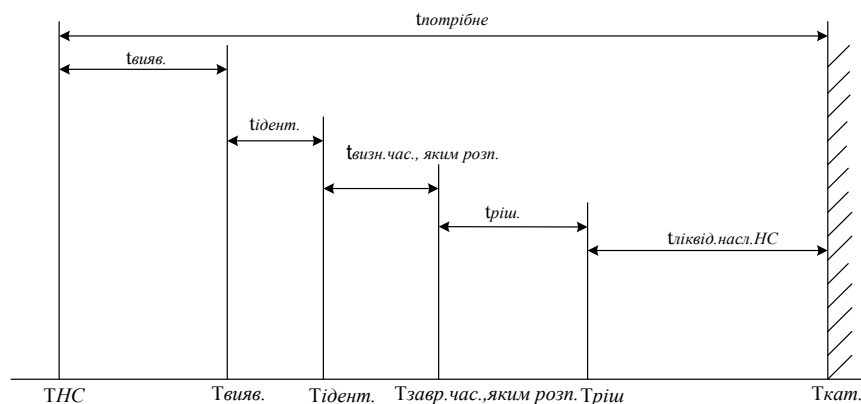


Рисунок 2 – Циклограма дій при виникненні аномальних ситуацій

$T_{вияв.}$ – момент часу виявлення НС; $T_{іден.}$ – момент завершення ідентифікації НС; $T_{завр.час.,яким розпор.}$ – момент завершення визначення часу, який є в розпорядженні; $T_{ріш.}$ – момент прийняття рішення і початок дій із зупинки розвитку НС; $T_{кат.}$ – розрахунковий або прогнозований момент настання критичної фази НС; $t_{потрібне}$ – довготривалість досягнення критичної фази розвитку даної НС; $t_{виявл.}$ – час, який затрачається на виявлення даної НС; $t_{ідент.}$ – тривалість процедури ідентифікації даної НС; $t_{визн.час.,яким розпор.}$ – довготривалість визначення часу, який є в розпорядженні на ліквідацію НС; $t_{ріш.}$ – довготривалість підготовки і прийняття рішення про ліквідацію НС; $t_{лікв.насл.НС.}$ – гарантована тривалість операції по ліквідації наслідків НС.

Згідно рис.2 екіпаж має достатній функціональний та часовий ресурс для парирування дестабілізуючих впливів, що виникли в певній польотній ситуації. Основною задачею є виявлення причин прийняття помилкових рішень екіпажем в нештатних ситуаціях у польоті.

Результати досліджень. Процес прийняття рішень екіпажем в умовах НС включає в себе послідовність виконання таких етапів: отримання та оброблення поточної інформації, аналіз процесу розвитку НС, планування дій і прийняття рішення спрямованого на запобігання переходу аварійної ситуації в катастрофічну, а також відпрацювання прийнятого рішення (рис. 3).

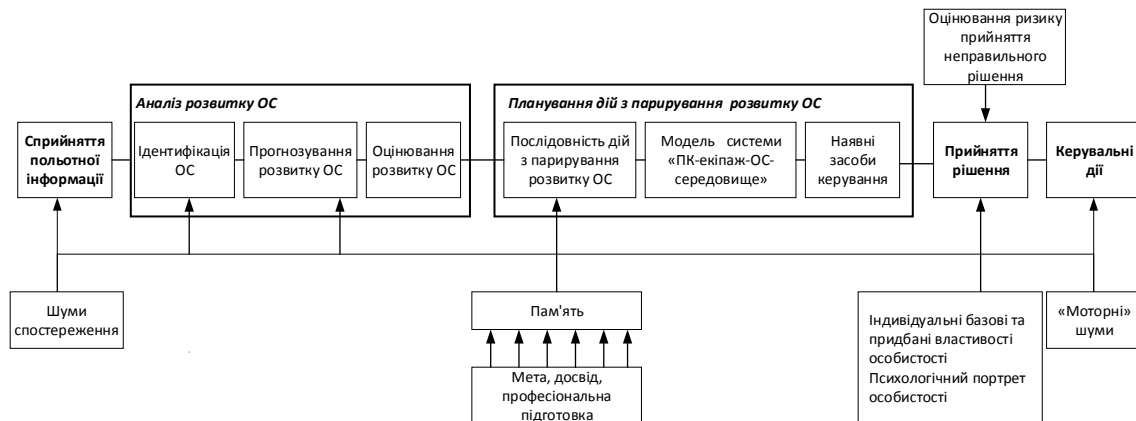


Рисунок 3 – Структура послідовності дій пілота в умовах виникнення НС у польоті

Крім того, зростання психоемоційного навантаження, обмежений часовий ресурс, суб'єктивність оцінок, «одноканальність уваги людини», а також у деяких випадках отримання недостовірної інформації від інформаційних систем, призводять до того, що у пілотів відбувається неузгодженість між реальною польотною ситуацією і тією, яка склалась в їх уявленні. Усе це призводить до виникнення помилок третього роду. Тобто пілот приймає рішення щодо дії відповідно до отриманої польотної інформації, яка може бути недостовірною, а отже, і прийняті рішення будуть неправильними, відпрацювання яких призведе до погіршення або втрати керованості та стійкості ПК, і тим самим до виникнення авіаційних подій. У таких випадках, частину або всі функції екіпажу щодо дії в екстремальних умовах, доцільно передавати автоматичній системі керування (ПНО).

Істинним результатом роботи пілотажно-навігаційного обладнання (ПНО) є результат, коли пристрій дійсно працює правильно, сигнали помилок при цьому відсутні, або результат, коли пристрій дійсно працює неправильно, про що свідчить сигнал помилки. Крім справжніх результатів роботи, що фіксуються засобами контролю, останні можуть фіксувати також результати роботи пристрою, що не відображають його дійсного стану, а саме, пристрій працює неправильно, але сигнал помилки відсутній, або ПНО працює правильно, а засіб контролю сигналізує про наявність помилки (хибний сигнал помилки). У першому випадку це означає пропуск помилки засобами контролю, у другому випадку – що засоби контролю контролюються неповністю або взагалі не контролюються.

Всі перераховані події утворюють повну групу подій, описувану наступним виразом:

$$P_{\bar{\sigma}.\phi.}(t) + P_{n.\phi.}(t) + P_{n.n.}(t) + P_{n.o.}(t) = 1,$$

де $P_{\bar{\sigma}.\phi.}(t)$ – ймовірність правильної (безпомилкової) роботи ПНО; $P_{n.\phi.}(t)$ – ймовірність неправильної роботи ПНО, про що свідчить сигнал помилки; $P_{n.n.}(t)$ – ймовірність, що ПНО працює неправильно, але сигнал помилки відсутній; $P_{n.o.}(t)$ – ймовірність, що пристрій працює правильно, але при цьому є сигнал помилки; (t) – період роботи пристрою, за який оцінюється достовірність роботи.

Для ПНО без урахування відновлення такими показниками є: достовірність функціонування $D_{\phi.}(t)$, достовірність вірного функціонування $D_{e.\phi.}(t)$ і достовірність помилкового функціонування $D_{n.\phi.}(t)$.

Достовірність функціонування $D_{\phi.}(t)$ є умовна ймовірність того, що засоби контролю відображають істинний результат роботи ПНО за умови пропуску помилки засобами контролю та за умови наявності хибного сигналу помилки на виході засобів контролю:

$$D_{\phi.}(t) = \frac{P_{\bar{\sigma}.~\phi.}(t) + P_{n.\phi.}(t)}{P_{\bar{\sigma}.~\phi.}(t) + P_{n.\phi.}(t) + P_{n.n.}(t) + P_{n.o.}(t)}, \quad (1)$$

Враховуючи (1), отримаємо

$$D_{\phi.}(t) = P_{\bar{\sigma}.~\phi.}(t) + P_{n.\phi.}(t),$$

або, інакше,

$$D_{\phi.}(t) = 1 - P_{n.n.}(t) + P_{n.o.}(t), \quad (2)$$

Достовірність функціонування визначається ймовірністю невидачі ПНО неправильних результатів.

Достовірність вірного функціонування $D_{e.\phi.}(t)$ є умовна ймовірність того, що ПНО працює правильно за умови пропуску помилки засобами контролю та діагностики:

$$D_{e.\phi.}(t) = \frac{P_{\bar{\sigma}.~\phi.}(t)}{P_{\bar{\sigma}.~\phi.}(t) + P_{n.n.}(t)}. \quad (3)$$

Достовірність помилкового функціонування $D_{n.\phi.}(t)$ є умовна ймовірність того, що ПНО працює неправильно за умови видачі хибного сигналу помилки засобами контролю та діагностики:

$$D_{n.\phi.}(t) = \frac{P_{n.\phi.}(t)}{P_{n.\phi.}(t) + P_{n.o.}(t)}. \quad (4)$$

Припущення пілота на підставі отриманої інформації, про те, що поточна польотна ситуація ідентифікована як проблемна і потребує негайного його втручання. Це означає, що пілот повинен оцінити альтернативні дії і вибрати одне – оптимальне рішення, спрямоване на парировання розвитку НС у польоті. Кожен варіант дій може мати різний набір очікуваних результатів залежно від адекватної оцінки пілотом стану системи «ЛА – екіпаж – середовище – НС». Крім того, результати планованих дій, спрямованих на парировання розвитку НС, пов'язані з їх потенційною корисністю [1]:

$$OK_i = IK_i \times P_i, \quad (5)$$

де OK – очікувана користь i -го результату; IK – істинна корисність i -го результату; P_i – ймовірність появи НС у польоті.

Вибране рішення повинно призводити до найбільш позитивної, або найменш негативної очікуваної користі в польотній ситуації. Також у процес прийняття рішення

екіпажем включено суб'єктивну оцінку ризику наслідків прийнятих рішень у типових НС у польоті (рис. 2). Проведемо порівняльний аналіз найчастіших причин виникнення помилок у прийнятті рішень екіпажем в НС у польоті. Однією з таких причин, яка призводить до важких авіаційних подій є «одноканальна» увага пілотів. Через «одноканальну» увагу, екіпаж не обов'язково переробляє всю доступну польотну інформацію, особливо в критичних ситуаціях, через дефіцит часу [2]. У результаті проведених досліджень було встановлено, що пілоти в умовах НС зазвичай приймають рішення, керуючись виробленою гіпотезою, яка була неодноразово випробувана на практиці. Це явище відоме як підкріплення досвіду, яке пояснює бажання (часто підсвідоме) знаходити ті джерела інформації, які підкріплюють віру людини [3]. Наступна особливість прийняття рішень в складних ситуаціях полягає в тому, що в абсолютній більшості випадків екіпаж не використовує ймовірнісних оцінок появи тих чи інших наслідків розвитку НС, а замість цього, командир ЛА генерує альтернативи, які зберігаються у довготривалій пам'яті [4], при цьому альтернатива розглядається як найбільш імовірна, якщо вона виявилась найдоступнішою в довготривалій пам'яті, що дасть змогу прийняти рішення, яке не відповідає ситуації, що реально склалася у польоті.

Варто, відзначити велику значущість досвіду та навички щодо правильності прийняття рішень, спрямованих на парировання НС у польоті. Досвідчений пілот може за мінімального контролю свідомості інтерпретувати поточну польотну інформацію для миттєвої і точної оцінки ситуації, а також має у запасі більший набір альтернатив необхідних керівних дій (рис.3). Однак, експериментальним шляхом встановлено, що у пілотів, які мають великий наліт, збільшується почуття самовпевненості у власних силах - «це не може статися зі мною, я точно знаю і свої можливості і можливості ЛА» і як наслідок подальше суб'єктивне зниження оцінки величини ризику можливих наслідків розвитку НС у польоті [5].

Після проведення порівняльного аналізу основних причин прийняття неправильних рішень екіпажем, наступним кроком є розроблення методики оцінювання надійності екіпажу як складової контуру керування ЛА в умовах виникнення НС у польоті.

Висновок. На підставі проведених досліджень підтверджено, що в умовах швидкоплинного процесу розвитку подій у польоті, важливим є час, який витрачається на отримання інформації, її обробку й прийняття рішення, щодо припинення розвитку НС, а при неможливленні, не допустити її переростання у катастрофічну. Тобто час, потрібний на ці дії, не повинен перевищувати його критичне значення. Нажаль, можливості людини не завжди здатні виконувати ці умови. У таких випадках, частину або всі функції екіпажу щодо дії в екстремальних умовах, доцільно передавати автоматичній системі керування (ПНО).

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко Г. В. Особенности оценки риска и принятия решения пилотом в полете. Проблемы летной эксплуатации и безопасность полетов / Г. В. Коваленко, Ю. Ю. Михальчевский, А. В. Седов // Вып. 2, С.–Петербург, Спб ГУ ГА, 2008. – 3–17 с.
2. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті / В. М. Казак. – К.: НАУ, 2010. – 284 с.
3. Казак В.Н. Когнитивные методы повышения безопасности полетов воздушных судов в экстремальных ситуациях в полете / В.Н. Казак, И.В. Прохоренко, Н.А. Тимошенко // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT–2018): Матеріали Х Міжнар. науково-практичної конференції, 29-31 травня 2018 р. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2018. – С. 10 – 13.
4. Овчаров В. Е. Человеческий фактор в авиационных происшествиях / В. Е. Овчаров. – М.: МАК, 2005. – 80 с.
5. Коваленко Г. В. Летная эксплуатация: учебное пособие для гражданской авиации / Г. В. Коваленко, А. Л. Микинелов, В. Е. Чепига. – 2007. – М. : Машиностроение. – 416 с.

ОРГАНІЗАЦІЙНА ЕРГОНОМІКА: ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АРХІТЕКТОНІКИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ»

Камишин В.В., Рева О.М.

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

Шульгін В.А.

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

Сокурєнко О.О.

*Миколаївський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти
(Україна, м. Миколаїв)*

Вступ. Як загальновідомо, головним показником діяльності цивільної авіації є рівень безпеки польотів (БП), у забезпеченні якої авіаційні оператори «переднього краю» (диспетчери управління повітряним рухом (УПР), члени льотної екіпажу) грають подвійну роль. З одного боку, йдеться про їх спроможність активно включатися у компенсацію наслідків відмов технічної частини складної поліергатичної цілеспрямованої активної і організаційної системи керування «льотний екіпаж – повітряне судно (ПС) – середовище – орган УПР». Причому ступінь цього «включення» в залежності від специфіки відмови може досягати показника 0,25 [1]. Саме тому ІКАО вважає, що зазначена категорія АО є «останнім рубежем захисту» у забезпеченні належного рівня БП [2]. Однак, з іншого боку, не зважаючи на загальні позитивні показники БП, впродовж десятиліть вплив людського чинника (ЛЧ) на виникнення авіаційних подій є стабільно переважаючим серед інших чинників [3], що робить перманентно актуальним проведення досліджень з запобігання цього впливу.

Актуальність досліджень. На теперішній час визнано, що фундамент успіху професійної діяльності АО «переднього краю» закладається саме під час початкової підготовки. Разом з тим, відповідні програми тренажерної і практичної підготовки, керівництва, навчальні плани тощо для молодих пілотів і диспетчерів УПР (ДУПР) виробляються за єдиним «шаблоном», встановленим багатьма десятиліттями тому, спираючись на багатий досвід практичної льотної експлуатації ПС чи безпосереднього УПР їх розробників, тому хоча в цілому і є прийнятними, однак не мають наукового обґрунтування, а отже, не є оптимальними. Причому абсолютна більшість досліджень у цьому напрямку стосується лише закономірностей формування професійних знань, вмінь, навичок (ЗВН), але не торкається проблем їх взаємного впливу, тому досягти синергетичного ефекту у процесах підготовки не вдається.

Постановка задачі. Виходячи з наведеного та враховуючи досвід досліджень [4-6] і роль організаційних і управлінських чинників у створенні безпечного робочого (у тому числі, навчального) середовища [3], метою цієї публікації є застосування системно-кібернетичної і ергатичної методології для обґрунтування архітектури початкової професійної підготовки пілотів і авіадиспетчерів.

Результати досліджень. Для побудови нового підходу до взаємодії знань, вмінь, навичок (ЗВН) введемо поняття ергатичної дидактичної одиниці (ДО), під якою розумітимемо елемент змісту програми професійної підготовки (ПП): навчальна

дисципліна, чи її окрема тема, нормативний документ, чи його окремі положення, програма тренажерної підготовки чи її окрема тренувальна вправа тощо. Привертаємо увагу, що йдеться саме про ергатичні ДО (ЕДО), оскільки вони враховують усю сукупність особливостей процесів функціонування складної поліергатичної цілеспрямованої активної і організаційної системи керування «льотний екіпаж – повітряне судно (ПС) – середовище – орган УПР», в якій відбувається професійна діяльність АО «переднього краю».

Зміст ЕДО можна як укрупнювати (згортати, агрегувати), так і деталізувати (розгортати, декомпозиувати). Таким чином, ЗВН, що накопичуються в АО «переднього краю» в процесі ПП, можна формалізувати у вигляді об'єднання множини ЕДО, що характеризуються певними параметрами:

$$\Omega = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup \dots \cup \Omega_i \cup \dots \cup \Omega_N = \bigcup_{i=1}^N \Omega_i, \quad (1)$$

де Ω_i – окрема i -та ЕДО; N – кількість ЕДО.

Сама ЕДО може бути подана у вигляді вектора-кортежу, що утворюється параметрами, які оцінюють її властивості:

$$\Omega_i = \{D_{t_i}, D_{s_i}, D_{n_i}, \dots, D_{p_{j_i}}, \dots, D_{p_{M_i}}\} \quad \forall j = \overline{1, M}, \quad (2)$$

де M – кількість параметрів, що характеризують ЕДО;

$D_{p_{j_i}}$ – значення j -го параметра i -ої ЕДО, у тому числі:

D_{t_i} – час, необхідний для засвоєння i -ої ЕДО;

D_{s_i} – складність завдання;

D_{n_i} – трудність виконання завдання.

Отже, множини ЗВН, якими необхідно опанувати в процесі ПП, уявимо у вигляді деякого орієнтованого графу, вершинами якого виступають ЕДО, що характеризуються вектором параметрів, а ребра графу, подані у вигляді направлених дуг, що характеризують ступінь зв'язності вершин графу та напрям (последовність) оволодіння ЗВН (рис. 1).

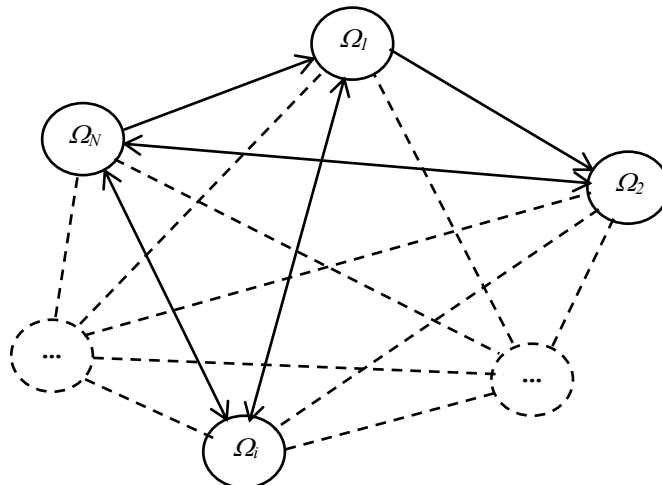


Рисунок 1 – Уявлення множини знань, вмінь, навичок у вигляді проекції орієнтованого графу на площину

Основні співвідношення, що дозволяють робити перетворення граф-схеми виду, поданого на рис. 1, представлені на рис. 2. Тоді процес ПП як оволодіння ЕДО буде виглядати у вигляді шляху по множині ЗВН, тобто пересування від вершини до вершини. Отже, йдеться про оптимізаційну задачу пошуку шляху в множині вершин за виконанням певних (граничних умов), що відповідає вирішенню відомої задачі комівояжера [7]. Тоді задача оптимізації ПП полягає у знаходженні оптимальних шляхів на множині вершин

графу $T^0 = \langle X_1^0, X_2^0, \dots, X_i^0, \dots, X_N^0 \rangle$ за умови мінімізації часу підготовки і при виконанні граничних умов, що характеризують методику, традиційно звану у авіації методикою льотного навчання. Такими умовами, як вказувалось вище може бути:

успішне засвоєння певних ЗВН:

$$D_{k_p} = \sum_{i=1}^n D_{k_i} \geq D_{k_{\min}}, \quad (3)$$

– успішне засвоєння програми навчання:

$$D_{p_p} = \sum_{i=1}^n D_{p_i} \geq D_{p_{\text{доп}}}. \quad (4)$$

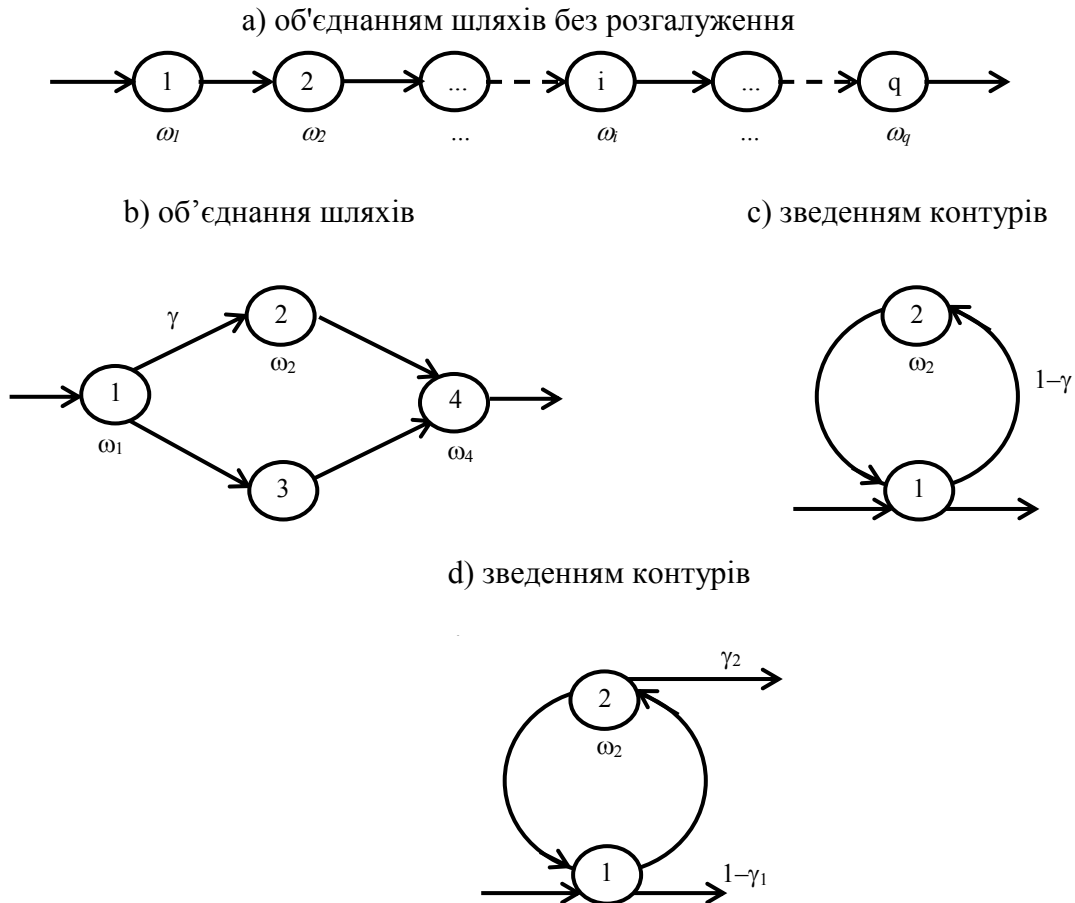


Рисунок 2 – Приклади типових співвідношень, що дозволяють здійснювати перетворення будь-якої граф-схеми професійної підготовки

Постановку задачі оптимізації можна уявити наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} T^0 &= \operatorname{argmin} t(T) \\ D_{p_j}(T) &\geq D_{p_{j \text{ доп}}} \\ \forall j &= \overline{1, M}, \quad T \in T^+ \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

де $T^+ = \langle X_S^+, X_R^+, X_E^+, \dots, X_T^+ \rangle$ - множина допустимих шляхів в заданому графі, що визначається висунутими вимогами та обмеженнями.

Можливо також зробити іншу постановку задачі, а саме – опанування максимальної кількістю ЗВН при заданому часі ПП. Також можливі інші постановки задачі в залежності від цілей та завдань навчання.

На прикладі рис. 2 б) наведемо приклад як під час моделювання процесу ПП обчислювати параметри графу шляхом згортки його вершин. Отже, йдеться про перетворення паралельного шляху з розгалуженнями в еквівалентну гілку з однією вершиною. Складові ваги вершини знаходяться з очевидних формул:

$$m_e = m_1 + \gamma m_2 + (1 - \gamma)m_3 + m_4; \quad (6)$$

$$D_e = D_1 + \gamma D_2 + (1 - \gamma)D_3 + D_4; \quad (7)$$

$$p_e = p_1 p_4 [\gamma p_2 + (1 - \gamma)p_3] \quad (8)$$

Знайдемо формулу для еквівалентної функції розподілу часу $F_e(t)$:

$$F_e(t) = P(T \leq t) = \gamma p(T \leq t_1 + t_2 + t_4) + (1 - \gamma)p(T \leq t_1 + t_3 + t_4) \quad (9)$$

Очевидно:

$$\left. \begin{aligned} p(T \leq t_1 + t_2 + t_4) &= F_{1,2,4}(t) \\ p(T \leq t_1 + t_3 + t_4) &= F_{1,3,4}(t) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

де $F_{1,2,4}(t)$, $F_{1,3,4}(t)$ – функції розподілу часу засвоєння 1, 2, 4-ї або 1, 3, 4-ї ЕДО відповідно, які, спираючись на формулу:

$$g_e(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} g_i(t) g_{i-1}(t - \tau) dt, \quad (11)$$

нескладно знайти таким чином:

$$\left. \begin{aligned} F_e(t) &= \gamma F_{1,2,4}(t) + (1 - \gamma) F_{1,3,4}(t) \\ g_e(t) &= \frac{dF_e}{dt} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

За аналогією здійснюється згортка вершин й інших графів, поданих на рис. 2.

Висновки. Таким чином, оцінюючи отримані і подані у цій публікації нові наукові результати, вважаємо доцільним вказати на такі найбільш вагомі з них.

1. Уперше здійснене науково-теоретичне обґрунтування можливості застосування теорії графів для формування організаційної структури взаємодії ЕДО у багатовимірному просторі ЗВН, якими має опанувати АО «переднього краю» у процесі ПП.

2. Наведені рекомендації щодо формування характеристик та показників ЕДО, що охоплюють:

- час, необхідний для засвоєння і-ої ДО;
- складність навчального завдання (тренувальної вправи);
- трудність виконання завдання;
- ступінь засвоєння визначеної компетентності;
- імовірність незасвоєння матеріалу тощо.

3. Зв'язки між ЕДО визначаються за допомогою інтегративного показника, що враховує як відстань між ними у багатовимірному просторі ЗВН, так і архітектуру (послідовність) їх розташування у зазначеному просторі. Це дало змогу уявити ЕДО як вершини орієнтованого зв'язаного графу, розташованого у багатовимірному просторі середовища ЗВН.

4. Обґрунтовані процедури згортки вершин графу, що сприяє знаходженню оптимального шляху на ньому, тобто мінімізації часу, потрібного для опанування ЕДО тими, хто проходить ПП. Можна також констатувати, що уявлення ЗВН у процесах ПП за

допомогою зв'язаного графу ЕДО, що характеризуються визначеними параметрами, дозволяє застосувати широкий спектр математичних методів для її оптимізації.

6. В подальших дослідженнях, на наш погляд необхідно більш детально сформулювати параметри, що характеризують ПП (ЕДО), виходячи з її цілей та завдань, сформулювати відповідний апарат для обчислення цих параметрів, включаючи застосування методів нечіткої математики, розробити відповідні методи композиції, декомпозиції, укрупнення або деталізації вершин графу та відповідний математичний апарат, оптимізаційні алгоритми пошуку шляхів в просторі ЗВН, методи їх аналізу в інформаційному просторі тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) [Текст]: монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006. – 242 с.
2. Давиденко М. Ф. Последний рубеж обороны (Человеческий фактор: фундаментальные концепции ИКАО) [Текст] / М. Ф. Давиденко, А. Н. Рева // Авиаконпания. – М., 1995 (пробный номер). – С. 23-28.
3. Human factors guidelines for safety audits manual: Doc. ICAO 9806 AN/763. - Montreal, Canada, 2002.
4. Герасимов Б. М. Організаційна ергономіка: Методи та алгоритми досліджень і проектування: монографія [Текст] / Б. М. Герасимов, В. В. Камишин. – К.: ТОВ «Інформаційні системи», 2009. – 212 с.
5. Камишин В. В. Системно-кібернетичні основи організації простору знань у дидактиці в умовах інформаційного буму [Текст] / В. В. Камишин, О. М. Рева, Н. А. Добровольська // Вища школа: науково-практичне видання, 2016. - № 9. – С. 103-117.
6. Рева О. М. Формування інформаційного простору ознак системи «пілот (льотний екіпаж) – повітряне судно - середовище» [Текст] / О. М. Рева, В. А. Шульгін, С. П. Борсук // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: матеріали VII Міжнародної наук.-практ. конф., - Херсон, 22-23 вересня 2016 року, - Херсон: ХДМА, 2016. – С. 136-139.
7. Шибанов Г. П. Количественная оценка деятельности человека в системах «человек-техника» / Г. П. Шибанов. – М.: Машиностроение, 1983. – 263 с.

ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧИХ ДІАПАЗОНІВ ЛАЗЕРНО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОПОРНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ FANBEAM ПРИ РІЗНИХ УМОВАХ ХВИЛЮВАННЯ МОРЯ

Мойсеєнко В.С.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. В роботі запропоновані принципи визначення робочих діапазонів, при використанні лазерно-оптичної системи опорного позиціонування Fanbeam при різних умовах хвилювання моря.

Дані, отримані з систем опорного позиціонування, які використовуються на судах офшорного флоту, грають дуже велику роль у визначенні положення судна відносно нерухомого об'єкту.

Знання робочих діапазонів систем опорного позиціонування судна, надають суттєві переваги при прийнятті рішення вірного та безпечного використання цих систем у поганих погодних умовах.

Змінюючи положення та курс судна, відносно рефлектору, можливо покращити отримання точності даних, що призведе до поліпшення побудови математичної моделі судна, для подальшого точного та безпечного утримання позиції судна.

Актуальність досліджень. При оглядово-порівняльному способі використання лазерно-оптичної системи опорного позиціонування Fanbeam в поганих погодних умовах та за наявності хвилювання моря, може призвести до поганої побудови математичної моделі судна та подальшої некоректної роботи системи динамічного позиціонування, що в свою чергу може вплинути на точність утримання судна в заданій точці та взагалі втрати позиції судна. Тому знання робочого діапазону спостереження лазерного модуля дуже сильно впливає на успішність виконання запланованих операцій.

Постановка задачі. Для вироблення алгоритму визначення робочого діапазону спостереження лазерного модуля під час хвилювання моря та надання рекомендацій, необхідно виконати ряд експериментів на одному й тому ж судні, для різних видів хвилювання судна таких як бортова, кільова та вертикальна хитавиця, визначити максимальний кут нахилу Fanbeam та проаналізувати, яким чином ми можемо покращити отримання даних з лазерно-оптичної системи опорного позиціонування Fanbeam.

Викладення матеріалу дослідження. Експерименти проводилися наступним чином. З початку розрахуємо теоретичний діапазон лазерного спостереження, для того щоб наділі порівняти його з робочим практичним діапазоном. Далі знаходимо робочий практичний діапазон лазерного модуля у стані спокою. Для цього встановили Fanbeam у нульове положення, щоб середина випромінюваного проміння була перпендикулярна поверхні води у спокійному стані, та увімкнули режим сканування цілей. Підвісили рефлектор, типу відбивної трубки, довжиною 1000мм та діаметром 120мм за допомогою палубного крану MACGREGOR на відстані 20 метрів і повільно почали підіймати рефлектор вгору до того моменту, поки він не вийде з робочого діапазону лазерного сканера, теж саме проробили тільки опускаючи рефлектор. Усі отримані дані було виписано та виведено у таблицю.

$$dHR = OR * \sin \frac{\alpha}{2} * 2 = \frac{OD}{\cos \frac{\alpha}{2}} * \sin \frac{\alpha}{2} * 2 \quad (1)$$

$$OR = \frac{OD}{\cos \frac{\alpha}{2}} \quad (2)$$

Таблиця 1 – Залежність висоти спостереження проміння Fanbeam від відстані спостереження

Відстань спостереження, (м)	Висота спостереження при куті проміння 18°, (м)	Відстань спостереження, (м)	Висота спостереження при куті проміння 18°, (м)
20	6,3	55	17,4
25	7,9	60	19,0
30	9,5	65	20,6
35	11,1	70	22,2
40	12,7	75	23,8
45	14,3	80	25,3
50	15,8		

В залежності від типу виконуючих операцій, судно може розташуватися відносно нафтової платформи під любими кутами. При виконанні робіт з підводним дистанційно керованими апаратами, або водолазними роботами, судно зазвичай намагається розташуватися лагом до нафтової платформи, так як занурення апарата або водолаза у багатьох випадках виконується саме з борту судна. Також, лагом до платформи судно розташовується у тих випадках, коли довжина крана нафтової платформи не достатня для вивантаження, або завантаження усієї палуби, чи коли вага вантажу велика, і для операцій з великим вантажем стріла крана повинна бути піднята максимально вгору, що дуже скорочує робочу відстань крана. В усіх інших випадках, судно частіше підходить до платформи кормовою частиною перпендикулярно до нафтової платформи.

З отриманих теоретичних даних, можемо розрахувати максимальні кути нахилу судна в процесі хитавиці для коректної роботи референс- системи типу Fanbeam.



Рисунок 1 – Виконання практичної частини експерименту з підвішуванням рефлектору

Встановивши Fanbeam у нульове положення, щоб середина випромінюваного проміння була перпендикулярна поверхні води у спокійному стані, та увімкнули режим сканування цілей. Підвісили рефлектор типу відбивної трубки довжиною 1000мм та діаметром 120мм за допомогою палубного крана MACGREGOR на відстані 20 метрів так, щоб цент рефлектора був відповідно центра випромінювання Fanbeam. Усі вимірювання проводилися відносно центра рефлектора. Захватили ціль рефлектор у системі управління Fanbeam та переконались в стабільності сигналу та достовірності отриманих даних від рефлектора (рисунок 2). Прийняли Fanbeam до ДП системи, а також переконались у коректній роботі ДП системи з системою Fanbeam (рисунок 3). За допомогою векторного датчика обертання виробника “AOSP” вимірювали максимальні кути, при яких Fanbeam працював стабільно у ДП системі. Максимально можливий кут для коректній роботи Fanbeam є приблизно 8° при піднятті та опусканні рефлектора, це ми можемо бачити з рисунку 4 та 5.

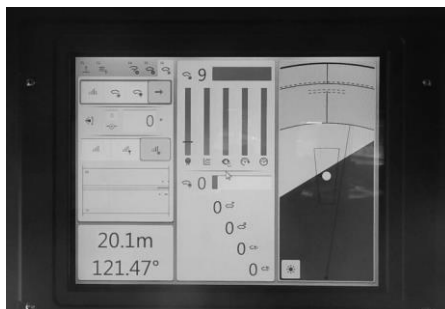


Рисунок 2 – Вікно системи управління Fanbeam

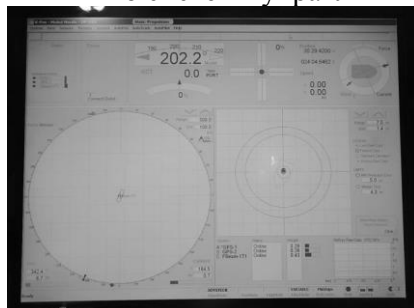


Рисунок 3 – Вікно управління ДП системи з коректною роботою Fanbeam



Рисунок 4 – Відхилення Fanbeam ДП системою при досягненні максимального кута при підйманні

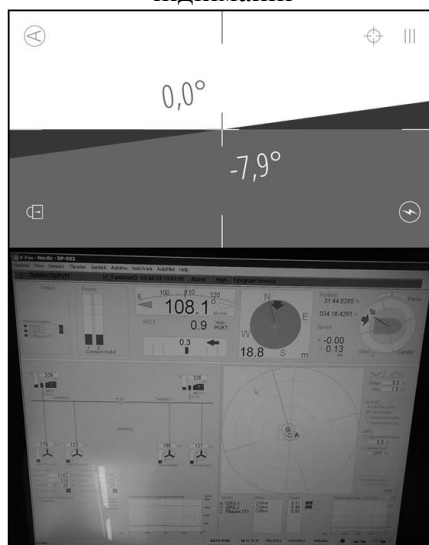


Рисунок 5 – Відхилення Fanbeam ДП системою при досягненні максимального кута при опусканні

Висновки. Таким чином, можна зробити наступні висновки:

- 1) Кожен з видів качки може суттєво вплинути на стабільну роботу лазерно-оптичної системи опорного позиціонування Fanbeam.
- 2) При різних видах хитавиці судна використання Fanbeam може призвести до відхилення її ДП систему, якщо буде досягнутий кутовий ліміт.
- 3) Знання кутового ліміту Fanbeam дає можливість ДП оператору спрогнозувати ситуацію та розташувати своє судно так, щоб уникнути виходження рефлектора за кутовий ліміт, якщо є така можливість.
- 4) Коректна робота системи Fanbeam на кожному судні індивідуальна і залежить від розмірів судна та розташування Fanbeam.

ЛІТЕРАТУРА

1. Снопков В.И. Управление судном /Снопков В.И. – М.:Транспорт, 2004, 337-344 с.
2. Шарлай Г.Н. Управление морским судном/Шарлай Г.Н., 2013, 120-126
3. Fanbeam®4.2 Operators Manual, Issue #1, 2011, 22с.
4. Kongsberg Maritime, Fanbeam 4.2, Combined Installation, Technical and Operations Manual, Issue #10, 2007, 61-62 с.
5. The International Marine Contractors Association (IMCA) M 170 Part 1, A Review of Marine Laser Positioning Systems – MK IV Fanbeam, 2003, 11-17 с.

ФОРМАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО СТВОРЕННЯ ПОВЕДІНКОВОЇ МОДЕЛІ СУДНОВОДІЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ

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

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Попович І.С.

Херсонський державний університет
(Україна)

Сафонов М.С.

Херсонський політехнічний коледж Одеського національного політехнічного університету
(Україна)

Вступ. Під час несення навігаційної вахти, фази діяльності судноводія, в яких виникають негативні прояви людського фактора, як правило, протікають під час позаштатних, критичних ситуацій. Як наслідок, втрата концентрації уваги призводить до неадекватних ситуацій дій з боку судноводія. Таким чином, процес ідентифікації даних чинників в умовах невизначеності являє собою об'єктивну проблему для систем безпеки управління морським транспортом [1-4].

Також, практика показує, що стресові ситуації різнобічно впливають на рівень самоконтролю і як наслідок підвищує негативну суб'єктивну поведінку судноводія. Нерідко причиною стресу може служити також відносини в команді [5].

Все зумовлює побудову формальної моделі дій судноводія під час критичних ситуацій що ґрунтується на даних його досвіду під час проходження тренажерної підготовки при сертифікації на навігаційному симуляторі.

Основний матеріал дослідження. Для визначення ступеня взаємозалежності факторів впливу на дії судноводія $F(m_i, y_i)$ був обраний коефіцієнт кореляції Спірмана [6], який відображає міру лінійного зв'язку між випадковими величинами. Таким чином, можливо створити поведінкову матрицю P_k певного судноводія в конкретній ситуації k , де $k \in (1, \infty)$.

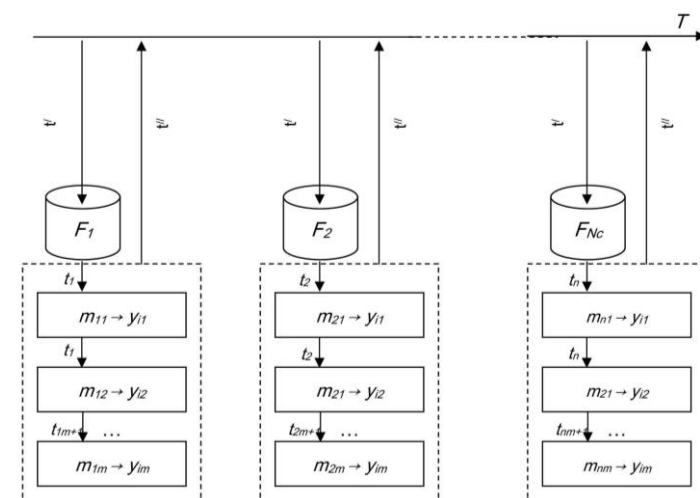


Рисунок 1 – Процес накопичення знань про судноводія з плином часу

На основі залежностей між факторами з'являється можливість накопичення знань про поведінку судноводія в різних ситуаціях (Рис. 1). Слід зазначити, що стаж судноводія

не завжди відображає його досвід в незвичних для нього ситуаціях. Досвід судноводія в певних ситуаціях не гарантує високий професіоналізм у всьому спектрі можливих подій, особливо під час позаштатних ситуацій.

$$P_k = \begin{bmatrix} F_k(m_1, y_i) & F_k(m_2, y_i) & F_k(m_3, y_i) & \dots & F_k(m_i, y_i) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_k(m_1, y_3) & F_k(m_2, y_3) & F_k(m_3, y_3) & \dots & F_k(m_i, y_3) \\ F_k(m_1, y_2) & F_k(m_2, y_2) & F_k(m_3, y_2) & \dots & F_k(m_i, y_2) \\ F_k(m_1, y_1) & F_k(m_2, y_1) & F_k(m_3, y_1) & \dots & F_k(m_i, y_1) \end{bmatrix}$$

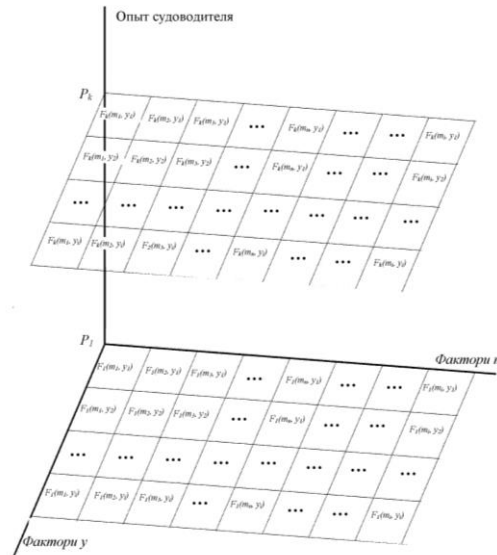


Рисунок 2 – Модель реакції судноводія

Так як матриця відображає дані тільки по одній ситуації, виникає необхідність у виборі відповідних поведінкових матриць для незвичних випадків. Для цього необхідно визначити множину матриць P_k залежностей показників, які властиві конкретному судноводію.

Така модель (рис. 2) відображає знання про поведінку судноводія в конкретній ситуації, яка відповідає конкретній матриці P_k . Так як модель являє собою 3D-матрицю, то вона може зберігатися і оброблятися як об'єкт бази даних. Алгоритм формування такої моделі представлений на рис. 3.

Проведені експерименти підтвердили доцільність дослідження.

Запропоновані підходи спираються на аналітичний досвід розслідувань позаштатних ситуацій, як під час тренажерної практики, так і в реальних умовах. Розроблені моделі, методи і алгоритми з ідентифікації суб'єктивної ентропії як причини прояву людського фактора впроваджені в роботу тренажерного центру NTPRO 5000 Херсонської державної морської академії.

В результаті моделювання, визначено три режими роботи системи, які залежать від рівня підготовленості судноводія.

Так, для найбільш досвідчених судноводіїв, контроль з боку інформаційної системи здійснюється на другому рівні і при ідентифікації факторів відносяться до позаштатних ситуацій (режим I). Для судноводіїв середнього рівня, характерними будуть форми контролю, які відстежують найбільш складні функції при управлінні судном (режим III). І нарешті, для найменш досвідчених судноводіїв контроль системою передбачається проводити як на першому, так і на другому рівні з ідентифікацією всіх факторів, що впливають (режим II).

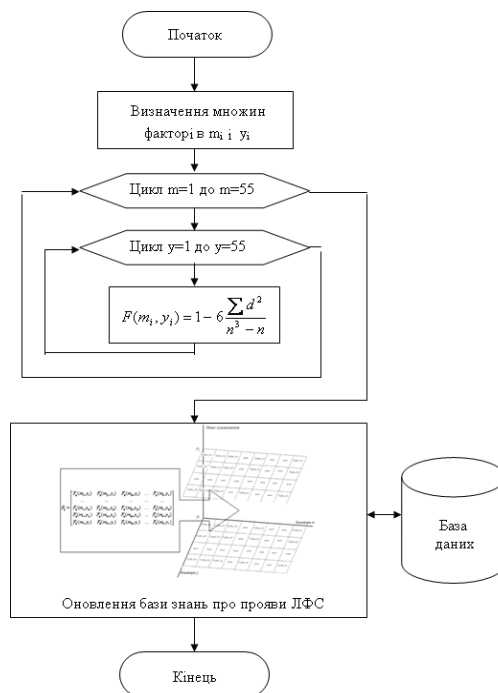


Рисунок 3 – Алгоритм формування моделі поведінки судноводія в різних ситуаціях

Таким чином, побудова інформаційної системи (ІС) на основі пропонованих формальних підходів дозволить істотно підвищити безпеку при управлінні судном в умовах негативних проявів людського фактора.

При вирішенні задачі класифікації, класифікаційні ознаки θ , що не вимірюються, можуть служити тимчасовими показниками активності судноводія на робочому місці (напрям погляду і переміщення по капітанському містку в ситуаціях, що передбачають певні моделі поведінки).

У загальному випадку можна констатувати, що поведінка судноводія під час стресової ситуації описується випадковою послідовністю $\theta(t)$, що дає можливість застосувати метод дискримінантного аналізу. Отже, має місце одновимірна щільність розподілу ймовірності $f(\theta)$, де θ не випадкова функція і не залежить від t .

З метою вирішення поставленого завдання необхідно визначити значення класифікаційної ознаки і порівняти їх із значеннями, відповідними стандартам досліджуваних полярних класів.

Отже треба визначити значення інформаційного навантаження на судноводія, результат якого змінюється у відповідь на інформаційні фактори (збудження або гальмування). Побудова математичної моделі засновано на формальному зв'язку функції θ і інформаційного навантаження u .

Далі необхідно вирішити модельну задачу класифікації, використовуючи дані обчислювального експерименту [7]. Слід врахувати, що як вхідна функція досліджуваної системи буде розглядатися стаціонарна випадкова послідовність $\theta(t)$, при цьому $U(\theta, T)$ - відповідна функція відгуку системи на вплив.

Для вирішення модельної задачі класифікації будемо вважати θ і U елементами метричних просторів $\{X\}$ і $\{F\}$ відповідно з відстанями між елементами $\rho_{\{X\}}(\theta_1, \theta_2)$, $\rho_{\{F\}}(U_1, U_2)$, $\theta_1, \theta_2 \in \{X\}, U_1, U_2 \in \{F\}$. Простори $\{X\}$ і $\{F\}$ є лінійними нормованими просторами \mathbb{R}^1 дійсних чисел тобто $\rho_{\{F\}}(U_1, U_2) = \|U_2 - U_1\| = |U_2 - U_1|, \rho_{\{X\}}(\theta_1, \theta_2) = \|\theta_2 - \theta_1\|$

При цьому, умова коректності завдання розрізнення значень θ по відомим відповідним їм значенням U тотожно умові коректності завдання знаходження «рішення» θ по відомим «вихідним даним» U :

$$\theta = FU, \quad (1)$$

якщо виконуються умови, які полягають в тому, що область значень множини $\{\theta\}$ буде завжди лежати по один бік від точки реєстрації Z_r відгуку, а момент часу реєстрації сигналу T^* вибирається на проміжку, де U - монотонна функція по часу для обох класів. Тоді необхідно виконання наступних умов: відображення $\{\theta\} \rightarrow \{U\}$, де $\{\theta\} \subset \{X\}$, $\{U\} \subset \{F\}$; $\{\theta\}$ - область визначення, обмежене множиною на числовій прямій $IR1$.

У реальних умовах, склад вахтової служби $Q \in I$ є постійним, в свою чергу, члени вахтової служби змінюють свої стратегії в залежності від завдань, адаптуючись до умов взаємодії з метою максимізації $f_j^Q(t)$. В ході служби всі члени вахти порівнюють стратегію i і стратегію j щодо партнера по взаємодії, можливо несвідомо підбираючи більш результативну: $f_j^Q(t) > f_i^Q(t)$ незалежно від складу вахти [8].

Втрата результативності від спочатку обраної стратегії i , призводить до вибору стратегії j . Це являє собою істотну проблему, тому окремі члени команди будуть формувати стійкі коаліційні зв'язки взаємодій, що порушує інструкцію несення вахти.

В умовах того, що набір на судно членів вахтового персоналу носить випадковий характер, отримаємо:

$$u(f_j^Q(t) - f_i^Q(t))u(0) = 0$$

$$\xi_i^Q(t+1) = \sum_{r \in J} u(f_i^Q(t) - f_r^Q(t)) \xi_r^Q(t) \xi_i^Q(t) / \xi_i^Q$$

Тоді:

Прогноз стану несення вахти на переході в момент $t+1$ буде:

$$\xi_i^Q(t+1) = \sum_r u(f_i^Q(t) - f_r^Q(t)) \xi_r^Q(t), i \in J^Q$$

Таким чином, існує проблема неузгодженості і спонтанної заміни вахтового персоналу помічником капітана, що порушує інструкції і знижує рівень безпеки. При проходженні тренажерної практики виникає дисбаланс у відпрацюванні корисних навичок серед курсантів під час проходження тренажерної практики. Пасивні члени вахтової служби не засвоюють потрібні практичні навички, а активні в надлишку їх опановують. Модель взаємодії команди на судні представлена на рис. 4.

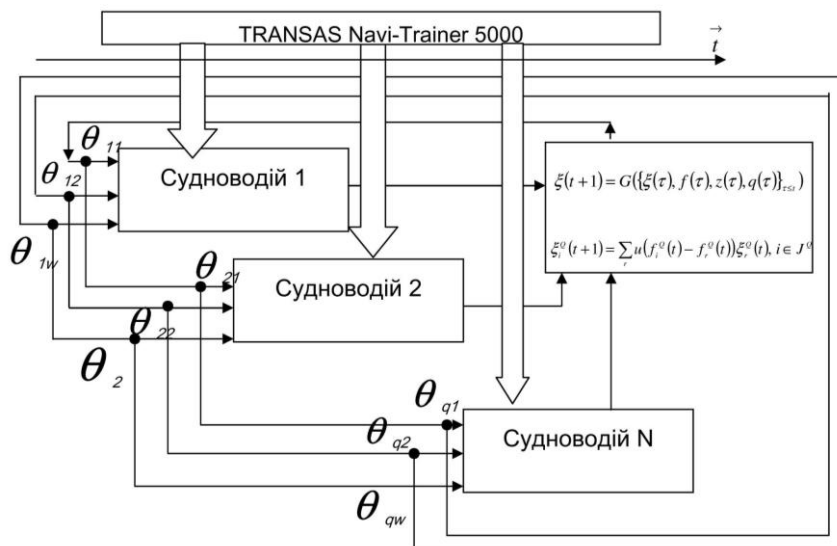


Рисунок 4 – Модель взаємодії команди на судні

Висновок. Слід зазначити, що ситуація ускладнюється тим, що для прокладки і проходження нового маршруту склад вахтової команди формується випадковим чином і існує ймовірність набору курсантів, що не отримали необхідних навичок і це призведе до невиконання завдання. При виконанні маневрів в реальних умовах загроза безпеці значно зростає і може спричинити катастрофічні наслідки, тому ІС дозволить вносити попереджувальні дії щодо підбору вахтової служби та перекваліфікації окремих судноводіїв за потреби.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аверічев І.М. Аналіз основних причин аварій на морському та річковому транспорті України / І.М. Аверічев // Водний транспорт. – 2013. – Вип. 3. – С. 100-103.
2. Arslan O., Er I.D. Effects of Fatigue on Navigation Officers and SWOT Analyze for Reducing Fatigue Related Human Errors on Board TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea
3. Kasianov V. Subjective entropy of preferences. Istitutr of Aviation Scientific Publications. ALKOR, Warsaw, Poland, 2013. 637 pp.
4. Berg, H.P. 2013. Human Factors and Safety Culture in Maritime Safety. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation Vol. 7, Number 3, September 2013. Pages 343-352.
5. American Bureau of Shipping (ABS) 2012. Guidance notes on safety culture and leading indicators of safety, January 2012.
6. I. Stadler, S. Wolfram. II Series. Multicriteria optimization in engineering and in sciences. 1988 Springer Science Business Media New York. 401 pp.
7. Носов П.С. Аналіз інформаційних систем ідентифікації проявів людського фактору для безпечного управління морським транспортом. (магістерська дисертація за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія», керівник д.т.н., проф.. Бардачов Ю.М.) ХНТУ. 2018. - 162 с.
8. Nosov P.S., Ben A.P., Matejchuk V.N., Safonov M.S. Identification of "Human error" negative manifestation in maritime transport // Radio Electronics, Computer Science, Control. Zaporizhzhia National Technical University. № 4(47). - 2018. Pages 204-213. doi: 10.15588/1607-3274-2018-4-20.

РОЗРОБКА АНАЛІЗАТОРУ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ СУДНОВОДІЯ

Носов П.С., Бень А.П., Зинченко С.М., Крапивко Г.І., Барильник-Кураков І.Л.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Високі показники аварійності на морському транспорті з причини негативного впливу людського фактору зумовлюють розробку та використання різноманітних технічних засобів попередження виникнення критичних ситуацій [1]. Багато вчених зосереджені на психологічному анкетуванні плавскладу перед початком переходу судна або аналізу ризиків під час здійснення маневрів у складних умовах [2]. В окремих випадках використовуються засоби контролю окремих фізіологічних показників, але в умовах стаціонарних лабораторних досліджень. Все це свідчить про намір та актуальність ідентифікації психоемоційного стану судноводія у режимі реального часу.

Виходячи із вказаного з'являється необхідність у розробці спеціалізованого обладнання, що дозволить більш точно ідентифікувати психоемоційний стан судноводія. Отримані дані дозволитимуть комплексно підійти до аналізу негативних проявів людського фактора з метою попередження катастрофічних ситуацій на морському транспорті.

Основний матеріал дослідження. У якості пропозиції щодо розробки дієвого засобу запропоновано аналізатор психоемоційного стану судноводія, що відноситься до технічного обладнання для визначення проявів людського фактору по фізіологічним реакціям.

Аналізатор - це система сприймання, передавання й обробки інформації про явища у внутрішньому і зовнішньому середовищах організму.

Відомий аналізатор для використання в системі фізіологічної оцінки, що визначає психоемоційний стан судноводія з датчиками частоти пульсу, температури тіла, артеріального тиску, частоти дихання, що встановлені на спеціальному жилеті та прилягають до тіла людини [3].

Недоліки даної системи полягають у тому що:

- при аналізі психоемоційного стану не враховується тремор кінцівок рук;
- відсутня гнучкість системи (неможливість оперативної зміни положень датчиків на тілі судноводія та алгоритму обробки даних);
- відсутній обмін даними з віддаленим сервером для коригування дій судноводія відповідно до результатів діагностування.

Найбільш близькою по технічній суті до аналізатору є система управління станом судноводія [4], яка попереджує засипання судноводія та підвищує надійність його роботи, контролює стан судноводія за рахунок використання голосового зв'язку, датчиків частоти пульсу, температури тіла, артеріального тиску та втрати свідомості (прототип).

Недоліки даної системи управління полягають у тому що:

- при аналізі психоемоційного стану не враховуються такі важливі параметри як частота дихання та тремор кінцівок рук;
- обмежена мобільність судноводія через наявність електричного та інформаційного дротового зв'язку між датчиками, що кріпляться до тіла судноводія, і самою системою управління станом судноводія;
- відсутня гнучкість системи (неможливість оперативної зміни положень датчиків на тілі судноводія та алгоритму обробки даних);
- відсутній обмін даними з віддаленим сервером для коригування дій судноводія відповідно до результатів діагностування.

Задачею розроблюваного пристрою є:

- отримання більш якісних даних про психоемоційний стан судноводія;
- підвищення мобільності системи діагностування;
- підвищення гнучкості системи діагностування;
- організація обміну з віддаленим сервером для отримання управлінських рішень з метою коригування дій судноводія.

Аналізатор що розробляється виконано у вигляді жилету із міцної тканини, який розташований на тілі судноводія (Рис. 1).

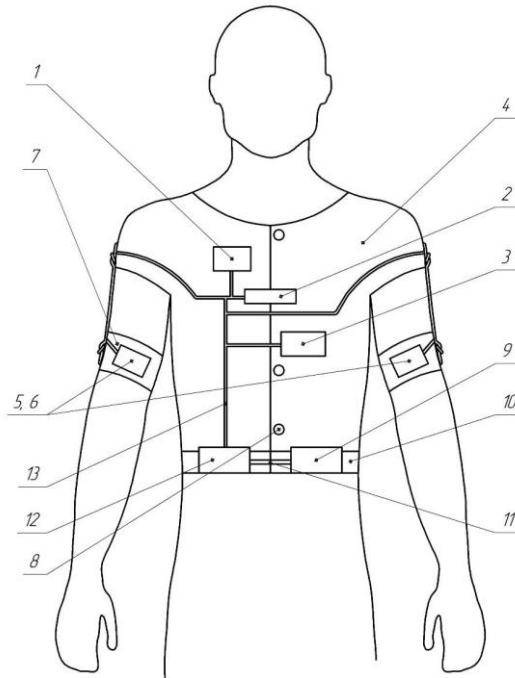


Рисунок 1 – Аналізатор психоемоційного стану судноводія

- 1 - датчик температури тіла; 2 - датчик частоти дихання; 3 - датчик частоти пульсу; 4 - жилет; 5 - датчик тремору рук; 6 - датчик артеріального тиску; 7 - манжети; 8 - гудзики; 9 - блок управління, 10 - пояс жилету; 11 - канал для відкачування повітря; 12 - мікрокомпресор, 13 - електричні та інформаційні дроти.

Манжети закріплені на плечових частинах рук судноводія, на поясі розміщено мікрокомпресор, блок управління та блок живлення. У свою чергу датчики температури тіла та частоти пульсу розміщені у корпусах, які закріплені вакуумними присосками у гніздах на жилеті. Датчики артеріального тиску також розміщені у корпусах, які закріплені вакуумними присосками у гніздах на манжетах. Датчики фізіологічного стану електричними та інформаційними дротами з'єднані з блоком управління для передачі даних і оброблення їх у блоці управління відповідно до заданого алгоритму з метою формування попереджувальної звукової і візуальної сигналізації [5,6]. При виявленні критичних показників психоемоційного стану, відбувається передача оброблених даних на віддалений сервер [7,8] для отримання управлінських рішень та корегування дій судноводія.

Налаштування датчиків і виконання необхідних підключень виконує медичний працівник. Він також встановлює програму і визначає критичні показники датчиків.

Застосування аналізатору дозволяє визначати психоемоційний стан судноводія під час несення вахти, що дає змогу попередити наслідки негативного прояву людського фактору на морському транспорті.

Розробка аналізатору передбачає зв'язок із контролером на містку, тому передбачено провести вибір мікроконтролеру та датчиків для вимірювання психоемоційного стану

судноводія (ПСС). У розділі розглянуто способи виготовлення друкованих плат та надано алгоритм розробки друкованої master-плати контролера та його монтажу.

Висновок. За результатами досліджень, 11.03.2019 було отримано патент на корисну модель «Аналізатор психоемоційного стану судноводія» № u132741. За допомогою розробленого аналізатору планується проведення експериментів щодо визначення психоемоційного стану судноводіїв під час критичних ситуацій на морському транспорті засобами навігаційного тренажеру NTPRO 5000 у Херсонській державній морській академії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Özkan Uğurlu, Serdar Yıldız, Sean Loughney, Jin Wang, “Modified human factor analysis and classification system for passenger vessel accidents (HFACS - PV) ”, *Ocean Engineering*, Vol. 161, pp.47-61, 2018, DOI: 10.1016/j.oceaneng.2018. 04.086.
2. Emre Akyuz, “Quantitative human error assessment during abandon ship procedures in maritime transportation”, *Ocean Engineering*, Vol. 120, pp. 21-29, 2016, DOI:10.1016/j.oceaneng.2016.05. 017.
3. Патент США N 4572197, кл. А 61 В 5/04, 1986/.
4. Патент RU 2229672, кл. С1/2002/.
5. Techadviser. Випромінювачі звуку: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://techadviser.ru/articles/izluchateli-zvuka-tipy-i-vidy-izluchatelej>.
6. Chipenable. Схеми підключення звукових випромінювачів: [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://chipenable.ru/index.php/how-connection/item/70-pezoizluchatel-i-kak-ego-podklyuchit-k-mikrokontrolleru.html>.
7. RS-485: Вікіпедія – вільна енциклопедія. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/RS-485>.
8. CAN: Вікіпедія – вільна енциклопедія. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: http://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network.

ANALYSIS OF THE CAUSES OF ACCIDENTS IN THE BOSPHORUS STRAIT BY MEANS OF THE NAVIGATION SIMULATOR NTPRO 5000

Petrenko D., Kononenko A., Nosov P., Bezkrivnyi V.

Kherson State Maritime Academy

Blah V.

Kherson State University

Analysis of the vessels accidents. According to the data obtained by the Republic of Turkey Main Search and Rescue Coordination Centre in the Under-secretariat of Maritime Affairs, there were 1495 marine accidents between 1988 and 2008. The average number of marine accidents occurring in the Turkish sea was reported to be 136. During those years, 22% of marine accidents (1495 in total) were reported to be stranding [1]. According to the statistics reported by the Directorate General of Coastal Safety, 22% (62 out of the total) of 272 marine accidents occurring in the Strait of Istanbul between 2004 and 2015 were stranding. Also 70% of the accidents (190 out of the total) were reported to have happened because of navigation error (Tab. 1).

During the period from 1953 to 2002, 461 maritime accidents occurred in the Istanbul Strait or in its southern entrance at the Marmara Sea. The majority were collisions. In the Istanbul and Canakkale Straits, Yenikoy and Umuryeri are two risky areas, respectively [2]. Different types of marine accidents which total 461 (i.e. 209 collisions, 138 groundings, 77 stranded, 28 fires/explosions and 9 others, such as rudder blockage, vessels listing or engine breakdowns), happened at these critical points between 1953 and 2002.

Different causes lead to shipping accidents. These can be categorized into natural conditions, technical failures, route conditions, ship-related factors, human or personal errors and cargo-related factors.

Navigational errors can occur because of overreliance on inaccurate nautical charts; charts based on outdated narrow channels with abrupt and angular windings which make manoeuvrability restricted. Heavy marine traffic is part of the problem in the Straits, along with anchorage contiguous to traffic separation lines and confined marine areas, as well as insufficient sea-room. Shoals, reefs and wrecks can be added to the list of conditions, called «Route Conditions» [3].

Human effects on accidents. When we look at the sea accidents in the strait most of them occur by human fault, same for all over the world. Human faults sometimes combine with other factors, and effect to decrease these risk factors effects on incidents. When giving wrong decision to the events occurs in the same time, may be a reason for accidents. Nautical equipments data and experiments always used for describing for the speed and the route of the vessel. Decisions made with union of these events. But some times when describing the data like speed, depth, route and position of the other vessels may be wrong, and this can be also reason for the accident. This gives indefiniteness to the reasons of the events, to describe as human fault factor or machine failure factor. Main items for human fault factor to the accident can be described below;

- panic and shock
- fear and anxiety
- drug and alcohol dependence
- insomnia and tiredness
- seasickness
- visual and idea confuse
- knowledge, ability and communication deficiency 395
- inattentiveness
- unconcern
- wrong information
- unnecessary risk taking tendency [4].

It's impossible to prevent all human fault factors, but there must be a target for decreasing to minimize the faults. IMO advices that; improvements for the working conditions will decrease the human faults in the marine transportation.

Analysis of Shipping Casualties

Tab. 1 shows all the data belonging to marine accidents between 2004 and 2015 [5,6].

Table 1 – Shipping Accidents 2004-2015

Location	Direction	Contact	Collision	Stranding	Fire	Breaking up	Total	%
Anadolu hisari	Bosphorus			1			1	0.4
Anadolu Kavağı	Bosphorus			1			1	0.4
Bebek	Bosphorus	3					3	1.1
Beşiktaş	Bosphorus	1					1	0.4
Beykoz	Bosphorus			1			1	0.4
Çalı Burnu	Bosphorus	1					1	0.4
Garipçe	Bosphorus				1		1	0.4
H.Paşa Port Exit	Bosphorus	3	2	3			8	2.9
Kandilli	Bosphorus	5	1	2			8	2.9
Kanlıca	Bosphorus	1					1	0.4
Keçilik Bay	Bosphorus		1				1	0.4
Kirec Cape	Bosphorus			1			1	0.4
Mehmetçik Cape	Bosphorus	1					1	0.4
Acar Cape	Bosphorus			1			1	0.4
Ortaköy	Bosphorus			2			2	0.7
R.Hisarı	Bosphorus	1					1	0.4
Saray Cape	Bosphorus	3	3		1		7	2.6
Sarıyer	Bosphorus	1		1			2	0.7
Umur Yeri Bankı	Bosphorus			11			11	4.0
Yeniköy	Bosphorus	2		5			7	2.6
Ahırkapı Demir	Southern	117	13	8	4		142	52.2
Balıkçı Island	Southern			3			3	1.1
Bosphorus Southern	Southern	1	4				5	1.8
Büyük Ada	Southern			1			1	0.4
Dilek Kayalığı	Southern			6			6	2.2
Eşek Adası	Southern			1			1	0.4
Fenerbahçe	Southern		1				1	0.4
Kadikoy	Southern		3		2		5	1.8
Kartal Demir	Southern	7	2	1		1	11	4.0
Marmara Denizi	Southern		2				2	0.7
Zeyport	Southern	2	1				3	1.1
Boğaz Kuzey Girişi	Northern		1				1	0.4
Güvem Burnu	Northern			2			2	0.7
Şile	Northern	1		1			2	0.7
Türkeli	Northern		3		2	2	7	2.6
Türkeli Demir	Northern	7		10	1	2	20	7.4

190 shipping accidents out of 272 in the Bosphorus, between 2004 and 2015, were reported to have stemmed from navigation error, based upon the official reports (Tab. 2).

Table 2 – Reasons for Accidents

Accident Type	Weather Cond.	Low Visibility	Breakdown	Nav. Error	Other	Total
Contact	35	0	10	112	0	157
Collision	2	2	0	33	0	37
Stranding	7	0	10	45	0	62
Fire	0	0	0	0	11	11
Breaking up	3	0	0	0	2	5
Total	47	2	20	190	13	272

For the purpose of the study, we conducted a comparative analysis of accident statistics in the Bosphorus and collision data during the operation of the NTPRO 5000 navigation simulator at the Kherson State Maritime Academy (Fig. 1 a, b).

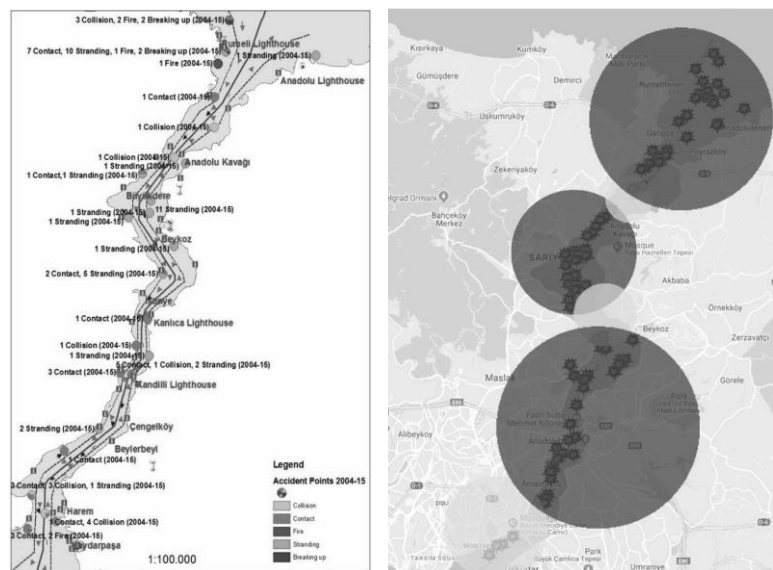


Fig. 1 – Comparative analysis of real statistics and navigation simulator data

Conclusion. A comparative analysis showed that real statistics coincides by 72% with the results of simulation modeling by means of a navigation simulator. This indicates a significant influence of the geographical features of the Bosphorus on the occurrence of accidents. As a result, the remaining 28% of cases fall under the influence of the human factor. In most cases, this is a loss of alertness, concentration.

In the framework of future studies, it is planned to conduct a more in-depth analysis of errors when performing maneuvers of the most dangerous locations.

REFERENCES

1. Nas, S. (2011). An Analytical Approach to The Marine Transportation Safety at Gulf of Izmir and a Grounding Accidents Analysis at Yenikale Channel. Dokuz Eylul University Engineering Faculty, Journal of Engineering Sciences, 13(1), 9-21.
2. Köse, E., Basar, E., Demirci, E., Güneroğlu, A., & Erkebay, S. (2003). Simulation of marine traffic in Istanbul Strait. Simulation Modelling Practice and Theory, 11(7-8), 597-608. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2003.10.001>
3. Akten, N. (2006). Shipping accidents: a serious threat for marine environment. Journal of Black Sea/Mediterranean Environment, 12(3), 269-304.
4. Poyraz Ö., (1998). Doctorate Thesis, Istanbul University.
5. Turkish Straits Marine Safety (2000). T.C. Marine Ministry Publication
6. Turkish Republic, Marine Ministry, Under secretariat for Maritime Affairs Legislation Database.

СИСТЕМНІ ОСНОВИ КВАЛІМЕТРІЇ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СУДНОВОДІННІ

Рева О.М.

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

Бень А.П., Ляшенко В.Г.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Людський чинник на транспорті «традиційно» пояснює абсолютну більшість аварій і катастроф. Лише на морському транспорті відповідний показник складає близько 80% і не має тенденції до зниження. Враховуючи перманентну активізацію обсягів морських транспортних перевезень, а з іншого боку, стабільність впливу людського чинника на безпеку судноводіння, слід констатувати нагальну необхідність розроблення і впровадження дієвих засобів проактивного (превентивного) попередження цього впливу [1].

Високі показники ролі людського чинника у аварійності слід розглядати в контексті готовності і здатності (психологічної, психофізіологічної, професійної тощо) людини приймати відповідальні і раціональні, конструктивні і ситуативні (у тому числі, ризиковані) рішення, спираючись як на нормативні рекомендації і особистий досвід професійної діяльності, так і на поточну (on-line) інформацію, що їй надають сучасні технічні засоби.

Відсторонюючись від процедур і технологій формально-обчислювального характеру, вважаємо, що найбільш універсальною і незалежною від специфіки операторської діяльності є така дефініція прийняття рішень, пов'язана саме з проявом людського чинника, – це цілеспрямований акт емоційно-вольового вибору однієї стратегії, альтернативи, об'єкту, наслідку тощо з кількох шляхом перетворення вихідної інформації, коли ситуація невизначена [2].

Важливість процедур, технологій, методів, алгоритмів прийняття рішень пояснюється наступним. По-перше, це вид інтелектуальної діяльності, яка повторюється найбільш часто. По-друге, професійна діяльність осіб будь-якого операторського профілю зазвичай розглядається як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються у явних і неявних формах під впливом багатьох різноманітних чинників (внутрішніх / зовнішніх, об'єктивних / суб'єктивних), особливо ризиків стохастичного і не стохастичного характеру. По-третє, помилкові дії є, переважним чином, наслідком саме неправильних рішень. По-четверте, абсолютна більшість фахівців акцентує увагу не на тому, що у складній ситуації рішення нібито не приймаються, а саме на тому, що ці рішення є помилковими, несвоєчасними, недосконалими тощо [3-6 та ін.].

Виходячи з наведеного, вважаємо доцільним процитувати ставлення до помилкових рішень, сформульоване Національною радою з безпеки на транспорті США (NTSB): «Все більш важливою причиною прийняття помилкових рішень є недооцінка ризиків авіаційними операторами «переднього краю», а також недостатньо розвинутими у них навиками ментального «передбачення» розвитку небезпечних ситуацій. Особливо важливими є дослідження і кваліметрія закономірностей ставлення авіаційних операторів до небезпечних дій або умов під час прийняття рішень». Зауважимо, що наше звернення до проблем людського чинника у цивільній авіації є цілком закономірним, оскільки запозичення відповідного досвіду є звичайною практикою у діяльності морських

організацій, зокрема круїнговій компанії «Marlow Navigation» [7]. І оскільки управління безпекою, зокрема із застосуванням так званого «циклу безпеки», має відбуватися «по показниках», то з наведеного витікає актуальність кваліметрії характерних показників рішень, пов'язаних саме з людським чинником.

Оскільки забезпечення належного рівня безпеки перевезень – це головна задача будь-якої транспортної системи, вважаємо за доцільне, запозичивши досвід ICAO [8] та результати досліджень [6; 9; 10 та ін.], адаптувати для потреб морського флоту взаємодію складників концепції безпеки його функціонування у ракурсі прояву як людського чинника, так і прийняття рішень (рис. 1).

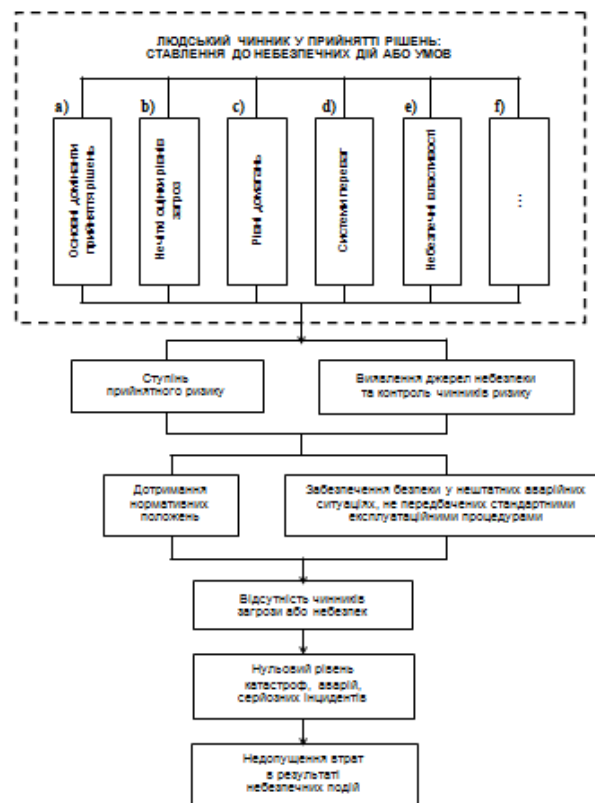


Рисунок 1 – Уявлення взаємодії складових концепцій безпеки транспортної системи з позицій прояву людського чинника

Провідним у взаємодії складників концепції безпеки є «ставлення персоналу до небезпечних дій або умов», оскільки технології, процедури, алгоритми діяльності, тобто стандартні експлуатаційні процедури, розробляються без урахування зазначеного «ставлення». А їх виконавці зазвичай розглядаються як ідеальні виконавці.

Спираючись на методологію системного аналізу, теорії прийняття рішень, критерії раціональності і цілеспрямованості систем вироблення рішень, а також постулати теорії кваліметрії і задоволеності, було розроблено структурну модель ергономічної системно-інформаційної кваліметрії особливостей прояву людського чинника під час прийняття рішень судноводіями, яка подана на рис. 2. Зазначена модель враховує особливості фізичної суті досліджуваних процесів, акцентує увагу на кваліметрії прояву характерних показників впливу людського чинника на процеси прийняття рішень і утворюється трьома такими модулями:

- 1) загальне управління системою;
- 2) етапи управління та прийняття рішень, що здійснюються судноводіями в процесі професійної діяльності;
- 3) системно-інформаційна ергономічна кваліметрія.

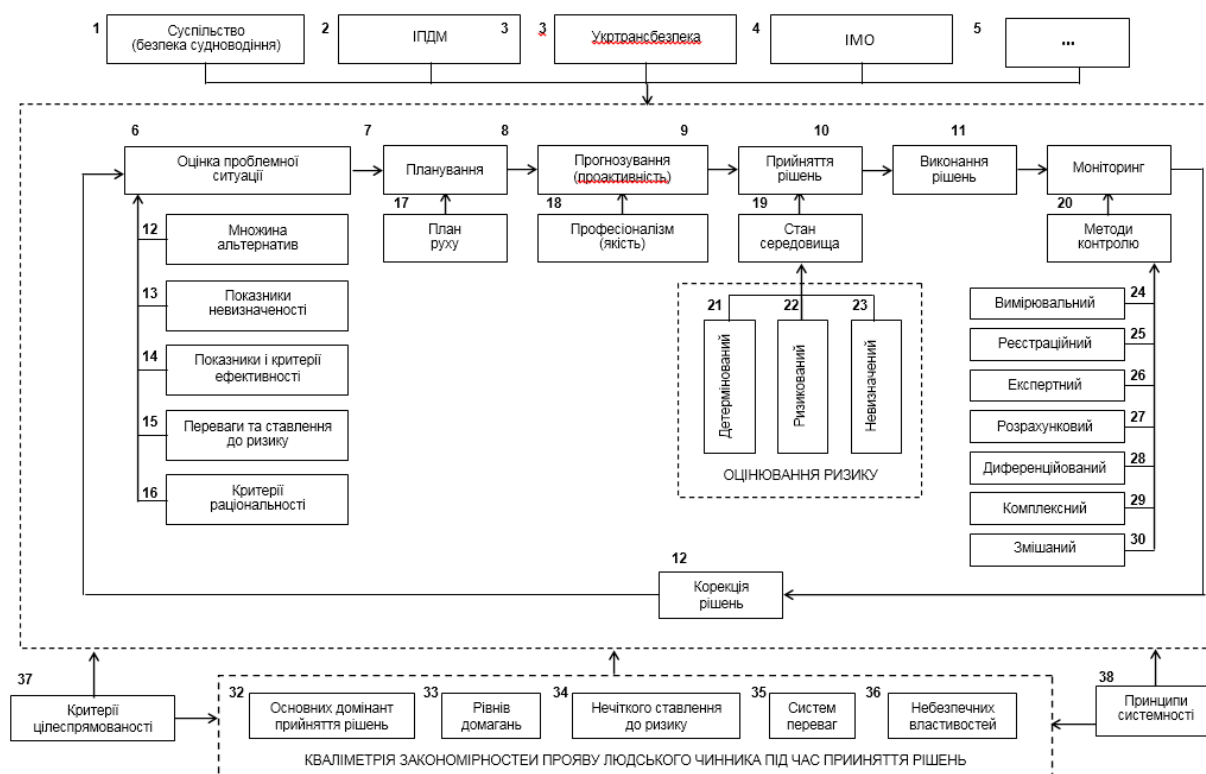


Рисунок 2 – Структурна модель системно-інформаційної кваліметрії професійної діяльності судноводіїв

Особливістю показників, вимірюваних за допомогою наших пропозицій (рис. 1, 2), є їх проактивність, що має позитивний вплив на уявлення судноводіїв щодо правильного ставлення до небезпечних дій або умов професійної діяльності. Особливо підкреслимо, що ці показники мають мати добре зрозумілий і фізично вимірюваний сенс. Адже в такому разі з урахуванням результатів досліджень [6; 9; 10] відкривається перспектива розв'язання матриці екстремальності (ризиків) за допомогою нової методології.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ермаков, С. В. Превентивное регулирование человеческого фактора в морском судовождении // С. В. Ермаков // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова, 2016. № 5. - С. 39-50.
2. 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.
3. Эдвардс У. Принятие решений // Человеческий фактор. В 6-ти т. - Т. 3. Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов. – Часть I. – Модели психической деятельности / У. Эдвардс. – М. : Мир, 1991. – С. 5-89.
4. Бень, А. П. Человеческий фактор при принятии решений в судовождении и пути снижения его влияния [Текст] / А. П. Бень, И. В. Паламарчук //Науковий вісник ХДМА, 2015. - № 1. – С. 4-9.
5. Ходаков В. Є. Вступ до комп'ютерних наук / В. Є. Ходаков, Н. В. Пилипенко, Н. А. Со-колова : навч. посіб. ; за ред. В. Є. Ходакова. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 496 с.

6. Рева, О. М. Сучасні проблеми людського чинника в авіації : навч. посіб. [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін; під ред. О. М. Реви. – К. : УкрІНТЕІ, 2018. – 124 с.
7. LUL (2007) Integration of Human Factors into Systems Development , London Underground Ltd, Standard 1-217 v. A1, Oct 2007, LUL/WN/00834
8. Safety Management Manual (SMM): DOC ICAO 9859 – AN/460. -. Montreal, Canada, 2013.
9. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО [Текст] / А. Н. Рева, В. И. Вдовиченко, С. П. Борсук [та ін.] // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: IV Всеукр. наук.-практ. конф. – Херсон, 9-11 жовтня 2013 р., - Херсон : ХДМА, 2013. – С. 334-338.
10. Ставлення авіаційних операторів «переднього краю» до небезпечних дій або умов професійної діяльності – головний чинник забезпечення безпеки польотів [Текст] / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін [та ін.] // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., - Херсон, 24-26 травня 2016 р., – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 90-97

ВЫБОР МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО-КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ

Сало Н.А., Землянський А.В., Унгул І.Ю.

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

Основной задачей гражданской авиации является обеспечение безопасности полётов. Хотя принимаются необходимые меры, всё же авиационные происшествия и предпосылки продолжают иметь место, в том числе по вине специалистов УВД. Несмотря на то, что одной из задач органов УВД является предотвращение инцидентов в воздухе, по вине работников службы движения происходит большинство опасных сближений (ОС). Одной из важнейших причин ОС являются случаи, когда диспетчер принимает ответственные решения по прогнозированию и определению конфликтов между ВС и по разведению на основе неполной информации. Усугубляется такое положение ещё и тем, что решение принимается в условиях дефицита времени. При этом вполне возможны ошибки. Наиболее опасной является ошибка, когда диспетчер интуитивно считает, что ситуация потенциально неконфликтна, в то время, как она в действительности конфликтна. Диспетчер принимает решение о пересечении занятого эшелона и, как следствие, происходит нарушение интервалов. Понятно, что интуитивный подход к решению столь ответственных задач в УВД не приемлем. В практике УВД по стандартам и рекомендациям ИКАО применяется процедура выдачи диспетчерских разрешений, которая предполагает и проведение разного рода расчётов для определения бесконфликтной траектории движения ВС в зоне УВД. Для этого диспетчеры должны быть соответствующим образом подготовлены к выполнению простейших расчётов таких элементов полёта, как расчётное время пролёта пунктов обязательных донесений, расчётное расстояние или интервал времени между ВС в различных точках воздушного пространства или в различные моменты времени и т.д.

Все эти диспетчерские расчёты необходимы для выполнения важнейшей специфической для диспетчера функции- прогнозирования воздушной обстановки. Точность прогноза- одно из важнейших требований к профессиональной подготовке диспетчеров.

Конечным результатом изучения данной методики должны быть не только правильные решения. Вопрос о том, каким технологическим способом диспетчер придёт к таким решениям, должен решаться в зависимости от его индивидуальных способностей к реализации того или иного способа. Поэтому в настоящей методике приводится ряд способов прогнозирования потенциально конфликтных ситуаций (ПКС), выбор из которых должен сделать диспетчер. Методика носит рекомендательный характер и имеет целью помочь диспетчеру в правильном прогнозировании ПКС.

Мы проводим исследование, главной задачей которого является определение метода определения предпочтительного способа решения потенциально-конфликтной ситуации при встречном движении воздушных судов в горизонтальной плоскости. Прежде всего, она требует определиться, каким образом мы будем исследовать такие методы, и уже на основании данного исследования выбирать предпочтительный метод. Поэтому одной из первых поставленных нами задач стала задача анализа предыдущих наработок в этом направлении.

Как выяснилось в процессе работы, существующая классификация потенциально-конфликтных ситуаций (ПКС) Укрэзрорух усложняет ее применение в автоматизации процессов при тренажерной подготовке. Поэтому мы решили использовать классификацию, впервые описанную и предложенную в работе Неделько А.В., которая строилась с учетом требований к ее применению в тренажерах для авиадиспетчеров (таблица 1).

Таблица 1 – Комбинации вариантов изменения положения ВС при различных классах конфликтных ситуаций

	Попутное движение	Без изменения	Встречное движение
Попутное движение	A	B	C
Без изменения	D	-	E
Встречное движение	F	G	H

Проанализировав предыдущие работы по теме смежных исследований, мы выяснили, что для определения предпочтительных способов решения потенциально-конфликтных ситуаций преимущественно использовались следующие методы:

Экспертный опрос - разновидность опроса, в ходе которого респондентами являются эксперты — высококвалифицированные специалисты в определенной области деятельности. Метод подразумевает компетентное участие специалистов в анализе и решении рассматриваемой проблемы. Надёжность оценок и решений, принимаемых на основе суждений экспертов, достаточно высока и в значительной степени зависит от организации и направленности процедуры сбора, анализа и обработки полученных мнений. Принципиальное значение имеет возможность обеспечения «равноправия» специалистов различных направлений, различного уровня компетентности с учётом специфики исследуемой проблемы. Для целей нашего исследования был выбран вариант очного опроса в виде свободного интервью экспертов. Свободное интервью экспертов имеет «разведывательную» цель и чаще используется, когда необходимо более точно представить проблему, уточнить некоторые нюансы, чётче интерпретировать употребляемые понятия и наметить основные направления исследования. Такой вариант подходит для задачи определения методов формирования упражнений;

Анализ результатов выполненных упражнений – выявление ПКС заданного класса и анализ успешности методов. Этот метод включает в себя разбор и обработку ранее проведенных экспериментов, выявление закономерностей, связей при решении ПКС данного класса конкретными способами, оценку эффективности методов, формулировку результатов для дальнейшего использования в исследовании;

Экспериментальная проверка – выполнение упражнений с заданным классом ПКС и применением выбранных методов решения ПКС. Данный вид эксперимента позволяет нам обнаружить достоверные факты и произвести их накопление. Кроме того, он имеет ряд преимуществ, которые актуальны для нашего исследования: возможность изучения процесса в «чистом виде», возможность исследовать свойства в экстремальных условиях, повторяемость.

Разница между вторым и третьим способами заключается в том, что для экспериментальной проверки готовились специальные упражнения с конфликтами выбранного класса и эксперты решали конфликтную ситуацию заранее заданными методами, а при анализе результатов выполненных упражнений использовались записи выполнения упражнений курсантами во время практических занятий.

В зависимости от типа ПКС, воздушной обстановки, рабочего места, профессиональной подготовки и опыта, диспетчер УВД может применять различные

способы решения. В своей профессиональной деятельности авиадиспетчеры используют такие способы:

- изменение вертикальной скорости;
- изменение горизонтальной скорости;
- изменение курса;
- изменение высоты;
- обеспечение бокового эшелонирования.

Исходя из конкретной сложившейся ситуации, диспетчер может использовать один или несколько вышеупомянутых способов решения ПКС одновременно. В любом случае, нужно понимать, что обслуживание воздушного движения есть обслуживанием, и при выборе того или иного способа решения ПКС следует учитывать интересы клиентов – авиакомпаний. Нужно обеспечить не только безопасность воздушного движения, но и его эффективность, понимать, что в интересах авиакомпаний и пассажиров безопасно долететь к месту назначения как можно быстрее (по кратчайшей траектории) и экономнее (на крейсерском эшелоне).

Стоит отметить, что независимо от выбранного способа, наибольшая эффективность решения ПКС достигается при использовании разделенных наземно-бортовых систем. К тому же, применение многоуровневой метрики ситуаций во время анализа конфликта дает возможность регламентировать разделение ответственности за обеспечение эшелонирования между наземной частью (диспетчером УВД) и бортовой (пилотом), а также снизить уровень ложных тревог.

Рассмотрим первый метод на примере работы Фисенко, который исследовал определение предпочтительного способа решения ПКС с догоном в горизонтальной плоскости. В экспертном опросе участвовали 39 экспертов, в качестве которых выступили действующие диспетчера службы движения и инструкторский состав тренажерного центра Львовского РСП Укрэроура. Минимальный опыт работы экспертов, принимавших участие в опросе, составил 4 года самостоятельной работы. Анкетирование проводилось анонимно. В результате была получена следующая выборка по предпочтительным методам решения ПКС:

- Для ситуации при достаточном времени до начала КС:
 - Изменение скорости одному ВС;
 - Изменение высоты одному ВС;
 - Создание бокового интервала векторением одного ВС.
- Для ситуации при крайне ограниченном времени до начала КС:
 - Изменение высоты одному ВС;
 - Изменение скорости одному ВС;
 - Создание бокового интервала векторением одного ВС.

Также в работе Фисенко применялся метод анализа результатов выполненных упражнений, в котором использовались данные, которые были собраны в результате проведения учебных занятий курсантов пятого курса. В списке учебных задач присутствуют четыре задачи, в которых отрабатываются навыки решения задач по догонам. Кроме того практически в каждой учебной задаче присутствуют запланированные потенциально-конфликтные ситуации, в которых моделируется ситуация нужного класса ПКС.

В результате практического эксперимента (анализ ранее выполненных упражнений) были сделаны следующие выводы:

Первый и второй указанные методы практически одинаково подходят для решения указанной ПКС.

Метод изменения высоты полета более предпочтителен по сравнению с методом изменения скорости, т.к. требует меньше внимания на его отслеживание и обладает большей наглядностью (отображение эшелона полета на формуляре сопровождения).

Метод векторения для создания бокового интервала эшелонирования лучше всего подходит для ситуаций, где может быть применено спрямление маршрута полета одному из ВС.

Указанные выводы совпадают с результатами экспертного опроса.

Третий метод – экспериментальная проверка – использовался в работах Яковенко. Экспериментальная проверка полученных в результате 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. Приоритетность методов решения ПКС, полученная в результате проведения практической проверки и экспертного опроса практически совпадают.

Таким образом, можно сделать выводы, что все перечисленные методы определения предпочтительных способов решения ПКС приводят к схожему результату. Поэтому вышеперечисленные методы можно использовать как по отдельности, так и в различных комбинациях. Более того, методы можно использовать в качестве проверки достоверности друг друга.

МОДЕЛЬ ХОЛОДНОГО ФРОНТА ПЕРВОГО РОДА ДЛЯ АВИДИСПЕТЧЕРСКИХ ТРЕНАЖЁРОВ

Сорока М.Ю., Мушин А.А.

Летняя академия Национального авиационного университета
(Украина)

В формировании навыков и умений управления воздушным движением в системе обучения и переподготовки персонала ОВД существенное значение имеет диспетчерская тренажерная подготовка. Особенно важное место занимают занятия на тренажерах при отработке деятельности в критических и аварийных ситуациях или при попадании ВС в опасные для полета метеорологические явления, так как моделировать такие ситуации на реальных рабочих местах, во-первых, проблематично, а, во-вторых, запрещено.

В 2017 году в «Киевцентраэро» был установлен новый диспетчерский тренажер производства итальянской фирмы Leonardo, который полностью воспроизводит рабочие места существующей автоматизированной системы управления воздушным движением и позволяет выполнять тренировки специалистов ОВД на десяти рабочих местах одновременно с современной системой воспроизведения радиолокационной и речевой информации. Новый тренажер имеет пять рабочих мест для тренировки специалистов районного диспетчерского центра и диспетчерского пункта подхода, два рабочих места для тренировки диспетчеров аэродромной диспетчерской вышки и десять рабочих мест псевдопилотов. Тренажер рассчитан на одновременную тренировку по 4 упражнения, поддерживает до 6 сценариев структуры воздушного пространства с возможностью имитации информации наблюдения, получения потока данных полетной информации и полной имитацией взаимодействия секторов. Функциональность тренажера позволит проигрывать одну и ту же ситуацию несколько раз в различных комбинациях входных данных.

В тренажерной подготовке очень важным является то, чтобы все выглядело как в реальности: границы надвигающегося шторма, осадки, обледенение, болтанка и другие погодные явления. Авиационная метеорология является неотъемлемой составляющей в подготовке авиадиспетчеров. Поэтому детализация всех ОЯП, согласно статистике об авиационных происшествиях, важна в тренажерной подготовке диспетчера УВД.

В нашей работе мы решили проанализировать холодный фронт первого рода с соответствующими ему метеорологическими явлениями (рис. 1). Холодные фронты первого рода - медленно движущиеся или замедляющиеся фронты, которые чаще всего наблюдаются на периферии циклонов или антициклонов. В этом случае теплый воздух медленно восходит вверх по вторгающемуся под него клину холодного воздуха.

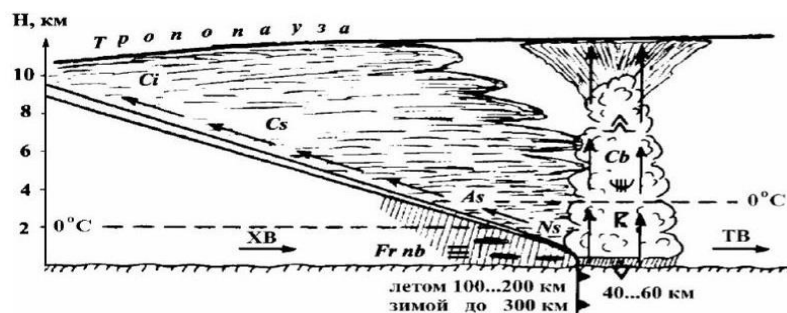


Рисунок 1 – Схема облачности холодного фронта 1-го рода

Вследствие этого над зоной раздела образуются сначала слоисто-дождевые облака (Ns), переходящие на некотором расстоянии от линии фронта в высоко-слоистые (As) и перисто-слоистые (Cs) облака. Осадки начинают выпадать у самой линии фронта и продолжаются после его прохождения. В теплое время года в передней части такого фронта создаются благоприятные условия для образования мощных кучево-дождевых облаков (Cb), из которых выпадают ливневые осадки, сопровождающиеся грозами, шквалами, и смерчами, сильным обледенением и сильной болтанкой.

Ветер перед самым прохождением фронта поворачивает к нему, т.е. делает поворот влево. После прохождения фронта давление начинает расти, ветер круто поворачивает вправо. Если фронт располагается в хорошо выраженной ложбине, то поворот ветра иногда достигает 180°; например, южный ветер может смениться северным (рис. 2).

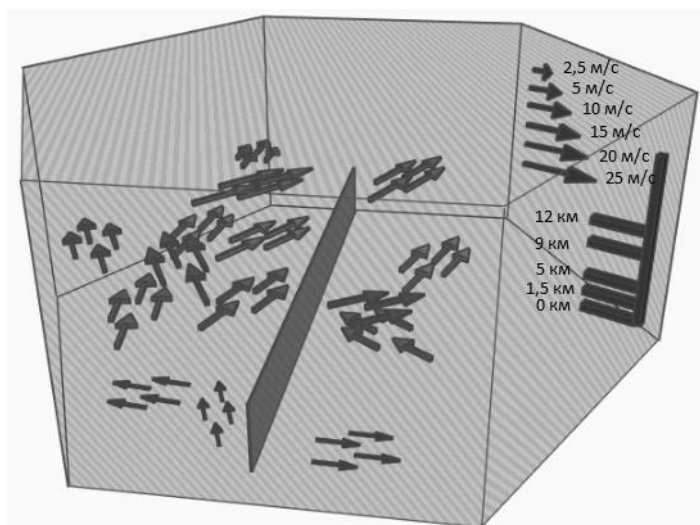


Рисунок 2 – Модель скорости и направления ветра

Холодный фронт 1-го рода сопровождается сильным обледенением, что может привести к резкому ухудшению аэродинамических и летных характеристик самолета из-за изменения формы обтекаемых воздушным потоком различных его частей, особенно крыльев и оперения. В результате возрастает лобовое сопротивление, уменьшается подъемная сила, увеличивается потребная тяга и уменьшается избыток тяги двигателей, увеличивается масса самолета. Это приводит к уменьшению вертикальной скорости набора высоты, снижению потолка и максимальной скорости, увеличению расхода топлива, ограничению маневренных возможностей самолета и ухудшению его посадочных характеристик. В случае сильной болтанки при пересечении вихрей самолет подвергается воздействию их вертикальных и горизонтальных составляющих, представляющих собой отдельные порывы, отчего нарушается равновесие аэродинамических сил, действующих на самолет, и возникают добавочные ускорения, вызывающие вредные перегрузки, так же болтанка может привести к структурным повреждениям ВС. При наличии грозовой деятельности полеты опасны по следующим основным причинам: из-за интенсивной турбулентности в Cb и в непосредственной близости от них; из-за возможности поражения самолета молниями и градом; крупные сравнительно однородные потоки (струи) приводят к изменению высоты полета на несколько десятков метров. При полете в зоне грозы часто отказывают многие аэронавигационные приборы и нарушается радиосвязь.

Мы провели анализ ХФ 1-го рода и сделали схему взаиморасположения метеополлигонов в районе РДЦ «Север» аэропорта «Харьков учебный» (рис 3).

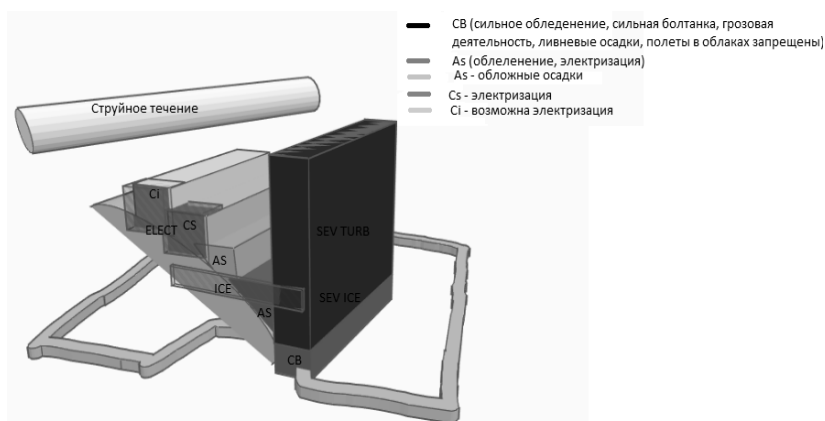


Рисунок 3 – Схема взаиморасположения метеополлигонов в районе РДЦ «Север» аэропорта «Харьков учебный»

Разработав модель ХФ 1-го рода и алгоритмы реализации развития различных метеорологических явлений, сопровождающихся ХФ 1-го рода на моделирующем комплексе, авиационные диспетчера получают возможность проходить подготовку с более высоким уровнем реалистичности отображения динамической воздушной обстановки, что в свою очередь позволит повысить качество подготовки авиадиспетчеров.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бодрунов С.Д. Концепция развития и совершенствования технических средств подготовки и обучения авиационных специалистов/Тренажерные технологии и обучение: новые подходы и задачи: сб. Междунар. конф. – М.: ЦАГИ, 2013. – С. 16–27.
2. Лещенко Г.П. Авиационная метеорология: Учебник.- Кропивницкий: ЛА НАУ, 2017. – 494 с.
3. [Электронный ресурс]: <http://uksatse.ua/index.php?act=Part&CODE=320>.

СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ КОМПЛЕКСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Худяков І.В., Грицук І.В., Погорлецький Д.С., Манжелей В.С.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Основою автоматизованої адаптивної системи є база даних про автомобіль. Вона являє систему взаємопов'язаних таблиць. У ній розміщується інформація різного роду і тому вона базується на системі управління базами даних – Microsoft Access, що забезпечує відносно просте створення і коригування бази даних.

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

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

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

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

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

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

ЛІТЕРАТУРА

1. Волков В.П., Грицук І.В., Грицук Ю.В., Волков Ю.В., Володарець М.В. Інформаційні системи моніторингу технічного стану автомобілів. – Харків: ХНАДУ, 2018. – 300 с.
2. Організація баз даних: практичний курс : Навч. посіб. для студ. / А. Ю. Берко, О. М. Верес; Нац. ун-т «Львів. Політехніка». - Л., 2003. - 149 с.
3. Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку: Монографія / Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А.М. Редзюка. –К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2005. – 400 с.

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

СЕКЦІЯ:

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

USE OF INFORMATION MODELING SYSTEMS FOR THE CREATION AND TESTING SHIP'S CONTROL SYSTEMS

Bondarchuk A.K., Bondarchuk O.K., Zinchenko S.M., Ishchenko M.P.
Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)

Introduction. Modern ships are increasingly equipped with computer software systems (digital control systems). The use of digital control systems increases their reliability, accuracy and flexibility as well as gives them new opportunities like use of complex mathematical device. In addition, automatic systems are much cheaper than traditional ones with the crew. Taken into consideration this, a number of European companies and research organizations in the next two decades are planning to automate the seagoing vessels completely [1; 4; 5].

The use of a complex mathematical apparatus in the control systems algorithms requires their preliminary testing to ensure the correct functioning of the system. Previously, working out of control systems was carried out mainly in aviation and space industries. With the advent of new technologies, in particular, simulators, appeared the possibility of using these systems not only for the direct purpose – the development of skills in steering mobile objects, but also for the development of highly intelligent control systems by such objects.

Relevance of research. The use of simulator equipment in a closed scheme with imitation control system equipment (system blocks, data exchange programs, software modules of the control system) is a very relevant area, which allows getting a platform for researching development of highly intelligent traffic control systems. It is very relevant taking into account modern global trends about full automation the processes of vessel management in the next 10-20 years.

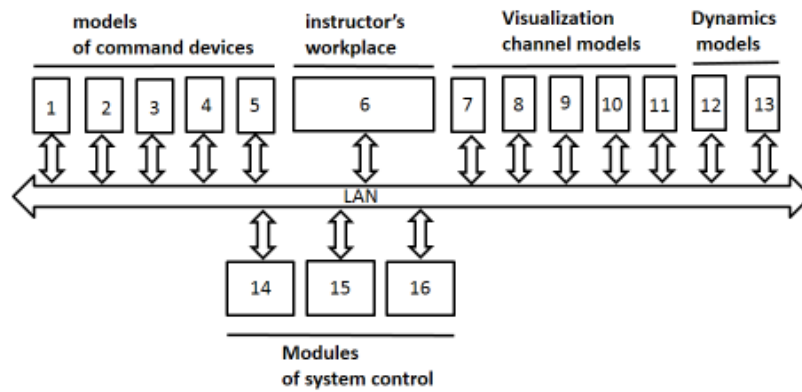
Problem statement. The structural scheme of the simulation modeling stand is shown in picture 1.

The exchange of data between the simulator equipment and the imitation equipment of the control system and the primary assessment of information is organized in the developed data exchange program. The data exchange program is located in one of the blocks of simulation control system, provides data exchange on the local network using the COM port emulator and NMEA protocol [2].

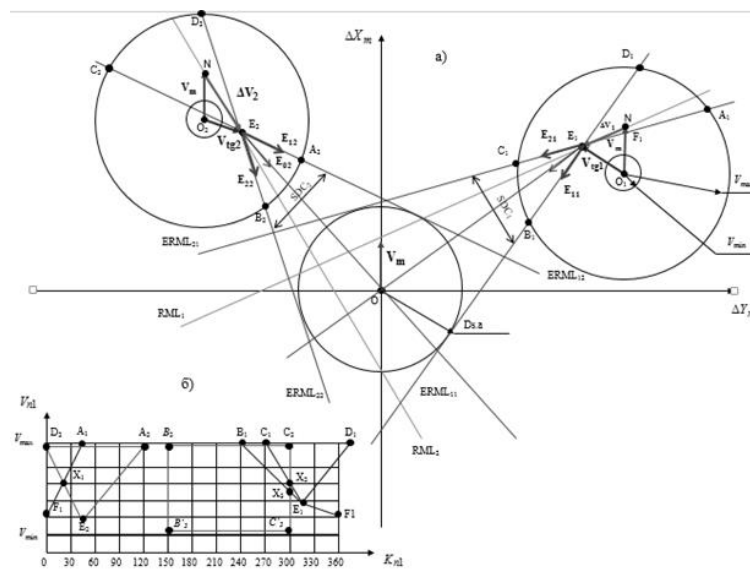
For the practice of the modeling stand was created mathematical, algorithmic software for module of the «automatically passing with dangerous targets» in accordance with the received patent №129699 to the useful model «Method of passing with dangerous targets» [3].

The method involves the numerical construction in onboard calculator with a period ΔT information processing, areas of admissible steering in case of passing with all targets, including maneuvering targets, further choice from the built area with parameters of passing with dangerous targets. Area of admissible steering - it is a zone where any spot (V_{n1} , K_{n1}) is permissible for passing with all targets simultaneously. An area is found by combining the areas of admissible steering for each target separately

$$\Omega = \Omega_1 \cap \Omega_2 \cap \dots \cap \Omega_{N_{tg}}$$



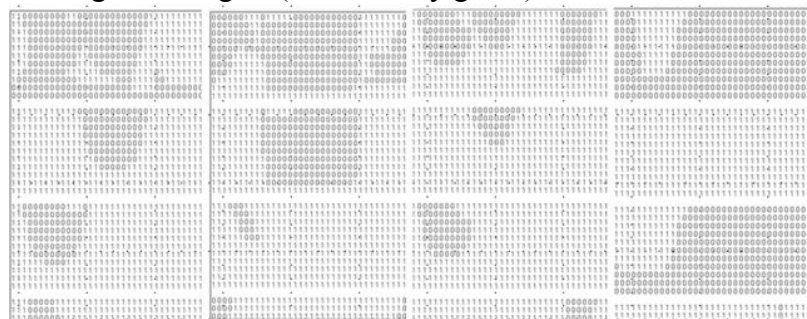
Picture 1 – Structural scheme of the simulation modeling stand



Picture 2 – Method of passing with dangerous targets

For checking working conditions of modeling stand were created tasks (selected area of sailing, our personal ship – container vessel, created five dangerous targets, for all of targets were added speed and different courses, which making them dangerous to our container vessel. Also were added weather conditions).

Picture 3 shows the areas of admissible steering built in the on-board controller with automatic passing with dangerous targets (indicated by green).



Picture 3 – Areas of admissible steering

As can be seen from the above pictures, the shape and size of the allowed areas are constantly changing. This happens due to a change in the mutual position of the vessel and the targets, also due to maneuvering of targets.

Conclusion. The results of the research showed that the created simulation stand can be used as a platform for creating and testing high-intelligence ship control system.

REFERENCES

1. Inmarsat signs up for Rolls – Royce's autonomous ship project. Material zhurnala Splash/. Access mode: <https://splash247.com/inmarsat-signs-up-for-rolls-royces-autonomous-ship-project/>.
2. Navi -Trainer Professional 5000 (version 5.35), Technical description and installation manual, Issue Date: October 2014.
3. Pat. №129699 Ukraïni na korisnu model', MPK (2018/01) V63V 49/00 Sposib rozhodzhennja z nebezpečnimi ciljami/ Zinchenko S.M., Ljashenko V.G., Matejchuk V.M. ; vlasnik Hersons'ka derzhavna mors'ka akademija. – № u 2018 04610; data pod. 26.04.2018; published 12.11.2018, Bjul. № 21.
4. Project of MUNIN: Robotizovani sudna mozhut' z'javitisja vprodovzh 20 rokiv. Informacija novinnogo portalu «Klub logistiv». Access mode: <http://www.logists.by/news/view/Proekt-MUNINrobotizirovannye-syda>.
5. U Rosii do 2021 roku z'javljat'sja sudna bez ekipazha. Material gazetı «Visti». Access mode: <http://izvestia.ru/news/592013>.

ДИАГНОСТИКА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ K6S310DR

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

*Одесский национальный морской университет
(Украина)*

В практике эксплуатации и ремонта тепловозных дизелей нередко случаи выпуска дизеля в эксплуатацию после ремонта с не до конца устранённым набором дефектов топливной аппаратуры высокого давления, цилиндропоршневой группы и механизма газораспределения и достаточно большой (7–10 %) неравномерностью распределения мощностей по цилиндрам. Известно, что в процессе эксплуатации, особенно в условиях частых изменений нагрузок, число эксплуатационных дефектов увеличивается. Трудно выявляемые дефекты топливной аппаратуры, цилиндропоршневой группы и механизма газораспределения приводят к неравномерному распределению мощностей по цилиндрам, повышению общего уровня вибрации, существенному повышению удельного расхода топлива и еще большему выбросу сажи и вредных веществ на переходных режимах. При этом плановые ремонтные работы не всегда устраняют все имеющиеся на двигателе дефекты потому, что, во-первых, отсутствует детальная картина дефектов отдельных узлов перед ремонтом и, во-вторых, отсутствует параметрический контроль состояния топливной аппаратуры высокого давления, цилиндропоршневой группы и механизма газораспределения после проведения ремонтных работ.

Актуальной является задача эффективной и достоверной диагностики технического состояния узлов двигателя перед проведением ремонтных работ для точной детализации объёма предстоящего ремонта. А также последующий контроль качества проведенных ремонтных работ, в результате которого могут быть выявлены оставшиеся неустранённые дефекты. После устранения дефектов необходимо равномерно распределить нагрузку между цилиндрами, что должно производиться выравниванием средних индикаторных давлений P_i (MIP) при допустимых отклонениях P_z , давлений в конце сжатия P_c и температур выпускных газов T_{exh} .

Исследования рабочего процесса, проведенные сотрудниками кафедры СЭУ и ТЭ Одесского национального морского университета, показали, что во время реостатных испытаний дизелей K6S310DR можно оперативно получать достоверную диагностическую информацию. Это производится с помощью параллельного анализа индикаторных диаграмм и вибродиаграмм топливной аппаратуры высокого давления, цилиндропоршневой группы и механизма газораспределения дизеля. Спектральный анализ виброакустических сигналов газотурбонагнетателя и аналитический метод устранения эффекта утечки мощности в дискретном спектре позволяет осуществлять оперативную диагностику уровня колебаний ротора газотурбонагнетателя.

Указанные методы, реализованные в системе DEPAS, разработанной специалистами Одесского национального морского университета, могут быть эффективно применены в практике эксплуатации тепловозных дизелей.

МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ, ЩО ШВИДКО ЗМІНЮЮТЬСЯ У ЧАСІ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАТЧИКІВ, ЯКІ МАЮТЬ ЧАСТОТНІ ВИХОДИ

Дранчук С.М.

Одеський національний морський університет

(Україна)

Завадський В.А.

Національний університет «Одеська морська академія»

(Україна)

Анотація: запропоновано метод моніторингу процесів, які швидко змінюються у часі, з використанням 8 датчиків, який заснований на вимірюванні частоти вихідних сигналів датчиків синхронним методом з дорахуванням на початку та в кінці періоду з дискретністю моніторингу не менш 8 мс. зі зберіганням результатів моніторингу у вигляді текстового файлу для послідувочого аналізу динаміки протікання процесу.

Ключові слова: моніторинг, динаміка, вимірювання частоти, мікроконтролер.

Вступ. В ряді наукових та технічних досліджень потребується проводити аналіз процесів, які протікають в об'єкті дослідження та швидко і динамічно змінюються у часі. Процес моніторингу у такому випадку повинен проходити дуже швидко з мінімально можливим інтервалом опитування у часі, тоді як аналіз динаміки протікання процесу у часі може бути виконаний після закінчення випробувань і необмежений часом.

В даній роботі пропонується метод проведення досліджень динаміки процесів, які протікають, наприклад, в корпусі судна, гребних валах та гвинтах при важких умовах плавання (шторм, зіткнення з льодом та ін.), при тестуванні тяги реактивних двигунів та деформації їх корпусу та ін..

Структурна схема моніторингу включає 8 резистивних тензометричних датчиків з аналоговим виходом у вигляді напруги. Для перетворення аналогового сигналу датчиків використовується аналогово-частотне перетворення у частоту в діапазоні 2...20 кГц з формою «меандр» за допомогою блоків аналогово-частотного перетворювання, які розташовуються поблизу датчиків. Блок збору даних (БЗД), який розташовується поблизу комп'ютера та на значній відстані від об'єкту дослідження, побудований на АТmega-128 та виконує цілий комплекс задач [1].

В даній роботі пропонується використовувати синхронний метод з дорахуванням на початку та в кінці періоду з послідовним визначенням фронту сигналів вхідної частоти. Після початку відліку часу опитування дозволяється визначати фронт сигналу вхідної частоти першого каналу по INT0, потім другого каналу по INT1 і т.д. до восьмого каналу. Це значно зменшує розкид вимірювання і підвищує точність визначення частоти (до 0,01 %).

Мінімальний час опитування при послідовному визначенні фронтів сигналів вхідної частоти визначається як:

$$T_{OIT \min} = (T_X + T_{NB} + T_{NE}) \cdot N_K = \left(\frac{1}{f_{\min}} + \frac{0,5}{f_{\min}} + \frac{0,5}{f_{\min}} \right) \cdot N_K, \quad (1)$$

де T_X – період вхідного сигналу;

T_{NB} , T_{NE} – період до визначення фронту вхідного сигналу на початку та по закінченню часу опитування, відповідно;

N_K – кількість вхідних каналів;

f_{\min} – мінімальне значення вхідної частоти.

Для інтервалу частот від 2 до 20 кГц та 8 каналів вимірювання мінімальний час опитування, який визначає дискретність процесу моніторингу, складає біля 8 мс.

Для тестування запропонованого методу на вхід кожного каналу вимірювання подавались тестові частотні сигнали на протязі 2 сек, які змінювались у часі кожні 10 мс. Експериментальні дослідження показали добре співпадіння між заданим законом зміни частоти у часі та заміряними даними (рис.1).

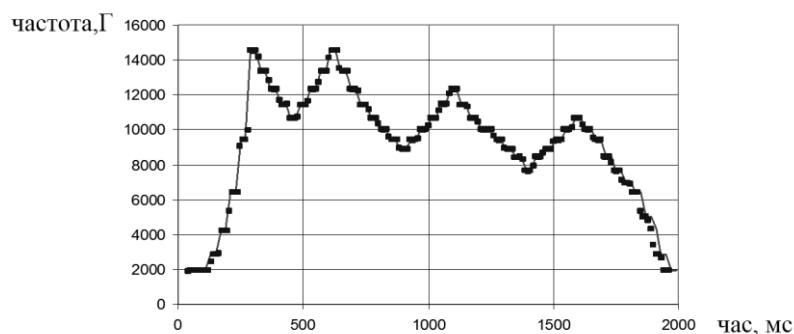


Рисунок 1 – Експериментальна перевірка запропонованого методу моніторингу динаміки процесів, які швидко змінюються у часі: точки – експериментальні заміри частоти; суцільна лінія – подана динаміка зміни частотного сигналу

Висновки. Запропонований метод моніторингу динаміки процесів, які швидко змінюються у часі, дозволяє проводити моніторинг від 8 датчиків з дискретністю не менш 8 мс зі зберіганням результатів моніторингу у вигляді текстового файлу для послідууючого аналізу динаміки протікання процесу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дранчук С.Н., Олейник М.А. Синхронный метод измерения частоты с досчетом в конце периода для частотных датчиков судового оборудования. Тезисы доклада в сб. Матеріали науково-методичної конференції «Актуальні питання судової електротехніки і радіотехніки». 14.12.2011 – 15.12.2011, Одеса: ОНМА, 2012, с.57-58.

2. В.А.Завадський, Р.Ю.Харченко, С.М.Дранчук Моніторинг процесів, які швидко змінюються у часі, з послідууючим аналізом результатів. Тези доклада на VIII науково-методичній конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» 5 - 6 грудня 2018 року, м. Одеса: НУ «ОМА», 2018, с. 92-96.

Abstract: the proposed method of monitoring processes, which are rapidly changing in time, using 8 sensors, which is based on the measuring sensor output signals frequency synchronous method with calculations at the beginning and at the end of the period with discreteness of monitoring does not less than 8 ms. storage of results of monitoring in the form of a text file for subsequent analysis of the dynamics of the flow of the process.

Keywords: monitoring, dynamic, measuring of frequency, microcontroller.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДИЗЕЛЯ ПО ТОЧКЕ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ НАРАСТАНИЯ ДАВЛЕНИЯ КРИВОЙ СЖАТИЯ

Ерыганов А.В.

*Одесский национальный морской университет
(Украина)*

Введение. Большая погрешность при аппаратном определении верхней мёртвой точки (ВМТ) индикаторной диаграммы дизеля привела к тому, что широкое распространение получили алгоритмические методы определения ВМТ [1]. Положение ВМТ вначале оценивают по предварительным алгоритмам, а затем дополнительно уточняют. При этом необходимо исследовать влияние протечек заряда через детали цилиндра-поршневой группы (ЦПГ).

Постановка задачи. Алгоритмическое определение ВМТ основано на том факте, что при «чистом сжатии» рабочего тела в цилиндре давление в ВМТ достигает своего максимума. При этом производная давления по углу поворота коленчатого вала (ПКВ) будет равна нулю [2]:

$$dP / d\varphi_{\text{ВМТ}} = 0. \quad (1)$$

Однако на участке сжатия индикаторной диаграммы эта точка, по сути, отсутствует, если сгорание в цилиндре происходит до ВМТ (что типично для подавляющего большинства дизелей). Также необходимо учесть влияние протечек рабочего тела через детали ЦПГ.

Свойства кривой сжатия рабочего тела

Принято, что на участке индикаторной диаграммы от начала сжатия до начала сгорания величины давления подчиняются закону политропного сжатия $PV^n = \text{const}$ [3].

Кривая политропного сжатия рабочего тела обладает следующим свойством: отношение производной давления любого порядка к самому давлению, инвариантно относительно давления. Это следует из того, что в уравнении политропного сжатия аргумент и функция легко разделяются: $P = \text{const} / V^n$. Поэтому при взятии производной m -го порядка по углу ПКВ от указанного выражения слева всегда будет только производная $P(m)$, а справа – только производная вида $(\text{const} / V^n)(m)$. В результате получаем:

$$P^{(m)} = \left(\frac{\text{const}}{V^n} \right)^{(m)} = \text{const} \left[(V^{-n})^{(m)} \right]$$
$$\frac{P^{(m)}}{P} = \text{const} \left[(V^{-n})^{(m)} \right] / \left(\frac{\text{const}}{V^n} \right) = V^n \left[(V^{-n})^{(m)} \right]. \quad (2)$$

Т. к. слева – выражение, зависящее только от геометрических размеров деталей кривошипно-шатунного механизма (КШМ), величины показателя политропного сжатия n и угла ПКВ φ , то из этого следует, что положение точек $P(m) = 0$ не зависит от давления.

Полученное решение позволяет разработать некоторые приложения к доказанному утверждению.

Приложения

1) Определение по индикаторной диаграмме объёма камеры сжатия. Приняты следующие допущения: а) частота вращения коленчатого вала известна и неизменна во времени; б) нагрузка двигателя постоянна; в) положение ВМТ определено. Запишем выражение для второй производной давления по углу ПКВ:

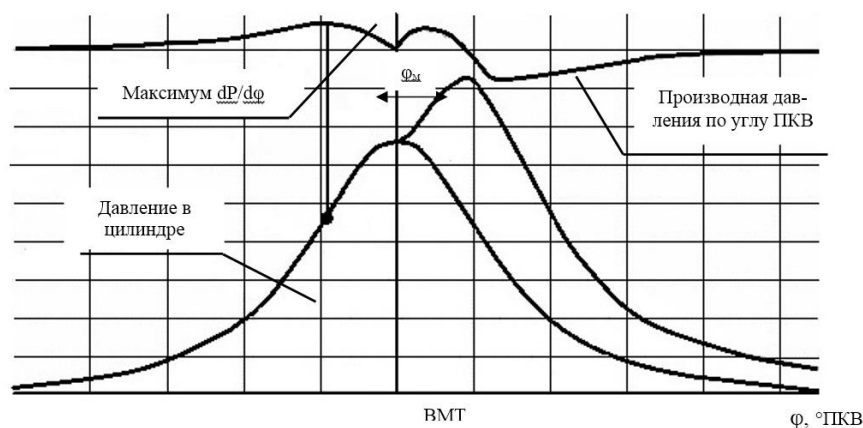


Рисунок 1 – Пример изменения давления в цилиндре и производной давления по углу поворота коленвала у судового малооборотного дизеля

$$P' = -\text{const} \cdot n \cdot V' / V^{n+1}$$

$$P'' = -\text{const} \cdot n \cdot V^{-(n+1)} \left(V'' - (n+1) \frac{(V')^2}{V} \right)$$

Запишем выражение (2):

$$\begin{aligned} \frac{P''}{P} &= \frac{-\text{const} \cdot n \cdot V^{-(n+1)} \left(V'' - (n+1) \frac{(V')^2}{V} \right)}{\text{const} \cdot V^{-n}} = \\ &= -\frac{n}{V} \left(V'' - (n+1) \frac{(V')^2}{V} \right). \end{aligned}$$

Рассмотрим его в точке максимума первой производной от давления по углу ПКВ.

Т. е. $P' \rightarrow \max$, $P'' = 0$, а значит и вся левая часть последнего выражения равна нулю. Угол ПКВ $\varphi = \varphi_M$, соответствующий последнему условию, определяется только геометрическими размерами деталей КШМ и величиной показателя политропного сжатия n . Обозначив индексом «М» величины, соответствующие углу ПКВ φ_M , получаем:

$$V_M = (n+1) \frac{(V'_M)^2}{V''_M}, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} V_M &= V_c + \frac{\pi D^2 S}{8} \left(1 + \frac{1}{\lambda} - \cos \varphi_M - \sqrt{\Phi_M} \right), \\ V'_M &= \frac{\pi D^2 S}{8} \left(\sin \varphi_M + \frac{\sin 2\varphi_M}{2\sqrt{\Phi_M}} \right), \\ V''_M &= \frac{\pi D^2 S}{8} \left(\cos \varphi_M + \frac{\sin^2 2\varphi_M + 4\Phi_M \cos 2\varphi_M}{4\Phi_M^{3/2}} \right). \end{aligned}$$

В этих выражениях: V_c – объём камеры сжатия, м³; D – диаметр поршня, м; S – ход поршня, м; λ – отношение длины шатуна к радиусу кривошипа, $\Phi_M = 1/\lambda^2 - \sin^2 \varphi_M$. Решив (3) относительно V_c , находим неизвестную величину – объём камеры сжатия.

2) Определение по индикаторной диаграмме положения ВМТ. Если при допущениях (а) и (б), упомянутых в приложении 1, уравнение (3) при известном объёме камеры сжатия V_c решить относительно угла φ_M , то станет известным положение точки $P' \rightarrow \max$

относительно ВМТ. Примечательно, что положение точки $P' \rightarrow \max$ станет известным ещё до начала индицирования.

3) Определение по индикаторной диаграмме положения ВМТ и объёма камеры сжатия. Зачастую к индицированию двигателя приступают при неизвестном V_c . В то же время, определить положение ВМТ из уравнения (3), не зная при этом V_c , попросту невозможно. Чтобы решить поставленную задачу (исходя из результатов индицирования, рассчитать положение ВМТ при неизвестном V_c), запишем выражение для первой производной давления по углу ПКВ, исходя из уравнения политропы сжатия (при этом приняты допущения (а) и (б) из приложения 1):

$$P'V + nPV' = 0$$

Для $\varphi = \varphi_m$ (т. е. в точке $P' \rightarrow \max$)

$$P'_m = -nP_m V'_m / V_m,$$

где P_m и P'_m – значение давления и его производной по углу ПКВ при $\varphi = \varphi_m$.

Запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} V_m = (n+1)(V'_m)^2 / V_m'' \\ P'_m = -nP_m V'_m / V_m \end{cases}$$

Для системы из двух уравнений имеем два неизвестных: 1) φ_m – угол, соответствующий точке $P' \rightarrow \max$; 2) объём камеры сжатия V_c .

Из системы получаем:

$$P_m = -(n+1)P'_m V'_m / (nV_m'')$$

Из этого уравнения можно определить угол φ_m . Подставив найденное значение φ_m в первое уравнение системы, получаем значение объёма камеры сжатия V_c .

Таблица 1 – Исходные данные для расчёта

Наименование двигателя	Конструктивные данные по двигателю						Данные, полученные экспериментально		
	Тактность	Частота вращения, мин-1	D, м	S, м	λ	ε	Угол φ_m , градусы	Давление P_m , бар	Производная давления по углу ПКВ P'_m , бар/°ПКВ
MAN-B&W 6S50MC	2	100	0,5	2,0	0,4878	18,1	-11,8	72,18	3,501
YANMAR 6EY18ALW	4	900	0,18	0,28	0,25926	15	-14	90,49	3,678
MAN 5L23/30	4	720	0,225	0,3	0,25	13	-15	56,86	2,127
JONA	4	900	0,32	0,4	0,25	15	-14	69,88	2,884

Значение n при предварительной оценке положения ВМТ можно брать, исходя из уже известных данных. Так, например, для широкого класса судовых дизелей считается, что $n \approx 1,37$.

В таблицах приведены результаты расчётов φ_m (угла, соответствующего точке $P' \rightarrow \max$) и теоретической степени сжатия ε ($\varepsilon = (V_c + V_s) / V_c$, где $V_s = \pi D^2 S / 4$) для

некоторых из двигателей; при расчётах для всех описанных приложений при расчёте неизвестных ε и φ_m показатель политропы сжатия n был принят равным 1,37

Таблица 2 Результаты расчёта

Наименование двигателя	Номер приложения, использованного для расчёта			
	1	2	3	
	Значение, полученное при расчёте неизвестной величины, с использованием указанного приложения			
	ε	$\varphi_m, ^\circ\text{ПКВ}$	ε	$\varphi_m, ^\circ\text{ПКВ}$
MAN-B&W 6S50MC	17,2	-11,7	18,1	-11,6
YANMAR 6EY18ALW	14,52	-14	15,4	-13,8
MAN 5L23/30	13,02	-15,2	13,3	-14,9
JONA	14,25	-14,2	15,9	-13,6

4. Влияние протечек на положение точки максимальной скорости сжатия

Система уравнений (первого закона термодинамики и состояния рабочего тела) для численного моделирования рабочего процесса приведена в [4]. Для установившихся процессов в качестве независимой переменной удобнее использовать угол ПКВ: Система уравнений для процесса сжатия с учётом протечек рабочего тела имеет вид:

$$\begin{cases} c_v G \frac{dT}{d\varphi} + c_v T \frac{dG}{d\varphi} = -P \frac{dV}{d\varphi} + \frac{\delta Q_w}{d\varphi} - i_3 \frac{dG}{d\varphi}; \\ \frac{dP}{d\varphi} V + \frac{dV}{d\varphi} P = R \left(\frac{dG}{d\varphi} T + \frac{dT}{d\varphi} G \right), \end{cases}$$

где $dGy/d\varphi = dG/d\varphi$.

- φ – текущий угол ПКВ, радиан;
- c_v – удельная массовая теплоёмкость газов в цилиндре при постоянном объёме, Дж/(кг·К);
- G – масса газов в цилиндре, кг;
- T – средняя температура газов в цилиндре, К;
- Q_w – количество теплоты, полученное газами в результате теплообмена со стенками цилиндра, Дж;
- P – давление газов в цилиндре, Па;
- V – текущий объём цилиндра, м³;
- i_3 – средняя удельная энтальпия газов в цилиндре, Дж/кг;
- G_y – масса воздуха, теряемого через поршневые кольца, кг;
- R – газовая постоянная смеси (287 Дж/(кг·К)).

При расчёте протечек рабочего тела применяют модель, состоящую из цилиндра, пространства между кольцами и подпоршневого пространства (для 2-хтактного) или картера (для 4-хтактного двигателя) (см. рис. 2).

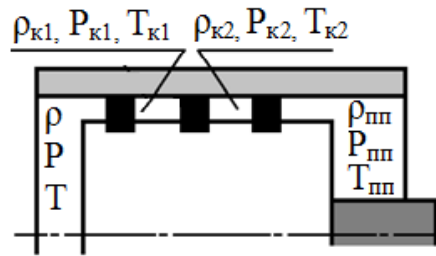


Рисунок 2 – Схема расчёта утечек из цилиндра

На рис. 2 $\rho_{пп}$, $P_{пп}$, $T_{пп}$ обозначены, соответственно, плотность, давление и температура рабочего тела в подпоршневом пространстве; ρ , P , T – плотность, давление и температура в цилиндре; $\rho_{к1}$, $P_{к1}$, $T_{к1}$ и $\rho_{к2}$, $P_{к2}$, $T_{к2}$ – те же параметры в пространствах между поршневыми кольцами.

Уравнения для количественного расчёта утечек имеют тот же вид, что и для расчёта параметров рабочего тела в цилиндре с тем лишь отличием, что в пространстве между кольцами не совершается работа:

$$\begin{cases} c_{v_i} G_i \frac{dT_i}{d\varphi} + c_{v_i} T_i \frac{dG_i}{d\varphi} = \frac{\delta Q_{wi}}{d\varphi} - i \frac{dG_i}{d\varphi}; \\ \frac{dP_i}{d\varphi} V_i = R \left(\frac{dG_i}{d\varphi} T_i + \frac{dT_i}{d\varphi} G_i \right); \\ \frac{dG_i}{d\varphi} = \frac{dG_{i,i-1}}{d\varphi} + \frac{dG_{i,i+1}}{d\varphi}. \end{cases}$$

Расходы газа через неплотности поршневых колец в этом случае определяются по уравнению истечения установившегося потока:

$$\frac{dG}{d\varphi} = \omega A_{\min} \sqrt{2 \frac{k}{k-1} P_{c1} \rho_{c1} (\beta^{2/k} - \beta^{(k+1)/k})} \quad (4)$$

для докритического истечения (при $\beta > \beta_{кр}$),

$$\frac{dG}{d\varphi} = \omega A_{\min} \sqrt{P_{c1} \rho_{c1} k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{(k+1)/(k-1)}} \quad (5)$$

для надкритического истечения (при $\beta \leq \beta_{кр}$),

где A_{\min} – задаваемая эффективная площадь проходного сечения поршневых колец, м²;

ω – угловая скорость вращения коленчатого вала двигателя, рад/с;

P_{c1} – давление в потоке газов перед проходным сечением, Па;

$\beta = P_{c2} / P_{c1}$ – отношение давлений за и перед проходным сечением;

ρ_{c1} – плотность газов до проходного сечения, кг/м³;

k – показатель адиабаты.

Критическое отношение давлений принимается равным

$$\beta_{кр} = \left(\frac{2}{k+1} \right)^{k/(k-1)}$$

Для двухтактного двигателя давление P_{c2} равно давлению в ресивере продувочного воздуха, а для четырёхтактного – давлению в картере.

Аналитически решить приведенные системы уравнений при ненулевых протечках не представляется возможным: геометрия объёмов, формируемых поршневыми кольцами и поршневыми канавками, сложна и зависит от многих факторов (угол ПКВ, температура и давление рабочего тела и т.д.). Кроме того, величина протечек рабочего тела $dG/d\varphi$ определяется износом поршневых колец, модельный расчёт которого требует наличия данных, неизвестных в подавляющем большинстве случаев. Иными словами – расчёт утечек рабочего тела в полной постановке крайне затруднён. Поэтому при моделировании

рабочего процесса зачастую задаётся эффективная площадь проходного сечения поршневых колец, принимаемая постоянной на всём протяжении модельного расчёта, как это сделано, например, в [5].

Адекватность математической модели рабочего процесса предварительно была проверена путём сравнения модельных и экспериментальных результатов для двухтактного двигателя MAN-B&W 6S26MC и четырёхтактного YANMAR 6EY18ALW. Затем рабочий процесс двигателей моделировался с учётом протечек, а именно задавалась эффективная площадь проходного сечения поршневых колец. Значения эффективных проходных сечений выбирались такими, чтобы давление сжатия снижалось на 2,5% и ниже относительно первоначального (т. е. при нулевых протечках). Выбор давления (а не массы заряда) в качестве контролируемой величины объясняется тем, что именно давление сжатия контролируется обслуживающим персоналом для того, чтобы оценить текущее состояние деталей цилиндропоршневой группы.

Ниже на рис. 3 приведено, соответственно, изменение давления сжатия P и скорости изменения давления сжатия $dP/d\varphi$ для двигателя MAN-B&W 6S26MC, а на рис. 4 – те же величины для двигателя YANMAR 6EY18ALW. На этих рисунках: P_0 и dP_0 – давление сжатия и его скорость изменения при нулевых протечках; P_2 и dP_2 – давление сжатия и его скорость изменения при эффективной площади протечек 4 мм²; P_4 и dP_4 – давление сжатия и его скорость изменения при эффективной площади протечек 16 мм²; P_6 и dP_6 – давление сжатия и его скорость изменения при эффективной площади протечек 36 мм².

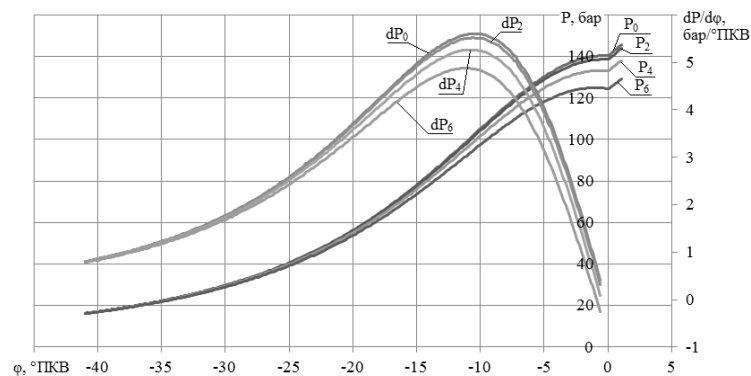


Рисунок 3 – Изменение давления сжатия и его скорости изменения для двигателя MAN-B&W 6S26MC

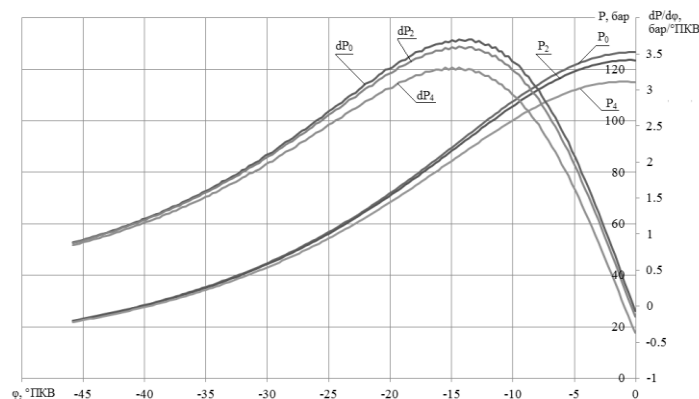


Рисунок 4 – Изменение давления сжатия и его скорости изменения для двигателя YANMAR 6EY18ALW

Заключення. В нормальних експлуатаційних умовах змінення показателя політропного стиснення не занадто велике. Таким чином, знаючи геометричні розміри деталей кривошипно-шатунного механізму двигача і використовуючи залежності з наведених додатків, можливо аналітично розрахувати попередні значення величин, які необхідні для точного визначення положення ВМТ індикаторної діаграми двигача. Так як сучасні діагностичні системи дуже точні (похибка алгоритмічного визначення положення ВМТ становить менше 0,1 °ПКВ [1]), тому визначити зміщення точки максимальної швидкості зростання тиску не становить зусиль. Наведені розрахунки показують, що положення точки максимальної швидкості зростання тиску є косвенним показником щільності деталей ЦПГ. Зручним при використанні цього показателя є те, що щільність ЦПГ може бути оцінена безпосередньо при індикаторуванні поза залежності від поточного значення тиску наддува, а значить і від тиску стиснення. Це, в свою чергу, дозволяє робити діагностичні висновки при різних значеннях кута початку стиснення (т. є. при різних кутах закриття вихлопного клапана), що важливо для т. н. «безраспределительных» двигачей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варбанец, Р.А. Діагностичний контроль робочого процесу судових дизелів в експлуатації [Текст]: дисс. докт. техн. наук: 05.05.03: захищена 06.05.2010: утв. 17.12.2010 / Роман Анатольевич Варбанец – Одеса: Одеська національна морська академія, 2010. – 314 с.
2. Nilsson Y. Determining TDC Position Using Symmetry and Other Methods [Електронний ресурс] / Y. Nilsson, L. Eriksson. - Режим доступу :
3. <http://papers.sae.org/2004-01-1458/>. – 08.03.2004 г.
4. Ваншейдт В.А. Судові двигачі внутрішнього згорання [Текст] / В. А. Ваншейдт. – Л.: Судостроєння, 1977. – 392 с.
5. Гончар Б.М. Численне моделювання робочого процесу дизелів [Текст]: дисс. докт. техн. наук / Б. М. Гончар – М.: Центральний науково-дослідницький дизельний інститут, 1969. – 280 с.
6. Мотыченков, Л.А. Математична модель для розрахунку витоків через поршневі кільця [Текст] / Л. А. Мотыченков // «Young Scientist» Technical Sciences. – 2016. – № 9 (113). – С. 217–223.

ИЗБЫТОЧНОСТЬ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАК КОЛИЧЕСТВЕННАЯ МЕРА МАНЕВРЕННОСТИ СУДНА

Зинченко С.Н., Носов П.С., Маменко П.П., Грошева О.А., Матейчук В.Н.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. Суда различного назначения и условий эксплуатации классифицируются по следующим основным признакам: по средству движения (самоходные и несамоходные); по способу движения (плавающие над водой, на поверхности воды или под водой); по состоянию корпуса (с жестким, эластичным, надувным корпусом); по основному материалу корпуса (стальные, из легких металлических сплавов, пластмассовые, деревянные, железобетонные, из эластичных материалов (нейлон) и композитные); по району плавания (морские, рейдовые и прибрежного плавания, внутреннего и смешанного плавания); по роду главной силовой установки, приводящей судно в движение (пароходы, теплоходы; электро-турбо-дизелеходы, газоходы); по типу движителя (винтовые, с крыльчатим движителем, водометные, с гребными колесами, парусные; весельные и т. п.); по специальному назначению (гражданские суда и корабли ВМС) [1].

В приведенном перечне отсутствует один из важных признаков классификации по избыточности управления, который обсуждается в настоящей статье.

Актуальность исследования. В работах [2-4] приведены различные средства активного управления (САУ), используемые на судах для повышения их маневренных возможностей. Однако, в этих и других работах маневренные возможности оценивались качественно. Известный ученый Д.И. Менделеев в своей работе «Основы метрологии» писал, что наука начинается там, где начинаются измерения. Поэтому, введение численного критерия оценки и оценка маневренных возможностей судов по данному критерию является актуальной научно – технической задачей.

Основная часть. В настоящей статье, в качестве такого критерия, использована степень избыточности по управлению – разница между количеством имеющихся управлений и количеством степеней свободы, подлежащих управлению. Данный критерий можно использовать для оценки маневренных возможностей судна а также способности адаптации управления. Степень избыточности по управлению определяется по следующей формуле $IU=NU-NS$, где NU - количество управлений, NS - количество степеней свободы, подлежащих управлению.

Судно имеет три степени свободы и, соответственно, три параметра, подлежащих управлению: продольное, боковое перемещение и угол рыскания. Количество управлений зависит от количества управляющих устройств (носового и кормового подруливающих устройств, азиподов, кормового руля, двигателей).

Результаты исследований. В таблице приведены данные по степени избыточности IU , полученные для различных типов судов. Первое значение IU определено для не маневренного режима, а второе значение IU определено для маневренного режима.

Тип судна	Тип двигателя	Тип движителя	Носовое ПУ	Кормовое ПУ	IU
Bulk carrier 6 (Dis.44081t)	Малооб.дизель (1x8002кВт)	ВФШ	Нет	Нет	-1=2-3 -1=2-3
Crude Oil Tanker 4	Малооб.дизель	ВФШ	Нет	Нет	-1=2-3

Тип судна	Тип двигателя	Тип движителя	Носовое ПУ	Кормовое ПУ	ПУ
	(1x13560кВт)				-1=2-3
Car Carrier 2 (Dis.19587t)	Малооб.дизель (1x11695кВт)	ВФШ	Есть	Нет	-1=2-3 0=3-3
MSC container ship 1 (Dis. 32025t)	Малооб.дизель (1x15890кВт)	ВФШ	Есть	Нет	-1=2-3 0=3-3
Shuttle tanker 1 (Dis.160529t)	Малооб.дизель (1x17400кВт)	ВРШ	Есть	Нет	-1=2-3 0=3-3
Container ship 22 (Dis. 191000t)	Малооб.дизель (1x71785кВт)	ВФШ	Есть	Есть	-1=2-3 1=4-3
River-sea ship 3 "Sormovsky"	Малооб.дизель (2x640кВт)	ВФШ	Есть	Нет	-1=2-3 1=4-3
Ro-Ro passeger farry 13	Ср.об.дизель (2x4000кВт)	ВРШ	Есть	Нет	-1=2-3 1=4-3
OSV 9 (Dis.5291t)	Ср.об.дизель (2x6166кВт)	ВРШ	Есть	Есть	-1=2-3 2=5-3
Passenger cruise ship 10 Common DP, Passenger cruise ship 10	Электромотор (2x17600 кВт) Азипод	ВФШ	Есть	Есть	1=5-3 4=7-3
Суда OSV 11, OSV 11 Common DP, OSV 11 Navis DP, OSV 11 АН, OSV 11 АН Common DP, OSV 11 АН Navis DP	Ср.об.дизель (2x3500кВт) Азипод	ВФШ	Есть	Есть	2=5-3 4=7-3
Semisubmersible 1 Semisubmersible 1АН, Semisubmersible 1АН Common, Semisubmersible 1АН Navis, Semisubmersible 1АН Common DP, Semisubmersible 1АН Navis DP	Выс.об.дизель (4x4100кВт) Азипод	ВФШ	Нет	Нет	6=9-3 6=9-3

Выводы. Как видно из приведенных результатов, часть судов имеет недостающее управление ($PU=-1$). Это означает, что системы управления на таких судах не могут обеспечить одновременную отработку всех параметров управления (например, бокового смещения и угла рыскания). В этом случае необходимо организовывать двухконтурное управление (последовательная отработка одного параметра, потом другого). Управление такими судами не оптимально с точки зрения энергозатрат.

Суда со степенью избыточности по управлению $PU=0$ обладают достаточным управлением. Системы управления таких судов позволяют оптимально управлять судном, в том числе и при наличии внешних возмущений, однако, не позволяют перераспределять управление внутри самой системы.

Суда со степенью избыточности по управлению $PU > 0$ обладают избыточным управлением. Системы управления таких судов позволяют не только оптимально управлять судном, в том числе и при наличии внешних возмущений, но и перераспределять управления внутри самой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация судов по общим основным признакам.
<https://flot.com/publications/books/shelf/chainikov/3.htm>
2. Вагущенко, Л.Л. Системы автоматического управления движением судна /
3. Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
4. Управление судном. Учеб. для вузов / С.И. Демин, Е.И. Жуков, Н.А.Кубачев и др.; Под ред. В.И.Снопкова. – М.: Транспорт. 1991 – 359 с.
5. Товстокорий О.М. Базові принципи маневрування судна. Навчальний посібник /О.М.Товстокорий. – Херсон: ХДМА, 2018. – 336 с.

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО КРИТЕРИЮ СЛОЖНОСТИ ПРИ ПОИСКЕ ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТИ

*Кондрашов К.В., Абрамов Г.С., Рожков С.А.
Херсонская государственная морская академи
(Украина)*

Введение. Безопасность мореплавания является главным требованием, предъявляемым к судам морского флота, и важнейшим условием их эффективной эксплуатации.

На современном этапе развития компьютерных технологий и автоматизации различных процессов, особое внимание уделяется расширению возможностей современных систем контроля и диагностики за судовыми устройствами. Особое внимание уделено повышению эффективности системы аварийно-предупредительной сигнализации (САПС) судна, основной задачей которой является контроль над стабильной работой всех судовых систем и предупреждение оператора в случае появления какой-либо неисправности [1,2,6]. Однако, несмотря на постоянные усовершенствования САПС судов и расширение их функций, статистика неисправностей судового оборудования показывает, что с ростом автоматизации и компьютеризации процессов, растёт и число отказов судовых систем.

Актуальность исследования. Успешное решение проблемы снижения аварийности морских судов в значительной мере определяется наличием новых подходов и методов как в повышении эффективности систем диагностики и предотвращении отказов судового электрооборудования, так и в быстром устранении возникших неисправностей. Актуальность работы обусловлена, в том числе, необходимостью повышения безопасности экипажа судна, а также возможностью повышения эксплуатационного срока работы судового электрооборудования.

Цель работы. Анализ отказов судового электрооборудования по критерию сложности при поиске причин неисправности. Нахождение среднего количества возможных решений, необходимых для восстановления работоспособности системы, в которой произошёл отказ; анализ работы современных судовых САПС, выявление причин, приводящих к снижению их эффективности.

Анализ литературных данных. В настоящее время наиболее активным направлением исследований являются системы диагностики и прогнозирования, предметная область которых связана именно с методами оценки надёжности и прогнозирования состояния судовых сложных систем. Анализ работ [3–5] показал, что достаточно широкая аудитория исследователей ставила перед собой задачу именно прогноза и предупреждения отказа судовых систем.

Основная часть. Любое современное судно представляет собой сложнейшую автоматизированную систему. Только слаженная работа всех систем судна, позволяет обеспечить как живучесть судна, так и безопасность всех членов экипажа. Для надёжной работы автоматизированных судовых систем и механизмов необходимо осуществлять непрерывный контроль. Эту функцию взяла на себя система аварийно-предупредительной сигнализации (САПС) судна, которая является неотъемлемой частью любого современного судна [7,8].

В современном мире все суда, независимо от типа и конструкции, оборудованы САПС. Очень хорошо зарекомендовали себя следующие системы: германская САПС “Norcontrol 8810”, популярная на контейнерном флоте; САПС “UMS 2100” датской фирмы “Lingso Marine”; САПС “Auto Chief –600” немецкой фирмы “Kongsberg”; САПС “Manager

301M”, популярная на танкерном флоте, российской компании ЗАО “Морские навигационные системы”.

Все современные САПС имеют одинаковую иерархическую структуру (рис.1), отличие состоит лишь в производителе электронных карт, модулей и протоколах взаимодействия.

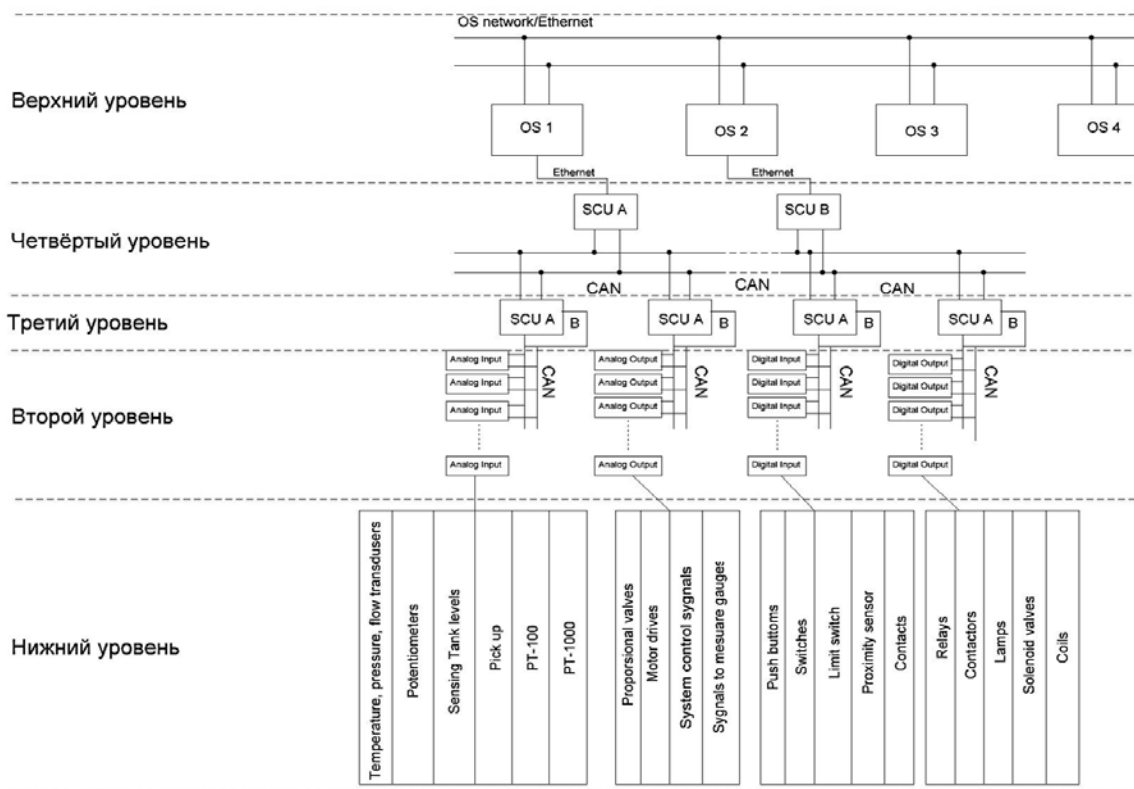


Рисунок 1 – Иерархическая структура САПС.

Структура САПС состоит из пяти уровней:

Нижний уровень – включает в себя датчики и исполнительные механизмы. Здесь происходит сбор информации о контролируемых параметрах судовых систем и объектов. На этом уровне также находятся исполнительные механизмы различных систем и устройств.

Второй уровень – включает в себя электронные модули аналогового и цифрового типа (AI/AO; DI/DO). Сюда поступают сигналы с нижнего уровня и переводятся в бинарный код для дальнейшей отправки на третий уровень. Здесь происходит коммутация пакетов информации, а также формирование сигнала для управления исполнительными механизмами, находящимися на нижнем уровне.

Третий уровень – включает в себя электронные модули типа SCU (segment controller unit), которые получают информацию от конкретных групп модулей второго уровня. Здесь происходит сегментация сигналов по группам и передача их в следующую CAN подсеть. Как правило, для повышения надёжности системы АПС, SCU карты дублируются (SCU A, SCU B).

Четвёртый уровень – включает в себя два сетевых маршрутизатора, которые коммутируют информацию с CAN подсети в LAN подсеть, в которой находятся главные контроллеры САПС.

Верхний уровень – включает в себя станции управления. На этом уровне происходит постоянная обработка поступающей информации с нижнего уровня. Оператор имеет возможность задавать команды для исполнительных механизмов нижнего уровня. С этого уровня производится доступ к параметрам и, при необходимости, изменение настроек.

Процесс работы любой современной САПС состоит из двух этапов:

1. приём информации (источники информации – датчики) о состоянии объекта и внешних условиях и преобразование ее в электрические сигналы для последующей обработки;

2. обнаружение в поступающей информации признаков отклонения параметров и формирование предупредительного или аварийного сигнала о наступлении этого события.

Сигналы от аналоговых/цифровых датчиков поступают на модули ввода/вывода, аналоговые или цифровые, соответственно. Далее сигналы обрабатываются и переводятся в бинарный код, который, например, по CAN шине через маршрутизатор поступает в блок главного процессора. Процессор обрабатывает поступившие данные и сравнивает их с допустимыми значениями для каждого конкретного параметра. Любое нарушение в состоянии агрегатов автоматических энергетических установок, от которых поступил отклоненный от нормы сигнал, сопровождается соответствующей сигнализацией, а также регистрацией данного события [6].

Таким образом, любая современная САПС – это комплексы электронных модулей, объединённых в локальную сеть сетевым интерфейсом с выводом сигналов в общий, главный контроллер с программируемой конфигурацией. Отличия могут быть в конфигурации элементов системы, в интерфейсе доступа и функций оператора, в дополнительных возможностях системы.

Основная задача любой современной САПС судна – непрерывный контроль в режиме реального времени за работой судового оборудования и, в случае какой-либо неисправности, немедленно предупредить оператора световым и звуковым сигналом.

Во всех САПС, действует один и тот же алгоритм: при возникновении неисправности – САПС выводит на дисплей параметр, в котором было зарегистрировано отклонение, посылает сигнал для запуска резервного механизма, если предусмотрена данная функция, и запускает световую и звуковую сигнализацию для предупреждения оператора. На этом основная задача САПС заканчивается.

Дальнейшее развитие событий, какие меры будут предприняты для устранения неисправности, целиком и полностью зависит только от действий обслуживающего персонала. Чем сложнее оборудование, контролируемое САПС, тем труднее быстро выявить и устранить причину неисправности.

Всё судовое оборудование и системы, диагностируемые САПС, можно разделить на 5 уровней сложности:

1-й уровень сложности включает в себя простые элементы контроля: индивидуальные датчики температуры, давления, уровня и т.д. Используются в основном для контроля параметров в трюмах, помещениях, балластных и топливных танках, трюмных и машинных колодцах и т.д. Для устранения неисправностей на этом уровне сложности нужно проверить от 2 до 6 возможных причин.

2-й уровень сложности включает в себя простые системы – небольшие комплексы простых элементов, связанных между собой в единую систему для выполнения определённых задач. К простым системам можно отнести: системы открытия/закрытия балластными/топливными клапанами, пускатели электроприводов различных насосов, и другие простые системы. Для устранения неисправностей в системах, относящихся к этому уровню сложности нужно проверить от 12 до 18 возможных причин.

3-й уровень сложности включает в себя системы средней сложности – более объёмные комплексы элементов, чем в простых системах, объединённые в единую систему,

для выполнения определённых задач. К ним относятся: системы пуска главных компрессоров, сепараторы, опреснительная установка, фекальная установка, гидрофор, траповые и шлюпочные лебёдки, и другие. Для устранения неисправностей в системах, относящихся к этому уровню сложности нужно проверить от 6 до 12 возможных причин.

4-й уровень сложности включает в себя сложные системы – системы, состоящие из большого числа взаимосвязанных и взаимодействующих простых элементов и простых подсистем. К ним относятся: системы кондиционирования воздуха, вспомогательные котлы, утиль-котлы, пожарные системы, системы объёмного пожаротушения CO₂, спринклерные системы, системы защиты двигателей и генераторов, системы защиты ГД, системы управления швартовными механизмами и другие сложные системы. Для устранения неисправностей в системах, относящихся к этому уровню сложности нужно проверить от 18 до 24 возможных причин.

5-й уровень сложности включает в себя очень сложные системы – системы, состоящие из множества взаимосвязанных между собой элементов или подсистем, взаимодействующих между собой и выполняющих многофункциональные сложные задачи. К таким относятся: авторулевая система, система подруливающего устройства, системы ДАУ вспомогательными двигателями, системы ДАУ главным двигателем, системы синхронизации генераторов. Для устранения неисправностей в системах, относящихся к этому уровню сложности нужно проверить от 24 возможных причин и выше.

Используя возможности САПС, проанализируем среднее количество неисправностей за месяц, проранжируем их по уровням сложности (результаты наблюдений приведены в таблице 1).

Для накопления статистических данных использован архивный журнал САПС Kongsberg K-Chief 600, контейнеровоза MSC “Brunella” 2016 г. постройки (Общее количество диагностируемых САПС параметров для этого судна равняется 3410).

Таблица 1 – Количество неисправностей зарегистрированных системой АПС за один месяц и ранжирование их по уровню сложности

Простые элементы	Простые системы	Системы средней сложности	Сложные системы	Очень сложные системы
1. Pipe Duct BW level high. 2. HFO TK (PS) level high. 3. Bilge well ER FWD level high. 4. ULS HFO Tk (PS) temp.	1. Ballast valve 061 open fail. 2. WBV064 Feedback fail. 3. C/H 7 sup. fan start fail. 4. Hydro fore circ. Pump No.2 fail. 5. Galley insulation low. 6. Heating temp. of oil st-by AE 1 too low. 7. Pipe duct	1. SCU 08 NET COMMERR. 2. Bilge water oil content high. 3. HFO purifier No.1 common alarm. 4. AE 2 Exh. gas. cyl. 4 dev. high. 5. Working air compressor fail. 6. HFO temp. too low. 7. HTCW out temp. GE 1 high. 8. FWG vacuum pump fail. 9. AE1 Exh. gas. temp. high.	1. Boiler burner swing out. 2. SW cool. pump No.1 inverter abnormal. 3. Low insulation 220V. 4. Bridge wing PS lost communication. 5. EDG common alarm. 6. BWMS common alarm. 7. ISSP fail. 8. Fire alarm. 9. DG 3 start fail. 10. Ships net	1. PTG synchronization fail. 2. Elevator abnormal.

low.	supply fan fail. 8. ER Printer offline. 9. HFO transfer pump No. 1 fail. 10. BHV 032 closes fail. 11. Sludge pump No.2 trip. 12. Exh. fan Off. Rec. room fail. 13. Pass way STBD fan start fail. 14. Exh. fan Off. Mess room trip. 15. EGR fire flaps not opened. 16. FWG Circulating pump No.1 trip. 17. BHV 105 feedback fail. 18. FFV009 open fail. 19. C/H 6 sup. fan start fail. 20. FWG ejector pump fail. 21. BHV 062 open fail.	10. Bilge fire and G.S pump fail. 11. Calorifer system abnormal. 12. Stern tube pump No.1 fail. 13. ME JCFW pump fail. 14. Ballast pump No.2 fail. 15. ME JCW preheater pump fail. 16. ME LO purifier fail. 17. AHU room Exh. fan system fail. 18. Pilot door PS common alarm. 19. Service air compressor fail. 20. ER fan common alarm. 21. Main air receiver. pressure low. 22. Fire damper control panel fail. 23. ER battery charger fail. 24. W1 winch abnormal trip. 25. Sauna common alarm. 26. Diff. pressure FO&LO filters alarm. 27. Viscosity ME FO too low. 28. Shaft ground. device fail. 29. Incinerator common alarm. 30. FWG common alarm. 31. FO purifier No.2 fail. 32. Pre lub. oil system AE3 abnormal. 33. Galley cooling unit trip.	common alarm. 11. Prov. Plant abnormal. 12. Anti heeling system common alarm. 13. LVSB UPS's system fail. 14. LVSB DC 24V control power fail. 15. Air cond. plant common alarm. 16. ME BWMS common alarm. 17. Incinerator start fail. 18. Steering gears greasing system abnormal. 19. ESD 220V insulation low. 20. Ships telephone public station fail. 21. CO2 control system fail. 22. Fire alarm system fail. 23. SWBD 24 V fail. 24. REFCON system fail. 25. HV Reefer Tr-r trip. 26. Low insulation 440V. 27. Aux. Boiler flame out.	
Всього – 4	Всього – 21	Всього – 33	Всього – 27	Всього – 2

Найдём выборочные характеристики среднего количества отказов систем, произошедших в течение месяца на судне и среднего количества возможных причин этих отказов. Исходные данные по журналу САПС приведены в табл.2.

Используя выше приведенные данные, построим вариационный ряд наблюдений для количества неисправностей и количества их возможных причин.

H_j	2-6	6-12	12-18	18-24	24-30	Σ
N_j	4	21	33	27	2	$n=87$
Уровень сложности системы	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	

H_j – интервал гистограммы (число возможных причин отказа для системы конкретного уровня сложности); N_j – число отказов на заданном интервале, принадлежащем системе конкретного уровня сложности.

Для более наглядного представления выборки построим её гистограмму (рис. 2).

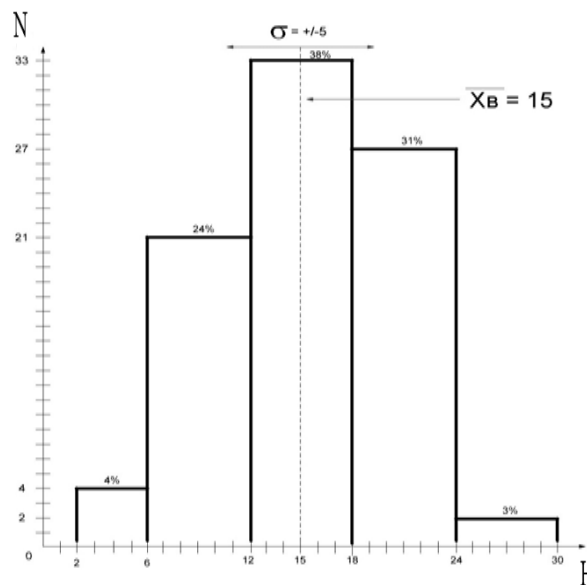


Рисунок 2 – Гистограмма выборки

Найдем относительную частоту событий за месяц W_i , для каждого интервала гистограммы.

$$W_i = \frac{N_i}{n}$$

где N_i – число поломок на заданном интервале; n – общее количество неисправностей в течении месяца.

Тогда $W_1 = 0,046$; $W_2 = 0,241$; $W_3 = 0,379$; $W_4 = 0,311$; $W_5 = 0,023$. Найдем числовые параметры: среднее значение и дисперсию.

Выборочное среднее \overline{X}_B :

$$\overline{X}_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m N_i \cdot X_i = 15,17 \approx 15;$$

Дисперсия дискретной случайной величины:

$$D_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \overline{X}_B)^2 = 28,88.$$

Тогда, среднеквадратичное отклонение (стандартная ошибка),

$$\sigma_B = 5,37$$

Таким образом, среднее количество возможных причин случайных отказов, зарегистрированных САПС в течение месяца, $\overline{X}_B = 15$ со средним квадратичным отклонением $\sigma_B = 5$. Односигмовый интервал (доверительная вероятность которого 67%) для приведенной случайной величины составляет от 10 до 20 возможных причин.

Это означает, что очень часто даже опытные специалисты электромеханики будут испытывать затруднения и тратить достаточно много времени на предположения и догадки о причинах поломки и способах её устранения.

В связи с большой вариативностью выбора достаточно часто могут приниматься неверные решения о способах устранения отказа системы, что может привести к выходу из строя целых судовых комплексов, а иногда, и приводят к аварии судна. Отсутствие грамотных действий при поиске причин отказа и правильных – при их устранении, приводят к преждевременному выходу из строя судового оборудования.

Выводы. Стремительное развитие электроники и автоматики привело к своеобразному парадоксу: с одной стороны, использование современных автоматизированных систем значительно облегчает труд обслуживающего персонала судна и повышает надёжность судовождения, но с другой - объективно порождает новые проблемы, обусловленные процессами взаимодействия человека и технических средств. Чем более сложными становятся функции различных автоматических систем судна, тем острее возникает необходимость в координации обслуживающего персонала в случае возникновения отказов оборудования.

Современные САПС, к сожалению, только регистрируют отказы той или иной системы и не решают проблему достоверной диагностики их причин, и, соответственно, оперативного и правильного реагирования со стороны обслуживающего персонала.

Как показывает анализ статистики отказов судовых систем, основные причины, приведшие к преждевременному выходу их из строя, – это несвоевременная либо ошибочная реакция обслуживающего персонала на предупреждающие сигналы, которые подаёт САПС судна. Большинство крупных поломок оборудования случается не из-за отказа защиты автоматики, а в результате неверно принятых решений при анализе причин, приведших к срабатыванию САПС судна.

В то же время, проведенный анализ поломок судового электрооборудования показывает, что в среднем приходится оценивать от 10 до 20 возможных причин отказа. Это предъявляет высокие требования к уровню подготовленности, которым должны обладать ЛПР для принятия правильного решения и демонстрирует необходимость создания экспертных систем для поддержки принятия решений.

Очевидно, что такие экспертные системы должны быть ориентированы на создание систем диагностики, которые упростили бы задачу определения причины отказов и существенно сократили бы для ЛПР время поиска и устранения причины отказа системы. Такие системы существенно уменьшили бы вероятность выхода из строя судового оборудования по причине негативного влияния так называемого “человеческого фактора”.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бигус Г.А. Диагностика технических устройств / Г.А. Бигус, Ю.Ф. Даниев, И.А.Быстрова, Д.И. Галкин - М.: изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014,- 615 с.
2. Яхьяев Н.Я. Основы теории надёжности и диагностики. Учебник для вузов / Н.Я. Яхьяев, А.В. Кораблин - М. : Академия, 2009. - 256 с.
3. Шибаева Н.О. Методы оценки и прогнозирования технического состояния судовых сложных систем: дис. канд. техн. наук: спец. 05.22.20/ Н.О. Шибаева. – Одесса: Одесский национальный морской университет, 2016. – 223с.
4. Стеклов А.С. Модели и алгоритмы диагностирования и прогнозирования технических состояний судовых электроэнергетических систем в условиях эксплуатации: дис. канд. техн. наук: спец. 05.09.03/ А. С. Стеклов. – Нижний Новгород: Нижегородский государственный технический университет, 2017. – 170с.

5. Равин А.А. Диагностическое обеспечение судового энергетического оборудования: проблемы и решения: дис. докт. техн. наук: спец. 05.08.05/ А.А. Равин. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 2015. – 436с.
6. Боран–Кешишьян А.Л. Обеспечение надежности судовых систем навигации и управления в современных условиях [Текст] / А.Л. Боран–Кешишьян. – Новороссийск, 2008. – 68 с.
7. Афромеев Э. А. Критерии технического совершенства судов / Э. А.Афромеев // Судостроение. — 2005. — № 6. — С. 14–17.
8. Калявин В.П., Рыбаков Л.М. Надежность и диагностика элементов электроустановок СПб.: Элмор, 2009 – 336 с.

МЕТОД КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СДУ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Кучеренко Ю.Н., Гончарук И.П.

*Одесский национальный морской университет
(Украина)*

Контроль значений эффективных параметров СДУ в процессе эксплуатации, таких как, эффективная мощность N_e , механический КПД $\eta_{мех}$ дизельной установки на текущем нагрузочном режиме, является одной из обязательных и важных задач, стоящих перед механиком. Основными документами, которые предписывают контролировать работу СДУ в эффективных параметрах, можно считать резолюцию ИМО МЕРС.254(67) в части определения коэффициента энергоэффективности судов, а также ГОСТ 21792-89 [1], где регламентируются приёмка и методы испытаний СДУ на судне.

Для расчёта значений эффективных параметров применяют прямые методы измерения крутящих моментов M_e на валолинии гребного винта. Такие измерения проводятся с помощью электронных торсиометров различных моделей, таких как Siemens, LEMAG Shaftpower, Кума Shaft Power, Maihak Shaft Power Meter и других. Выше приведенные нормативные документы допускают использование также и косвенных методов определения значения эффективной мощности. Погрешность косвенного метода определения значения эффективной мощности не должна превышать значения $\pm 5\%$ [1].

Анализ характеристик и конструктивных особенностей современных систем торсиографирования показал, что существуют ограничения при использовании торсиометров на средних и малых судах. Это связано с тем, что на этих судах длина открытого участка валопровода часто бывает мала для установки измерителя крутящего момента. Среди недостатков прямых способов измерения крутящего момента можно выделить такие, как влияние возникающих крутильных колебаний и момента инерции вращающейся массы соединительного вала на результаты измерения.

Нужно отметить и тот факт, что измерение мощности по крутящему моменту при помощи торсиометра требует определения действительного значения модуля сдвига G для материала гребного вала, который можно определить лишь в стендовых условиях при постройке судна или при замене участка промежуточного вала новым. Использование в расчётах среднего значения модуля сдвига G для участка вала увеличивает погрешность измерений.

Можно сделать вывод, что разработка косвенного метода определения эффективных параметров СДУ, применимого в условиях эксплуатации и удовлетворяющего требованиям нормативных документов, является актуальной научной задачей.

При разработке нового метода контроля значений эффективных параметров СДУ в эксплуатации была использована известная формула, предложенная профессором Г. А. Конаковым для расчёта значения механического КПД на частичных режимах [5, 6], при имеющихся значениях механического КПД на номинальном режиме и мощности текущего эксплуатационного режима. Согласно этой формуле:

$$\eta_m = 1 - Z \frac{N_{iH}}{N_i} (1 - \eta_{mH}) \quad (1)$$

где $Z = (1 + 2 \frac{n}{n_H}) \frac{n}{3n_H}$ – критерий, отражающий относительную мощность

механических потерь в двигателе,

H – индекс номинального эксплуатационного режима,

n – частота вращения коленчатого вала на эксплуатационном режиме,

N_i – идикаторная мощность эксплуатационного режима.

Исходя из того, что для большинства судовых дизелей коэффициент корреляции между мощностью, давлением наддувочного воздуха и частотой вращения ГТН близок к единице, предлагается модифицировать формулу (1) таким образом, чтобы использовать точно контролируемую на практике величину частоты вращения ротора ГТН ($TURrpm$). Относительная погрешность определения в эксплуатации $TURrpm$ с помощью методов спектрального анализа виброакустических сигналов компрессора значительно ниже погрешности определения давления наддувочного воздуха в ресивере с помощью штатных приборов. Измерение частоты вращения ротора ГТН в процессе эксплуатации СДУ методами спектрального анализа виброакустических сигналов компрессора доступно в эксплуатации для большинства МОД, СОД и ВОД, что показано в работах [2, 3, 4]. Таким образом, модификация формулы (1) сводится к следующей функциональной зависимости механического КПД: $\eta_m = f\left(\frac{TURrpm_H}{TURrpm}\right)$.

Нелинейность в соотношении мощности СДУ и частоты вращения ГТН слабо выражена, при этом в относительном виде эта зависимость носит квадратичный характер

$$\Phi = \frac{N_{iH}}{N_i} = A \left(\frac{TURrpm_H}{TURrpm} \right)^2 + B \frac{TURrpm_H}{TURrpm} + C \quad (2)$$

С учетом (2) формула (1) может быть записана в виде

$$\eta_m = 1 - Z\Phi(1 - \eta_{mH}) \quad (3)$$

Мощность и механический КПД номинального режима указаны в паспортной документации либо в данных Sea Trials. Идикаторную мощность текущего эксплуатационного режима N_i и частоту вращения коленчатого вала n на эксплуатационном режиме можно определить с помощью систем мониторинга рабочего процесса типа DEPAS. Частоты вращения ротора ГТН на эксплуатационных режимах СДУ определяются методами спектрального анализа виброакустических сигналов компрессора. Зависимость величины идикаторной мощности от значения оборотов турбокомпрессора на разных эксплуатационных режимах ($N_i = f(TURrpm)$) позволяет определить значение коэффициентов A , B и C полинома второй степени в формуле (2).

Определив значение критерия Φ на выбранном эксплуатационном режиме, можно рассчитать значение механического КПД η_m для этого режима и значения остальных эффективных параметров, таких как:

- среднее эффективное давление $p_e = p_i \eta_m$;
- эффективная мощность в цилиндрах СДУ $N_e = N_i \eta_m$;
- удельный эффективный расход топлива $b_e = b_i / \eta_m$;
- эффективный КПД СДУ на текущем нагруженном режиме $\eta_e = \eta_i \eta_m$,

где N_e, N_i – эффективная и идикаторная мощности СДУ; p_e, p_i – среднее эффективное и идикаторное давления в рабочем цилиндре; η_m, η_i – механический и идикаторный КПД; b_e, b_i – удельный эффективный и идикаторный расходы топлива.

Виброакустический метод определения частотных характеристик надувного судового двигателя разработан на кафедре СЭУ и ТЭ Одесского национального морского университета и имеет ряд преимуществ перед традиционными методами, предполагающими применение датчиков оборотов и счетчиков импульсов различных

типов. В первую очередь, это простой способ инсталляции, невысокая стоимость и отсутствие подключения к регистровой схеме измерения оборотов при помощи штатных измерителей. Нужно отметить высокую помехоустойчивость предлагаемого метода как результат применения методов спектрального анализа и цифровой фильтрации данных.

Относительная погрешность определения частот КВ при использовании виброакустического метода не превышает 0,5 %, что значительно ниже погрешности современных судовых тахометров. Например, цифровой тахометр ТА-12М (производитель ООО «НЕПТУН-ЭЛЕКТРО» г. Николаев) на нижнем диапазоне измерения частоты оборотов двигателя от 0 до 100 мин⁻¹ имеет относительную погрешность измерения 1 %.

По предварительной оценке, ещё ниже относительная погрешность определения частот ГТН по амплитудному спектру акустического сигнала компрессора [2, 3]. Это объясняется тем, что происходит измерение не самих частот вращения, а частот, кратных количеству цилиндров или лопаток компрессора ГТН.

Для проведения измерений частотных параметров СДУ (частоты вращения газотурбонагнетателя и определения оборотов коленчатого вала) и последующего расчёта значения механического КПД дизеля по формуле (3), был разработан микроконтроллерный вычислитель, реализующий предложенный метод определения эффективных параметров. При составлении алгоритма работы и схемы электрической принципиальной вычислителя параметров СДУ использовался опыт создания более ранней версии частотного модуля [4], вычислительная и измерительная часть которого была реализована базе современного DSP микроконтроллера. Модуль разработан для установки на двигателе в районе кольцевого фильтра турбины газотурбонаддува и использовался для измерений частотных характеристик ГТН и КВ при построении систем дистанционного контроля параметров СДУ.

В новом вычислителе параметров СДУ (рис. 1) набор данных от преобразователей физических величин, синхронизация и математические вычисления выполняются на 32-разрядном микроконтроллере STM32 F4 компании STMicroelectronics.



Рисунок 1 – Вычислитель параметров СДУ (основной рабочий экран)

Для отображения информации и настройки вычислителя применён 4.3” интеллектуальный дисплей TFT LCD Intelligent Touch Display компании Nextion.

В основном режиме на экран выводятся одновременно значения трех параметров: измеряемая лопаточная частота или значение оборотов КВ, расчётное значение оборотов ГТН ($TURrpm$) и расчётное значение механического КПД (η_m).

В режиме «Опции» можно установить значения параметров для расчёта лопаточной частоты, оборотов ГТН, оборотов КВ и значения механического КПД. Так же в этом режиме для уменьшения эффекта «утечки мощности» ($DFT\ leakage\ effect$) и восстановления частоты

сигнала можно выбрать аналитическое решение или применить одно из оконных преобразований (окно Хемминга, Блекмена, Кайзера).

Как показали результаты практического применения нового метода контроля эффективных параметров, значение погрешности расчёта механического КПД η_m зависит в большей степени от точности определения значения индикаторной мощности и коэффициентов A , B и C в формуле (2) при проведении ходовых испытаний или по результатам сдаточных испытаний. Погрешность измерения оборотов КВ и ГТН методами спектрального анализа $\delta \leq 0,5\%$ в меньшей степени влияет на точность определения значения механического КПД.

Анализ зависимости значения η_m , рассчитанного по формуле (3), от величины индикаторной мощности показывает, что максимальное отклонение расчётных значений η_m от результатов сдаточных испытаний для большинства СОД и МОД происходит на режимах работы СДУ выше 100 % нагрузки и ниже 50 %. На нагрузочных режимах от 50 % до 100 % мощности СДУ относительная погрешность расчётного метода определения η_m не превысила значения 3 %, что удовлетворяет требованиям действующих нормативных документов для косвенных методов определения эффективной мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 21792-89. Установки дизельные судовые. Приемка и методы испытания на судне.
2. Варбанец Р. А. Виброакустический контроль частотных характеристик судового дизеля с турбонаддувом / Р. А. Варбанец, Ю. Н. Кучеренко, А. И. Головань // *Авиационно-космическая техника и технология. Научно-технический журнал*. Харьков, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». – 2012. – № 10 (97). – С. 98–105.
3. Варбанец Р. А. Комплексный контроль технического состояния судового двигателя с турбонаддувом / Р. А. Варбанец, В. Г. Ивановский, Ю. Н. Кучеренко, А. И. Головань // *Искусственный интеллект*. – 2012. – № 3. – С. 366–376.
4. Варбанец Р. А. Анализ метода устранения «утечки» спектра при диагностике систем турбонаддува судовых дизелей / Р. А. Варбанец, Ю. Н. Кучеренко, А. И. Головань, Н. И. Александровская // *Искусственный интеллект*. – 2013. – № 4 (62). – С. 289–295.
5. Конаков Г. А. Механический КПД двигателей внутреннего сгорания на частичных режимах / Г. А. Конаков // *«Судовая энергетика»*. Одесса ОГМА. – 1993. – № 1. – С. 25–26.
6. Бойко П. В. Определение мощности судового дизеля косвенным методом / П. В. Бойко, Г. А. Конаков // *Научно-технический сборник. Серия: Судовые энергетические установки*. Одесса ОГМА. – 1999. – № 3. – С. 19–24.

DYNAMIC INFLUENCE OF CHANGE OF TRANSPORT FLOWS AT THE CONTROL OF THE HAZARDOUS ENVIRONMENT

Litvinov A.P., Bondarenko A.G.
Pryazovsky state technical university
(Ukraine, Mariupol)

Introduction. It is known that a hazardous environment violates the established situation, forms new relations and, accordingly, traffic flows. So the old agricultural enterprises have undergone changes in recent years, the Mariupol heavy engineering plant works by several percent, metallurgists do not initiate new projects, the port is far from the maximum load.

In Priazov region, a difficult circumstances of close contact with terror. However, the tasks of reconstruction of transport infrastructure are being solved, modern communications are being built, a new asphalt plant is successfully operating.

The change in infrastructure involves a modify in production relations, facilitates the establishment of new flows on the basis of the changed turnover. Harmonize the changes in tiny, and the stability of diversity.

Relevance of research. When studying the problems of coexistence in hazardous areas, the milestones of overcoming the age-old difficulties are indicators of construction, turnover of goods, transportation comfort. In studies on the adaptation of the surface of the bottom of the vessel to the conditions of transport [1], pay attention to strength castings, shaped rolling, temperature bending, hardening, automatic body welding.

The study of hovercraft vibration at high speed [2], vessel behavior on the wave, means of compaction [3] indicate the urgency of the problem. The work [4] provides for the reinforcement of construction from the effects of vibration with increasing service life. For dynamic loads, the spectrum of the changes [5] is analyzed and identified as the most significant low-frequency spectrum in the loads.

In work [6], two-pole, energy absorbing vibrations are provided for use in measurements. For high-speed crafts, vertical acceleration [7] are analyzed to ensure safety. Model experiments are performed for a semi-submerged vessel at deviating from the course [8].

The modeling of the cargo behavior on the ship during oscillations is performed [9]. The steadiness of a hydrofoil vessel studies hydro dynamically [10], which took into account the vessel's oscillations. The problem of sustainability can have solutions for the fleet and infrastructure.

Formulation of the problem.

The purpose of the study is to ensure the possibility of delivering cargo while developing the terms of supply. The studies took into account transportation from the main port of the Azov basin - the Mariupol State Commercial Sea Port. Deliveries to the port are made by the main manufacturer Harveast holding for the entire delivery chain by all modes of transport.

Increasing the feasibility of investment in transport development determines the control of state of financial, social, technical regulations. The changing transport flows undergoes the Azov region and the maintenance of such dynamic transformations causes a positive demographic situation, the creation of an asphalt plant by Turkish companies, and the attraction of grain traders, purification of CO₂ with nuclear fusion elements.

The analysis and proposed measures help to control progress. Due to the presence or absence of so many factors that affect speed, design, operational, natural, consider the definition of instantaneous speed [11]. For the inverse function g , its increment, corresponding to the increment Δz of its argument, is equal to Δt . The increment in changing the height of the rails, bottom of the river bed is possible at the time of passage from the ride with the car ahead to the

express. In the case of $\Delta t \rightarrow 0$, the aspiration $\Delta z \rightarrow 0$ and when $f(t) \neq 0$ implies $\frac{\Delta z}{\Delta t} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{f'(t)}$
 $\Delta z / \Delta t = 1 / f' = 1 / f'(t)$. The inverse function can be differentiated $g'(z) = \frac{1}{f'(t)}$ for the given $z = f(t)$ or $t = g(z)$. This also justifies differentiating the identity $f(g(z)) = z$ by the rule for differentiating a composite function, we obtain $f(g(z)) g'(z) = 1$, whence $g'(z) = \frac{1}{f'(g(z))}$.

This approach allows us to abandon the orientation to install the passage faster than all. However, when changing from one type of rail, equipment, mooring structure to another, such definitions are timely [12].

Results of the research. When establishing the causes of the level of vibration, we use 3d scanner, and we process the results by expanding the excess function, the irregularities in the smoothness of the way surface in a Fourier series. Reflection by the similarity methods of planimetry allows us to represent vibration as a result of movement along the road irregularities and the geometry of invariant route, neglecting natural factors (wind, way of night). Then the minor amplitudes of 0,2 mm [13] are functionally similar to the 10-fold higher values of the mismatches along the vertical path elements at the junctions, railroad switches. For waves of unevenness, a wave, ship determines.

A wide frequency range of 80 Hz, speeds of 0,2-50 mm / s, accelerations of 0,02-1 m / s² of the vibration of the track base from the motion of the rail bogies, permissible vertical and lateral wear of the track 5-11 mm will be reflected by transformations of the Galilean geometry [14]. The determining factor of wear is the vertical unevenness formed by the loads, the speed at the interaction, the dynamic vibration of the crew and the road, the small contact area of the wheel-rail of 1,5 cm². Increase in contact by immersion determines the stability of the vessel.

Dynamic interaction reflects the distribution pattern of the vehicle's of construction forces on the path and the displacements in the equation of motion. With operational and test modes of operation, such data help to smooth out significant fluctuations in order to reduce vibration to allowable in traffic conditions.

Consideration of the model of the movement of transport elements allows us to regulate the work when registering the permissible vibration, expand the possibilities of diagnostics, as studies show, the frequency of inspections is reduced from one week to six months.

Establishment of the scheme of action of forces for transport elements raises reliability by revealing failures, deterioration, damages, for wooden sleepers, the service life is extended to half a year.

The influence of vibrations from the environment on transport reflects the parameters of viscosity, elasticity, saturation, and temperature. This requires the installation of proximity sensors, GPS, speed. Passage of the way, overcoming obstacles at a safe distance requires the limitations of the dimensions and the project of the advancement by the water route.

The formulation of the problem consists in establishing the correspondence between the dimensions of the vehicle, the vessel and the approach of facilities, banks, cans, and bottoms. Actually, the fairway will be half a meter larger with constant quarterly control. The underwater part is subject to measurement.

The dimensions of the vessel L, B, h must be $L > B > h, L > l_r, Ml_b > L, B, Mh > h$.

Construction of functional dependencies of safe passage of a vessel

The condition of the route is the following between two trigonometric functions of deviation from the central, axial, medial to shallow, shore, made on scilab (Fig. 1).

Since the means of construction and operation of the berth of shipment are limited, the maximum discrepancy between the trends will indicate the location of the bollards along the shores

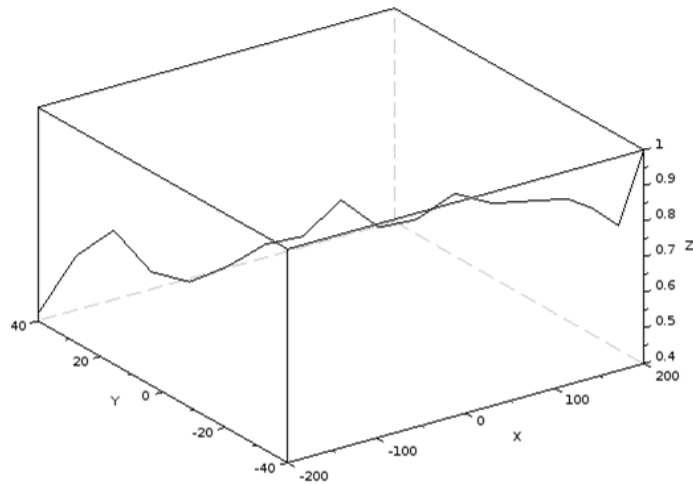


Figure 1 – Measurements of the depth of the fairway

Role of initial research is considerable, and at the same time, the data of the factory, meteorological, port laboratories are generally available for the emergence of the transport hub, the synergistic effect of obtaining investment.

An acceptable form of reflection of the surface model is finding the Newton polynomial, the Lagrange polynomial, the solution of the surface function of a figure of n nodes with the dimension of the matrix $n-1$. The vector direction encompasses the area of the ridge of the transverse profile.

The contours of the path determine the terrain, which in our case has a clay formation from the factory dumps of construction origin on the east side.

On the left shore there is a gradual blurring, a change in sedimentation from industrial enterprises of Donbas. Graphene CO₂ separation [15] is a way to humanize the environment.

With the fall of production, silt deposits begin to predominate. For safety for small reservoirs and ecological stability, it is useful to periodically scan the bottom surface with an indication of attractive routes through the site on the map. Photos of bottom sediment samples (Fig. 2) indicate the need to reinforce in the upper channel of the quays formation piles with a large depth of 5, 4 and 3 m.

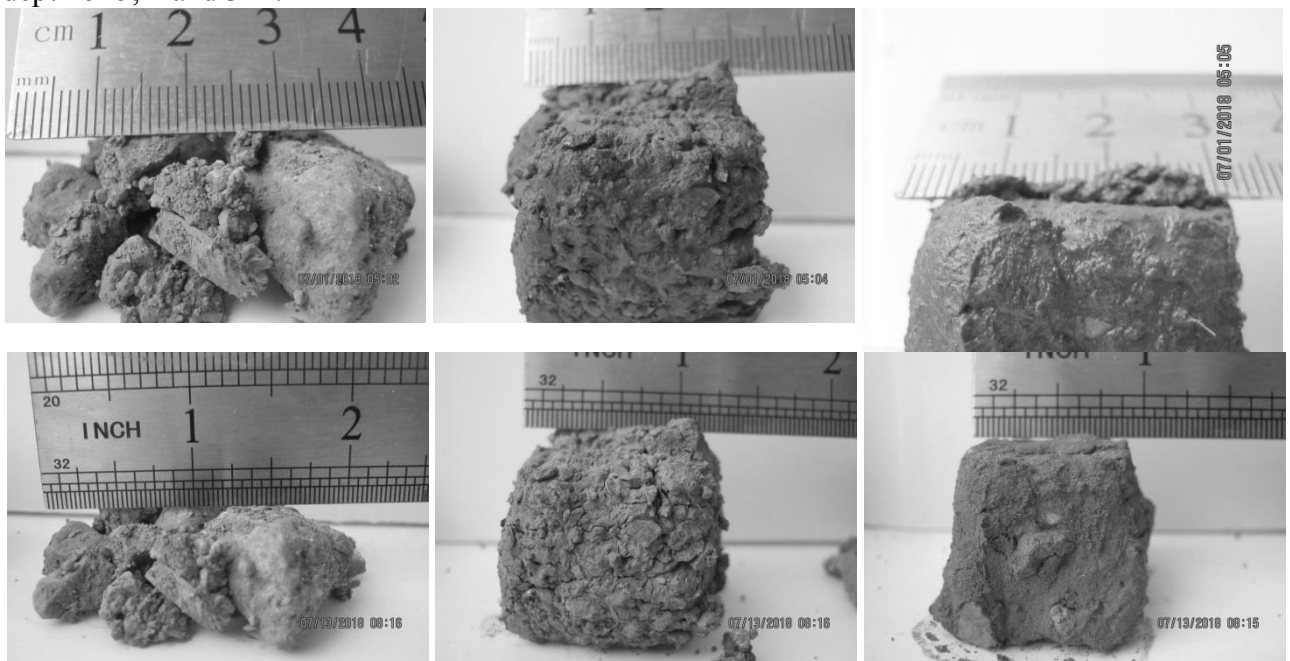


Figure 2 – Soil samples under berths

To reduce costs, instead of using piles, we use a diverting to the west of the spawning bed, drainage, formwork, parabolic distribution of granite polymer in the lower channel segment of the eastern side and hyperbolic for the western one with the transition to the slag, drained separated sludge residue in the berth bed. Then the laying is performed layer-by-layer with vibro-shrinkage.

Conclusions. Models of movement of transport elements are formed. This will allow to regulate the work, expand the diagnostic capabilities, as studies show to increase the speed of delivery in half. The scheme of the route is proposed. This will increase the rhythm, reliability of supply. Ground samples were taken to select the models of berth structures. This will reduce the duration of the design phase.

REFERENCES

1. Khomyak Y. M. Minimizing the Mass of a Flat Bottom of Cylindrical Apparatus / Y. M. Khomyak, I. Naumenko, V. Zheglova, V. Popov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.—2018.—Vol 2, № 1 (92). —pp. 42—50.
2. Vukadinović K. Vibracije broda. Teorijska razmatranja i metode eksperimentalnih ispitivanja / K. Vukadinović, Z. Hrle. — Beograd : Saobraćajni fakultet, 1992. — 99s.
3. Copley S. M. Design, Manufacturing, and Testing of an Improved Watertight Door for Surface Ships / S. M. Copley, E. W. Reutzel, T. A. Merdes, D. B. Wess // Naval Engineers Journal, Volume 122, Issue 4, December 2010. — 93 — 100p.
4. Clarence W. de Silva Vibration Monitoring, Testing, and Instrumentation. — University of British Columbia, Vancouver, Canada : CRC Press, 2007. — 696p.
5. Milne D. R. M., Le Pen L. M., Thompson D. J., Powrie W. Properties of train load frequencies and their applications. — J. Sound Vib., Oxford, UK : Elsevier, 397 (2017), pp. 123—140.
6. Sajid Rafique Piezoelectric Vibration Energy Harvesting. Modeling & Experiments. — Luxembourg : Springer, 2018. — 172p.
7. Toru Katayama, Ryosuke Amano An Experimental Study on the Characteristics of Vertical Acceleration on Small High Speed Craft in Head Waves. — STAB, Glasgow, Scotland, UK : 12nd International Conference on the Stability of Ships and Ocean Vehicles, 14 — 19 June 2015, pp. 587 — 597.
8. Jerzy Matusiak Dynamics of a Rigid Ship. — Helsinki, Finland : Aalto University publication series Science + Technology, № 11, 2013. — 150p.
9. Akira Hosoyama Study on Improvement of Vibration Test for Packaged Freight. — Japan : Kobe University, 2015. — 71p.
10. Patent US 3156209A DE 1267128B DE 1274908B Autopilot for hydrofoil craft / Henry R. Ask, USPTO United Aircraft Corp. — 10. 11. 1964.
11. Shubin M. A. Matematicheskiy analiz dlya resheniya fizicheskikh zadach. — M. : Izd-vo Moskovskogo tsentra nepreryivnogo matematicheskogo obrazovaniya, 2003. — 40s.
12. Shteyngauz G. Sto zadach. — M.: Nauka, 1982. — 168s.
13. Dzyuba A.V. Vpliv dinamichnih navantazhen vid diyi metropolitenu na napruzhenodeformovaniy stan visotnih budivel / A. V. Dzyuba, T. L. Mironets // Visnik NAU. — K. : Natsionalniy aviatsiyniy iniversitet, 2010, №4. — s. 143 — 146.
14. Hachaturyan A. V. Geometriya Galileya. — M.: Izd-vo Moskovskogo tsentra nepreryivnogo matematicheskogo obrazovaniya, 2005. — 32s.
15. D. Esrafilzadeh Room temperature CO₂ reduction to solid carbon species on liquid metals featuring atomically thin ceria interfaces / D. Esrafilzadeh, A. Zavabeti, J. Rouhollah, P. Atkin // Nature communications № 10, Article number: 865, 2019, <https://doi.org/10.1038/s41467-019-08824-8>, <https://rdcu.be/bpK4B>.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕЛЕВАНТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СУДНОМ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

Передерий В.И.

*Херсонский национальный технический университет
(Украина)*

Борчик Е.Ю.

*Морской институт последипломного образования им. Ф.Ф. Ушакова
(Украина)*

Здрок Е.В.

*Морской колледж Херсонской государственной морской академии
(Украина)*

Введение. Судно как система является «человеко-машинной системой», и ошибки лиц, принимающих решение (ЛПР), играют наибольшую роль в возникновении аварийных ситуаций, которые приводят к до 80 % аварий.

В таких системах ЛПР остаются базовым компонентом со всеми своими психологическими и когнитивными данными, которые способны спровоцировать аварию или предотвратить ее.

Проблема влияния человеческого фактора на принятие релевантных решений в управлении судном, остается сложной и многогранной и включает много возможных направлений для ее исследований и решений. До настоящего времени нет четкого определения понятия «человеческий фактор», а под этим подразумеваются отклонения от нормы влияния на ЛПР внутренних факторов, таких как его психологическое состояние, когнитивные составляющие, недостаток или избыток информации для принятия решения, ограниченное время на принятие решения; и внешних факторов, таких как неблагоприятное влияние окружающей среды, длительность пребывания судна в сложных навигационных условиях, условия маневрирования и др.

По результатам исследований, приведенных в работах [1-3], возникновение аварийных ситуаций, при отклонении от нормы влияния внешних и внутренних факторов на принятие решения судоводителей: от недостатка времени – 30%; неблагоприятных погодных условий – 25%; стесненных условий маневрирования – 25%; недостатка или избытка информации для принятия решения – 10%.

Большинство работ, в которых рассматриваются такого рода вопросы, посвящено роли «человеческого» фактора в судоходстве, его влиянию на безопасность операций на море. Так, в работах [4,5], приводятся обстоятельства и факторы, создающие условия и предпосылки для возникновения ошибок в решениях и действиях судоводителей, которые могут привести к опасной ситуации или аварии. В работе [6] обосновывается целесообразность наличия для вахтенного офицера на мостике рекомендованных вариантов управленческих решений, обеспечивающих безопасность судна при плавании в сложной навигационной обстановке. С этой целью, в основном, предлагается использовать экспертные оценки, призванные способствовать принятию правильного решения в сложившейся обстановке. Все эти способы требуют определенного времени на подготовку и выработку альтернатив по принятию решения судоводителем.

В данной работе предлагается, в составе системы поддержки принятия решений (СППР), информационная технология оценки вероятности принятия релевантных решений ЛПР при управлении судном в реальном времени (рис.1).

Согласно схеме информационной технологии, в процессе выполнения функциональных обязанностей по управлению судном в реальном времени, контролируются показатели влияющих факторов на ЛПР [1-5]: внешней среды - ВС, информационной нагрузки - ИН, результаты тестирования психологического состояния – ПС и когнитивной составляющей – КС.

Все эти текущие показатели поступают в соответствующий модуль: для оценки влияния ВС на ЛПР - (Вс), оценки информационной нагрузки ИН - (Ин), оценки психологического состояния ПС - (Пс), оценки когнитивного состояния КС - (Кс). Далее результаты оценок поступают на модуль оценки функциональной стойкости ЛПР (ФС), где оцениваются и сравниваются в соответствии с Инженерно-психологическими нормативами условий работы ЛПР (Ипу). Информация об определенном состоянии функциональной стойкости ЛПР ФС (Вс, Пс, Кс, Ин), поступает на модуль оценки принятия релевантных решений (ПРР). Основным критерием оценки в указанном модуле есть оценка вероятности принятия релевантных решений ОПР – Q. При $Q > 0.9$ - выполняется генерация альтернатив ПР (А), при $Q < 0.9$ - в соответствии с Инженерно-психологическими решениями адаптации системы до ЛПР (Ипа), выполняется генерация адаптированных альтернатив ПР (Аад).



Рисунок 1– Информационная технология оценки вероятности принятия релевантных решений ЛПР при управлении судном в реальном времени

Для количественной оценки релевантности решения, принимаемого ЛПР, предлагается использовать байесовскую сеть доверия [7], изображенную на рис.2. Переменные сети, кроме переменных типа "decision", – бинарные, причем переменные "Вс", "Ин", "Пс", "Кс", "ФС ЛПР" могут принимать значения: "positive" и "negative", а переменная "ПРр ЛПР" может принимать значения "relevant" и "irrelevant". Переменная "Вс" зависит от четырех факторов, изображенных на сети вершинами типа "decision" A1, A2, A3, A4. Каждая из этих вершин в зависимости от отклонения значения фактора A_i ($i=1,4$) от нормы на величину Δ_i может принимать 5 значений: "низкое", "ниже среднего", "среднее", "выше среднего", "высокое".

Поскольку экспертам значительно проще изолированно оценивать степень воздействия того или иного фактора на состояние внешней среды или функциональное состояние системы, то в данной работе применяется тип "Noisy MAX" для узлов "Вс" и "ФС

ЛПР". Это означает, что вероятность того, что переменная "Вс" принимает значение "positive" вычисляется по формуле:

$$P_1 = P_1(\Delta_1) \cdot P_1(\Delta_2) \cdot P_1(\Delta_3) \cdot P_1(\Delta_4), \quad (1)$$

где $P_1(\Delta_i)$ – вероятность того, что переменная "Вс" принимает значение "positive" при отклонении значения i -го фактора от нормы на величину Δ_i независимо от того, на какие величины отклонились от нормы значения других факторов.

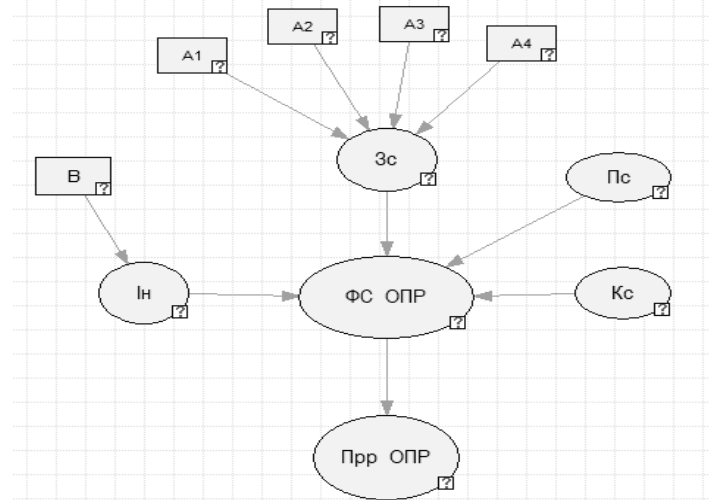


Рисунок 2 – Байесовская сеть доверия

Считается, что на информационную нагрузку в основном влияет один фактор – поток информации. На рис. 2 он обозначен вершиной В типа "decision". В зависимости от отклонения значения указанного фактора от нормы на величину Δ вершина В может принимать 5 значений: "низкий", "ниже среднего", "средний", "выше среднего", "высокий". При этом вероятность того, что переменная "Ин" принимает значение "positive" есть

$$P_2 = P_2(\Delta) \quad (2)$$

Психологическое и когнитивное состояние ЛПР определяются с помощью тестов. Обозначим через P_3 вероятность того, что случайная величина "Пс" принимает значение "positive", а через P_4 обозначим вероятность того, что случайная величина "Кс" принимает значение "positive". При оценке этих вероятностей будем считать, что

$$P_3 = n_3 / N_3, \quad P_4 = n_4 / N_4, \quad (3)$$

где n_3 – количество тестов, которые характеризуют психологическое состояние ЛПР позитивно; N_3 – общее количество тестов психологического состояния ЛПР; n_4 – количество тестов, которые характеризуют когнитивное состояние ЛПР позитивно; N_4 – общее количество тестов когнитивного состояния ЛПР.

Для узла "ФС ЛПР" применим тип "Noisy MAX", что позволяет значительно упростить таблицу условных вероятностей.

Отметим, что для определения вероятностей $P_1(\Delta_1), P_1(\Delta_2), P_1(\Delta_3), P_1(\Delta_4)$ и $P_2(\Delta)$, а также таблиц условных вероятностей узлов "ФС ЛПР" и "Прр ЛПР" использовались знания экспертов.

Итак, алгоритм оценки вероятности релевантности решений, принимаемых ЛПР, состоит в следующем:

На первом этапе измеряются значения фактора, влияющего на информационную нагрузку ЛПР, факторов влияния внешней среды на ЛПР; проводятся тесты для оценки психологического и когнитивного состояний ЛПР.

Вычисляются отклонения значений факторов от нормы на величину $\Delta_1, \Delta_2, \Delta_3, \Delta_4$ и Δ соответственно.

По формулам (1), (2) вычисляются маргинальные вероятности родительских вершин "Вс" и "Ин".

По формулам (3) вычисляются маргинальные вероятности родительских вершин "Пс" и "Кс".

С помощью предложенной байесовской сети вычисляется (оценивается) вероятность релевантности решений, принимаемых ЛПР.

Если эта вероятность больше величины 0.9, то работу ЛПР можно считать корректной, в противном случае – нет. Если работа ЛПР некорректна, то необходимо привести в норму значения факторов, негативно влияющих на ЛПР.

После некоторого времени необходимо вновь повторить оценку вероятности релевантности решений, принимаемых ЛПР по описанному алгоритму.

Выводы. Предложенная информационная технология оценки вероятности принятия релевантных решений ЛПР (судоводителем), при управлении судном в реальном времени, позволит в составе СППР интерфейса пользователя, предлагать наиболее релевантные альтернативы принятия решения, в удобном для него формате, в соответствии с психологическими и эргономическими нормативами работы в человеко-машинных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сазонов А.Е. Применение общесудовых экспертных систем контроля безопасности для снижения влияния человеческого фактора на аварийность судов / А.Е. Сазонов, А.В. Козлов. Рос. мор. Регистр судоходства. Научно техн. сб. вып. 24. – СПб, 2001.
2. Crowch T. Navigating the Human Element. / T. Crowch. MLB Publishing, Kent. UK, 2013, 223p.p.
3. Hadnet E. A. Bridge too Far / E. Hadnet, Seaways, Jan. 2008/
4. Снопков В.И. Безопасность мореплавания. Учебник для ВУЗов / В.И.Снопков, Г.И. Конопелько, В.Б. Васильева. М.: Транспорт, 1994 – 247с.
5. Ch. Kuo. Management Ship Safety / Ch. Kuo. LLP London – Hong-Kong, 1998 – 189p.p.
6. Сазонов А.Е. Применение общесудовых экспертных систем контроля безопасности для снижения влияния человеческого фактора на аварийность судов / А.Е. Сазонов, А.В. Козлов. Рос. мор. Регистр судоходства. Научно техн. сб. вып. 24. – СПб, 2001.
7. Murphy K. A brief introduction to graphical models and Bayesian networks / Technical report 2001-5-10, department of computer science, University of British Columbia, Canada, May 2001. - 19 p.

MULTIFRACTAL TRAFFIC PROPERTY FOR AVIATION ENGINE ELECTRONIC SYSTEMS

Tovkach S.S.

National Aviation University
(Ukraine, Kuiv)

Introduction. Automatic control systems (ACS) of modern turbofan engines are performed by digital electronic type FADEC without a hydromechanical backup regulator or with a simple regulator of this type, often only for manual control. The system performs in the full range of flight conditions control functions and limits the limiting values of parameters on all stability and transition modes of engine operation, engine protection from surging, self-control and ACS diagnostics, engine state control and diagnostics [1,2].

The system acts on the regulators (factors) available on the engine: fuel consumption in the combustion chamber; angles of installation of blades the input guide vane (IGV) of the compressor; compressor air bypass valves; dampers to control air extraction for cooling the turbine and to control the gaps in the compressor and the turbine, as well as a number of other subsidiary units.

The electronic regulator has a centralized structure, usually installed on the engine (for large engines) or on board (for small-sized turbofan engines). It uses electronic components with a high degree of integration, high reliability ($\lambda \leq 10^{-8}$) and heat resistance (up to $+125^{\circ}\text{C}$).

In fig. 1 shows a block diagram of an ACS of a gas turbine engine: the electronic unit of an ACS has three autonomous control channels and an autonomous channel to protect the free turbine from unwinding (O_{lim}, n_{pf}). Two identical channels A and B perform all the functions of control, monitoring and protection of the engine. A backup (reserve) channel provides engine control for simplified programs and the most important engine protection. In case of failure of all three channels, the engine operation is fixed. Reserve channel provides stabilization and limitation of the rotational speed of a free turbine, limitation of the rotational speed of the gas generator, and synchronization of engine operating modes.

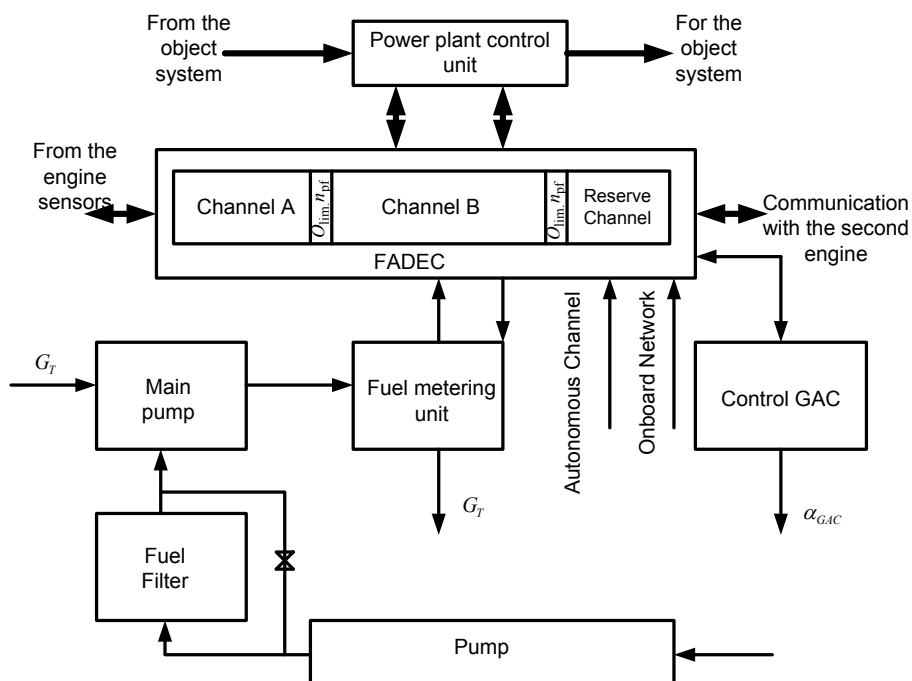


Figure 1 – Structural diagram of the ACS gas turbine engine

For support the ACS of the engine, in order to ensure the solution of the problems of adaptive control, integration via information exchange channels with aircraft systems, compensation of failures, the definition of self-similarity of engine operating conditions and implementation of a program complex in the control system are necessary.

Researches of eminent scientists in area of design the modern automatic control systems the aviation engine can be defined by J. Chen, W. Jiao, H. Wang, Ekram Hossain, V.V. Mandelbrot, J. Bercm; O.I. Shelukhina, A.A. Potapova., M.V. Ratynsky, R.E. Kahn, by international companies Securaplane technologies, Boeing, Dryden Flight Research Center NASA, Honeywell according to the standards of EUROCAE [2], Radio Technical Commission for Aeronautics, Eurocontrol, ICAO, EASA and many others.

The goal of these research is to define methods and control rules for defining the self-similarity operation modes the engine and implementing of a program complex in the control system by accounting for the multifractal properties of traffic during transmission IEEE 802.15.4 data in ACS aviation engines.

Multifractal traffic property for ACS GTE. It is known from mathematics that any measure (for example, probability distribution of the traffic) can be decomposed into three components: a smooth one, which can be described by a density, an atomic one, concentrated on a countable set of points, and a “intermediate” singular component between them. If the measure is defined in d – dimensional space, then the Hausdorff dimensions of the carriers the smooth and atomic components are equal to d and 0 , respectively; in the theory of multifractals this decomposition is refined, the singular component of the measure is decompose on components of intermediate dimensions between 0 and d . Formally, this can be done as follows. By choosing the point x and cover it with the pattern Δ . If the measure of this pattern depends on its diameter in a power-law manner $\mu(\Delta) \sim |\Delta|^\alpha$, then it is said that at the point x the measure μ has a singularity of order α . If the order of the singularity of a measure is equal to the dimension of the space d , then the measure is smooth, that is, it has a density [3].

The set $S^{(\alpha)}$ of all points x at which the measure μ has a singularity order α , characterized by its Hausdorff dimension $f(\alpha) = \dim_H S^{(\alpha)}$. The function $f(\alpha)$ is called the multifractal spectrum of the measure μ . For a given measure, it is possible to calculate its multifractal spectrum using a procedure that has been called the multifractal formalism [3].

Multifractal formalism. Let consider various coverings of the area where the measure μ is defined by size L patterns Δ_k , and calculate the Renee function:

$$R_L(q) = \inf \sum_k \mu(\Delta_k)^q \quad (1)$$

where \inf taken on all surfaces with $|\Delta_k| = L$. For $L \rightarrow 0$ the Renee function can perform in a power-wise manner:

$$R_L(q) \sim L^{\tau(q)} \quad (2)$$

Let named the function $\tau(q)$ scaling indicator and calculate the relation to the multifractal spectrum $f(\alpha)$. By the definition of a multifractal spectrum, the number of patterns on which a measure μ has a singularity of order α grows as $N^{(\alpha)}(L) = (L^{-1})^{f(\alpha)}$. Therefore, (1) takes the form:

$$R_L(q) \sim \sum_\alpha N^{(\alpha)}(|\Delta|) |\Delta|^{\alpha q} \sim \sum_\alpha L^{\alpha q - f(\alpha)} \quad (3)$$

with $L \rightarrow 0$, the main contribution to this sum is given by the terms corresponding to $\min(\alpha q - f(\alpha))$. Comparing the previous expression with (2), can be obtained:

$$f(\alpha) = \min_q (q\alpha - f(\alpha)). \quad (4)$$

This formula expresses the Legendre transform of a function $f(\alpha)$. It is known from mathematics that the Legendre transformation is back to itself: if the function $f(\alpha)$ is concave, then can be obtained:

$$f(\alpha) = \min_q (q\alpha - \tau(q)) \quad (5)$$

This is the basic formula of the multifractal formalism. In practice, the scaling index $\tau(q)$ of the Renee function can often be calculated directly from experimental data, since the Renee function from in essence, is the correlation function of a random field given by measure μ . Then the multifractal formalism allows one to reconstruct the multifractal structure of the measure μ .

Consequently, the Legendre transform [1,3] can be used to reconstruct the multifractal spectrum from $\tau(q)$.

In the theory of multifractality, parameter α has the meaning of the order of singularity of measure μ , and $f(\alpha)$ the dimension of the corresponding set singularities. If the function τ is differentiable, then these values can be calculated according to the formulas:

$$\alpha = \tau'(q), \quad f(\alpha) = q\tau'(q) - \tau(q) \quad (6)$$

These relations can be considered as a parametrization of the multifractal spectrum in terms of $\tau(q)$.

Estimation the similarity and scaling functions of multifractal traffic.

Step 1. Measurements are taken of the input $X(t)$ high-resolution acquisition process. Suppose the input process exhibits multifractal scaling properties. Then the scale function $\tau(q)$ and the function $c(q)$ can be estimated based on the recorded data for several possible parameters $q > 0$. The importance of the function $c(q)$ should be emphasized as the quantitative coefficient of the multifractal process, the value of which is sometimes underestimated in researches that consider the multifractal properties of high-speed network traffic. The scale function $\tau(q)$ determines only the quality of the multiscale, and it alone is not enough to describe the multifractal model and, consequently, to analyze the queuing models with the multifractal processes at the input.

Large-scale performance can be tested using methods based on wavelet representation [3]. The discrete wavelet transform is a series of X size n at the scale level j obtained using a set of wavelet coefficients $d_X(j, k), k = 1, 2, \dots, n_j$, where $n_j = 2^{-jn}$. Here n is the available number of wavelet coefficients in octave j .

Step 2. The q -order of the logarithmic diagram octave j moment q is determined:

$$\mu(j, k) = 1/n_j \sum_{k=1}^{n_j} |d_X(j, k)|^q \quad (7)$$

The sum in (7) is taken for those points of the space in which the module wavelet transform takes maximum values (according to the local maxima of the module). In [3] it is shown that the skeleton, built from the lines of maximum modulus, contains all the information about the distribution of the features of the original surface. Calculations of the partition function (the Renee function) $\mu(j, q)$ allow tracking the similarity for large ($q > 0$) and small fluctuations ($q < 0$). The linearity of logarithmic diagrams with different order of moments q indicates the scale property of the series, i.e.

$$\log_2 \mu(j, q) = (\log_2 j)\tau(q) + \log_2 c(q) \quad (8)$$

where $\tau(q)$ characterizes the rate of scaling, $c(q) = const$.

The method of estimating $\tau(q)$ and $c(q)$ for a fixed q value can be illustrated in fig. 2.

From this figure, it can be seen that the slope of the straight line characterizes the scaling index $\tau(q)$, and the segment, cut off on the ordinate axis, is a quantity $\log_2 c(q)$. From fig. 2 and relations (8) can be obtained:

$$\tau(q) = \liminf_{j \rightarrow \infty} \frac{\log_2 \mu(j, q)}{\log_2 j} \quad (9)$$

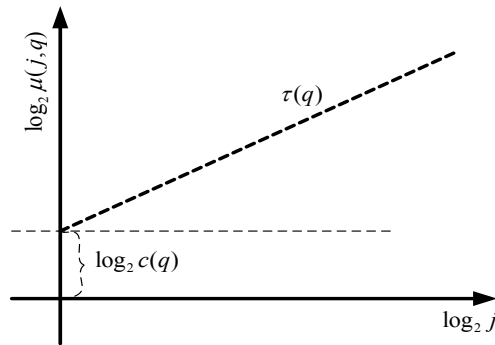


Figure 2 – Estimation the function $\tau(q)$ and $c(q)$

Approximate the functions $\tau(q)$ and $\log_2 c(q)$ found numerically with polynomials of the form:

$$\tau(q) = -c_0 + c_1 q - c_2 \frac{q^2}{2!} + c_3 \frac{q^3}{3!} = \sum_{i=0}^3 c_i q^i \quad (10)$$

$$\log_2 c(q) = -a_0 + a_1 q - a_2 \frac{q^2}{2!} + a_3 \frac{q^3}{3!} = \sum_{i=0}^3 a_i q^i \quad (11)$$

Conclusion. The main approach for investigation the self-similarity of operating modes the aviation engine and, in turn, to construct the adaptive control systems with optimal algorithms the flexible scheme factorization traffic of wireless data transmission has been considered.

In order to increase the efficiency of functioning ACS GTE, it is necessary to investigate the influence of multifractality by solving the following tasks:

- the absence of a hydromechanical reserve and the inclusion of a third simplified electronic channel in the system;
- the use of autonomous, with increased reliability, limiters promotion of the rotors of the engine;
- use as executive mechanisms of stepping motors, ensuring the fixation of the mode of operation of the engine in case of failure of the electronic controller;
- hardware integration of engine control and monitoring systems;
- the use of autonomous electric generators for powering electronic components of ACS;
- duplication of sensors of the engine main parameters and executive mechanisms of the electronic system.

REFERENCES

1. Научный вклад в создание авиационных двигателей / Под общ. ред. В.А. Скибина, В.И. Солонина. М.: Машиностроение, 2000. Кн. 1. 725 с; Кн. 2. 616 с.
2. EUROCAE [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.eurocae.net/>
3. Tovkach S.S. Wavelet Decomposition for Diagnosing the Technical State of the Engine Automatic Control Systems. Journal of Nano- and Electronic Physics. – 2019. – № 1 (11). – P.01016(1)-01016(6).

ОСОБЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ СУЧАСНИХ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Федоров А.І.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Морські контейнерні перевезення - економний і надійний спосіб транспортування великих партій товарів. Контейнери представляють собою стандартні ємності, призначені для перевезення вантажів без тари морськими суднами. Контейнерні вантажоперевезення є одним з найнадійніших способів транспортування вантажу, що дозволяє забезпечити товару високу безпеку. Всі контейнери забезпечені спеціальним механізмом для зручного навантаження і вивантаження, а також для перевантаження з одного виду транспорту на інший. Перевезення вантажу контейнером має ряд переваг. Основне з них - відсутність перевантажень товару при зміні транспортного засобу. Товар буде один раз завантажений в контейнер і вивантажений вже на складі одержувача. Завдяки цьому досягається значна економія коштів при можливості гнучкого і ефективного поєднання різних видів транспорту. Контейнерні перевезення, що здійснюються морським транспортом відрізняються високим рівнем безпеки оскільки сучасні контейнери мають міцну конструкцію і достатню герметичність. Очевидний плюс полягає в можливості перевозити практично всю номенклатуру вантажів в спеціалізованих контейнерах. Універсальність цієї тари дозволила оптимізувати логістику до недосяжного раніше рівня, істотно спростивши вантажно-розвантажувальні операції. Проте, розвантаження і завантаження контейнерів - операція, що вимагає використання спеціальної техніки, праці кваліфікованих операторів і на сучасному етапі - інтегрованих комп'ютерних програм і систем.

Слід зазначити, що на даному етапі розвитку торговельного флоту виникає актуальна проблема підвищення ефективності та безпечності морських контейнерних перевезень. Однією з складових цієї проблеми є завантаження та вивантаження контейнерів. У ході цих операцій актуальною є проблема розміщення вантажу на судні або терміналі таким чином, щоб він займав точне місце і не піддавався додатковій перестановці (шіфтіngu) на судні; з судна на берег, з берега на судно [1-4].

Основна частина. Для освоєння зростаючого контейнеропотоку на поточний момент часу здійснюються різні заходи щодо збільшення пропускної і провізної спроможності: проводиться будівництво нових ультравеликих суден-контейнеровозів, контейнерних терміналів, залізниць, механізуються, автоматизуються та комп'ютеризуються всі виробничі процеси. На судні модернізують різні комп'ютерні програми, пов'язані з навантаженням та вивантаженням; на терміналі встановлюють більш потужне і досконале устаткування; рухомий склад поповнюється більш потужними і досконалими автомобілями-навантажувачами, локомотивами вагонами і т. д. Це дозволило підвищити ефективність доставки дорогих вантажів і знизити собівартість перевезень. Зниження собівартості перевезень сприяє поліпшенню якісних показників використання всіх елементів транспорту і навантажувально-розвантажувального устаткування. Поліпшення всіх показників призводить до значної економії в експлуатаційних витратах і, найголовніше, до зниження необхідного часу на дані процеси. Таким чином, необхідність розробки пропозицій, спрямованих на оптимізацію роботи морської контейнерної інфраструктури, є досить актуальною. Переваги контейнерних перевезень в порівнянні з традиційним тарно-штучним способом, коли товари на своєму шляху від виробника до споживача по кілька разів перевантажувалися, пошкоджувалися, розкрадалися, стали настільки очевидними, що судовласники, морські порти, суміжні види транспорту усього

світу вклали в цю справу мільярди доларів. Тривалість стоянки судна в порту скоротилася в 5-8 разів, в 7-10 разів знизилася собівартість вантажних робіт, в 10-15 разів зменшилася кількість вантажників, різко скоротилися терміни доставки вантажів, в 8-10 разів збільшується пропускна здатність портів. Цей процес отримав назву контейнерної революції.

Основними перевагами мультимодальних перевезень, до яких належать контейнерні перевезення, є скорочення часу доставки і зниження фінансових витрат. Це стає можливим завдяки вірному плануванню організаційно-методичних та технологічних процесів перевезення вантажів. Під час дослідження було проведено порівняльний аналіз новітніх розробок і досягнень в галузі сучасних контейнерних перевезень [5-20], результати яких наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Системи з оптимізації завантаження контейнеровозів

N	Назва системи або наукової розробки	Автори, рік	Завдання які вирішуються	Опис розробки
1	Оптимізація дій на контейнерних терміналах: ієрархічний та інтегровані підходи. (Optimization of operations in container terminals: hierarchical vs integrated approaches)	Paria Vacca, Matteo Salani, Michel Bierlaire. 2010 р.	Удосконалення портової продуктивності і ефективності	Оптимізація роботи контейнерних терміналів за допомогою ієрархічних та інтегрованих підходів.
2	Суб-оптимальні плани для швидкого створення ефективного вантажного плану великих контейнерних суден. (Fast Generation of Near Optimal Plans for Efficient Stowage of Large Container Vessels)	Dario Pacino, Alberto Delgado, Rune Maller Jensen, Tom Bebbington. 2011р.	Генерує оптимальні вантажні плани укладання контейнерів для економії часу.	Новий двофазовий підхід, який генерує оптимальні плани укладання контейнерів для економії часу. Підхід комбінує модель інтегрованого і обмеженого програмування та процедуру локального пошуку оптимального вантажного плану.
3	Комбінаторна оптимізація і стратегія завантажування судна та графіку завантаження контейнерного терміналу. (Combinatorial Optimization and Strategy for Ship	Wenbin Hu, Zheng-bing Hu, Lei Shi, Peng Luo, Wei Song. 2012 р.	Мета - скоротити конфлікт терміналу, транспортних засобів та причального крану в процесі завантаження контейнеровозу. Удосконалити безпеку завантаження судна та транспортної	Модель використовує стратегію завантаження контейнерного судна з використанням евристичного жадібного алгоритму. Евристична інформація в евристичному жадібному алгоритмі це комбінаторний алгоритм

N	Назва системи або наукової розробки	Автори, рік	Завдання які вирішуються	Опис розробки
	Stowage and Loading Schedule of Container Terminal)		економіки, зменшити час перестановки контейнерів як на терміналі так і на судні	для оптимізації і нової стратегії у підході до складання ефективного вантажного плану судна.
4	Керування контейнерним переміщенням на судні, що завантажується з використанням нової програми імітаційного моделювання (Managing container reshuffling in vessel loading by simulation)	Rina Mary Mazza, Pasqual legato 2013 р.	Тренажерна програма застосовується для оцінки кількості переміщень; розробляє оптимальний, послідовний план завантаження судна.	Використання тренажерної програми розробленої в середовищі microsoft visual basic 6.0 professional для допомоги у контролюванні проблем пов'язаних з перекладанням контейнерів.
5	Оптимізація послідовності завантаження контейнеровозу що базується на гібридному динамічному програмуванні (Optimization on the container loading sequence based on hybrid dynamic programming)	Zhan Bian, Qianqian Shao, Zhihong Jin 2015 р.	Мета оптимізації - мінімізувати число або кількість дій по переміщенню контейнерів під час процесу завантаження та зробити цей процес більш ефективнішим.	Двоступеневий гібридний динамічний алгоритм, що має за мету здобуття оптимізованої послідовності завантаження контейнерів.
6	Аналіз критеріїв складання вантажного плану морського судна типу контейнеровоз	Устинов Р.Г., Днепровский В.В 2005	Аналіз основних критеріїв складання вантажного плану лінійного контейнеровоза і визначення їх залежності від числа шіфтинга контейнерів.	Оптимальність складання вантажних планів, як окремого судна, так і групи суден в цілому. Як математичний інструмент процесу моделювання складання вантажних планів, пропонується використовувати пакет прикладних програм багатокритеріальної оптимізації.
7	Розробка rfid-системи контролю завантаження-розвантаження контейнерів на судах	І.Л. Афонін, А.А. Жмур, Н.А. Турняк 2012 р.	Завдання контролю навантаження контейнерів на судно. Зменшення кількості помилок при навантаженні і розвантаженні	Розробка науково-обґрунтованих рішень питання контролю за навантаженням-розвантаженням контейнерів за допомогою rfid-системи,

N	Назва системи або наукової розробки	Автори, рік	Завдання які вирішуються	Опис розробки
			позбавляє вантажного помічника від рутинної і важкої роботи.	інтегрованої в інтегровану систему судна. Аналіз rfid-системи яка прискорює процес моніторингу за навантаженням судна-контейнеровоза та зменшує кількість помилок і позбавляє вантажного помічника від рутинної і напруженої роботи.
8	Система підтримки прийняття рішень по навантаженню великотоннажного контейнеровоза	Нікольський В.В., Нікольський М.В. Накул Ю.А., 2016	Підвищення рівня контролю за навантаженням контейнерів. Розробка системи підтримки прийняття рішення навантаження контейнерів що дозволить в лічені хвилини капітану судна оцінити ступінь проведених навантажувальних робіт.	Оптимізація процесу навантаження. Система підтримки прийняття рішень щодо завантаження великотоннажного контейнеровозу
9	Комп'ютерні програми з планування розміщення контейнерів на судні типу контейнеровоз	І.А. Русинов, Е.А. Гедрис 2016 г.	Автоматизувати процес складання плану навантаження контейнерів на судно	Програмне забезпечення, що дозволяє автоматизувати процес складання плану навантаження контейнерів на судно. Особливості комп'ютерних програм-планувальників. Аналіз їх функціонування

Висновки. В ході аналізу робіт, присвячених створенню моделей і алгоритмів розміщення контейнерів на судні і термінали було визначено, що для вирішення подібних завдань використовуються, в основному, евристичні підходи, а саме: ітераційний локальний пошук (iterative local search, ils); спрямований локальний пошук (guided local search, gls); пошук зі змінною околицею (variable neighborhood search, vns); імовірнісний жадібний алгоритм (grasp); еволюційний алгоритм (evolutionary algorithm, ea); генетичний алгоритм (genetic algorithms, ga); алгоритм оптимізації мурашиної колонії (ant colony optimization, aco); імітація відпалу (simulated annealing, sa); пошук із заборонами (tabu search, ts).

В цілому слід зазначити, що на даному етапі контейнерна система вимагає узгодженого розвитку - має бути забезпечене не тільки будівництво нових ультрасучасних

суден, а й модернізація існуючих, будівництво нових великих спеціалізованих портів і терміналів, створення великовантажних типів розвантажувально-вантажної техніки. Необхідний також контроль за пересуванням контейнерів як в порту, так і протягом усього шляху у морі і на суші, узгодженість країн-партнерів з торгівлі, що ще більше ускладнює проблему, перетворюючи її, по суті, в глобальну.

Таким чином, створення нових методів або алгоритмів оптимізації процесу складання вантажного плану судна типу контейнеровоз є одним з найбільш актуальних питань сьогодення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Козырев В.К. Грузоведение: Учебник. / В.К. Козырев. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Одесса: Феникс, 2005. – 360 с.
2. Николаева Л.Л., Цимбал Н.Н. Морские перевозки: Учебник. / Л.Л. Николаева, Н.Н. Цимбал. // Одесская национальная морская академия. – Одесса : Феникс, 2005. – 425 с. – 25 лист. ил.
3. Снопков В.И. Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. – 4-е издание, переработанное и дополненное / В.И. Снопков. – СПб: НПО «Профессионал», 2006. – 500 с.
4. Zhan Bian, Qianqian Shao, Zhihong Jin (Optimization on the container loading sequence based on hybrid dynamic programming), 2015.
5. Wenbin Hu, Zhengbing Hu, Lei Shi, Peng Luo and Wei Song (Combinatorial optimization and strategy for ship stowage and loading schedule of container terminal), 2012.
6. Устинов Р.Г. Анализ критериев составления грузового плана морского судна-контейнеровоза. / Р.Г. Устинов, В.В. Днепровский. // Вестник Приазовского Державного Техничного Университета – Вып. № 15, 2005.
7. Нікольський В.В. Система підтримки прийняття рішення по завантаженню великотоннажного контейнеровоза. / В.В. Нікольський, М.В. Нікольський, Ю. А. Накул, 2016.
8. Ambrosino D., Anghinolfi D., Paolucci M. and Sciomachen, A. (2010) 'An experimental comparison of different heuristics for the master bay plan problem', Lecture Notes in Computer Science. – Vol. 6049. – Pp.314–325.
9. Avriel M., Penn M. and Shpirer, N. (2000) 'Containership stowage problem: complexity and connection to the coloring of circle graphs', Discrete Applied Mathematics. – Vol. 103, Nos. 1–3. – Pp.271–279.
10. Blum C. and Roli, A. (2003) 'Metaheuristics in combinatorial optimization overview and conceptual comparison', ACM Computing Surveys. – Vol. 35, No. 3. – Pp.268–308.
11. Dubrovsky O., Levitin G. and Penn M. (2002) 'A genetic algorithm with a compact solution encoding for the containership stowage problem', Journal of Heuristics. – Vol. 8, No. 6. – Pp.585–599.
12. Fan L., Low M.Y.H., Ying, H.S., Jing, H.W., Min, Z. and Aye, W.C. (2010) 'Stowage planning of large containership with tradeoff between crane workload balance and ship stability', Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computers Scientists. – Vol. III. – Pp.1–7.
13. Imai A., Sasaki K., Nishimura E. and Papadimitriou, S. (2006) 'Multi-objctive simultaneous stowage and loading planning for a container ship with container rehandle in yard stacks', European Journal of Operational Research. – Vol. 171, No. 3. – Pp.373–389.
14. Michalewicz Z. (1996) Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, 3rd ed., Springer-Verlag, London, UK.
15. Ribeiro C.M., Azevedo A.T. and Teixeira R.F. (2010) 'Problem of assignment cells to switches in a cellular mobile network via beam search method', WSEAS Transactions on Communications. – Vol. 9, No. 1. – Pp.11–21.

16. Sciomachen A. and Tanfani E. (2007) 'A 3D-BPP approach for optimizing stowage plans and terminal productivity', *European Journal of Operational Research*. – Vol. 183, No. 3. – Pp.1433–1446.
17. Vacca I., Bierlaire M. and Salani M. (2007) 'Optimization at container terminals: status, trends and perspectives', 7th Swiss Transportation Research Conference, September. – Pp.1–21.
18. Valente J.M.S. and Alves, R.A.F.S. (2005) 'Filtered and recovering beam search algorithm for the early/tardy scheduling problem with no idle time', *Computers & Industrial Engineering*. – Vol. 48, No. 2. – Pp.363–375.
19. Wilson I. and Roach P.A. (1999) 'Principles of combinatorial optimization applied to container-ship stowage planning', *Journal of Heuristics*. – Vol. 5, No. 4. – Pp.403–418.
20. Dyckhoff H. (1990) 'A typology of cutting and packing problems', *European Journal of Operational Research*. – Vol. 44, No. 2. – Pp.145–159

РОБАСТНЫЙ РЕГУЛЯТОР ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА

Хлопенко Н.Я., Рожков С.А., Хлопенко И.Н.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Хорошо известно, что робастные регуляторы систем управления электрических машин имеет высокий порядок. Поэтому такие регуляторы находят применение в цифровых системах управления. Их математическая модель прописывается в микроконтроллере. Однако цифровые системы управления уступают по точности аналоговым системам. К тому же большинство систем управления, находящихся в эксплуатации, являются аналоговыми с регуляторами низкого порядка (П-, ПИ- и ПИД-регуляторы). Такие регуляторы не обеспечивают желаемого качества регулирования при изменении неопределенных параметров системы управления в достаточно широких пределах. К тому же построенные на их основе системы управления не всегда являются оптимальными.

В связи с этим весьма важной и актуальной является задача создания аналогового оптимального робастного регулятора. Она не имеет общего решения. Поэтому в данной работе решение указанной задачи получено применительно к робастной системе стабилизации потокосцепления ротора асинхронного электропривода [1, 2].

Целью работы является создание оптимального робастного регулятора системы стабилизации потокосцепления ротора.

Основная часть. Поставленная задача решалась в три этапа. На первом этапе рассчитывалась передаточная функция оптимального робастного регулятора системы стабилизации потокосцепления ротора по методике, предложенной в работе [1]. На втором этапе проводилось разложение найденной передаточной функции в цепную дробь [1]. На завершающем этапе осуществлялось конструирование оптимального робастного регулятора по разложенной в цепную дробь передаточной функции регулятора.

Созданная нами принципиальная электрическая схема регулятора показана на рис. 1. В ее состав входят три операционных усилителя, нескольких резисторов и конденсаторов. Выбор этих элементов осуществлялся с учетом разброса их параметров в заданных границах в процессе расчетов амплитудных и фазовых частотных характеристик системы с допускаемыми запасами устойчивости по амплитуде и фазе и по точности стабилизации потокосцепления ротора робастной системой с параметрической неопределенностью объекта [2].

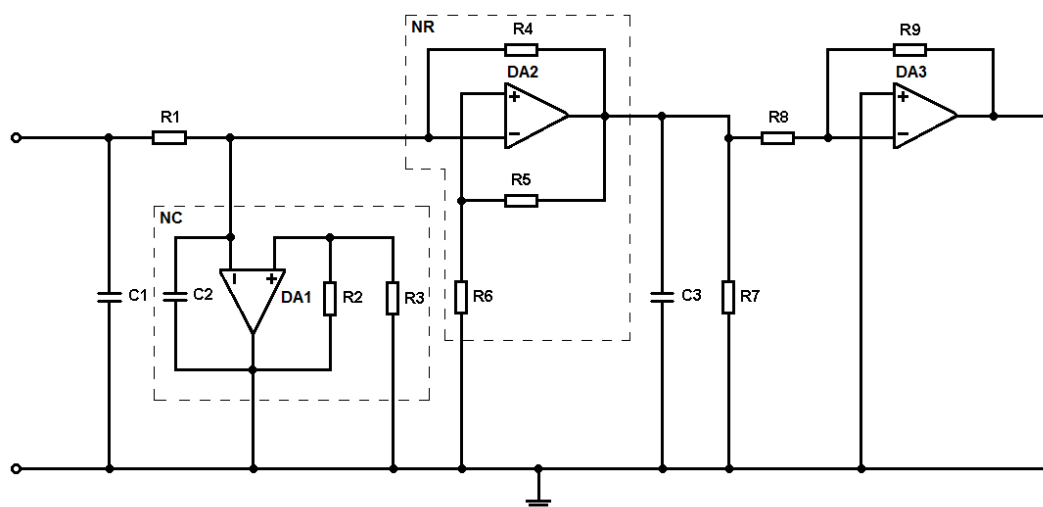


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема робастного регулятора

Реализация оптимального робастного регулятора на основе разработанной принципиальной электрической схемы позволяет с высокой точностью стабилизировать потокосцепление ротора асинхронного электропривода с небольшими финансовыми затратами.

Сконструированный нами регулятор можно использовать не только в аналоговых, но и в цифровых системах управления. В этом случае высвобождается память программируемого контроллера, занятая под регулятор.

Выводы. Сконструированный робастный регулятор стабилизирующей системы управления потокосцеплением ротора обеспечивает высокую точность стабилизации потокосцепления и малую чувствительность системы к случайным вариациям неопределенных параметров в заданных границах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлопенко Н.Я., Хлопенко И.Н. Структурный синтез стабилизирующего робастного регулятора потокосцепления ротора // *Електротехніка і електромеханіка.* – 2017. – № 2. – С.21-25. doi: 10.20998/2074-272X.2017.1.04.
2. Хлопенко И.Н., Рожков С.А., Хлопенко Н.Я. Устойчивость и точность робастной системы стабилизации потокосцепления ротора асинхронного электродвигателя при случайных вариациях неопределенных параметров в заданных границах // *Електротехніка і електромеханіка.* – 2018. – №4. – С.35-39. doi: 10.20998/2074-272X/2018.06.

СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА

МОДУЛЯЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ КАК МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ ВОЛН В ОКЕАНЕ

Абрамов Г.С., Чернявский В.В.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Куклин В.М.

*Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина
(Украина)*

Введение. До сравнительно недавнего времени учёные считали, что волны высотой больше 25-ти метров в океанах Земли существовать не могут, хотя ещё в 1840 году на заседании Французского географического общества мореплаватель Дюмон Дюрвиль заявил, что своими глазами видел 35-метровую волну. Однако он был осмеян и предан остракизму. В 1933 году волна высотой 35 метров обрушилась на корабль ВМС США «Рамапо». История о встрече лайнера «Королева Мария» с волной 28 метров легла в основу голливудского фильма «Посейдон». За 20 последних лет жертвами бродячих волн-убийц (ВУ) стали не меньше 200 судов, среди них 22 громадных, казалось бы, непотопляемых супертанкеров. Более 600 человек утонули. В 1980 году у берегов Японии британский сухогруз «Derbyshire» (длина судна 250 метров) настигла ВУ, пробила главный грузовой люк и залила трюм. Ни шторма, ни цунами во время гибели судна не наблюдалось. Экспертная комиссия в 2000 году пришла к выводу: сухогруз столкнулся с гигантской волной одиночкой. Возрастающая статистика таких необычных морских крушений вынудила учёных серьёзно заняться проблемой аномально высоких волн. Всего за 3 недели наблюдений в 2004 году приборы зафиксировали 10 наблюдений ВУ высотой больше 30-ти метров. Наиболее ярким наблюдением можно считать так называемую «январскую волну» 1 января 1995-го года. Она обрушилась на газодобывающую платформу «Draupner» в Северном море и смыла оборудование, стоявшее на высоте 31 метр.

По наблюдениям Национального управления океанических и атмосферных исследований США волны-убийцы (ВУ) могут быть не рассеивающимися, способными на путь по морю до 10-ти миль. По наблюдениям моряков ВУ иногда возникают словно ниоткуда – мгновенно. Некоторые размером с 10-этажный дом. Внезапно появляются – внезапно исчезают. Учёные пытаются выяснить, как энергия в океане перераспределяется таким образом, что становится возможным образование ВУ.

Известно, что если ветер гонит волну против сильного течения, то это может привести к возникновению очень высоких, крутых волн. Такая ситуация наблюдается у Игольного мыса – самой южной точки Африки, где граничат Атлантический и Индийский океаны. Аномально большие волны образуются в результате столкновения быстрого Агульясова течения и ветров, дующих с юга. Движение воды замедляется, а волны начинают громоздиться друг на друга, образуя гигантские валы. Помимо этого аномально большие волны наблюдают в течениях Гольфстрим и Куроисио, к югу от берегов Японии, и в пользующихся мрачной славой водах, омывающих мыс Горн, где происходит то же самое: быстрое течение сталкивается с сильными противодействующими ветрами. Таким образом, аномально большие волны можно встретить там, где сильные ветры тормозят быстрые океанские течения. Такой механизм возможен, но он не объясняет появления ВУ (бродячих гигантов) там, где сколь-либо значимые течения отсутствуют, например, в Северном море («январская волна»).

В некоторых районах Мирового Океана существует гравитационные впадины. Космонавты наблюдают с орбиты странные впадины на поверхности океана и утверждают:

океан – не зеркален, он имеет выпуклости и вогнутости глубиной в несколько десятков метров. Эти гравитационные перепады возникают по непонятным пока причинам, процессам, происходящим в недрах Земли, однако эти процессы также могут запускать механизмы формирования ВУ (не говоря уже о подводных вулканах, землетрясениях и т.п.)

Эксперты пока не пришли к какому-либо определённом мнению о причинах и механизмах образования ВУ. Они лишь называют следующие предпосылки к появлению ВУ:

Область пониженного давления;

Ветер, дующий в одном направлении более 12-ти часов подряд;

Волны, движущиеся с той же скоростью, что и область пониженного давления;

Волны, движимые ветром против сильного течения.

Быстрые волны, догоняющие более медленные волны и сливающиеся с ними.

Однако вздорный характер ВУ проявляется и в том, что они могут возникать и тогда, когда перечисленные условия не выполняются, даже при отсутствии серьёзного волнения на поверхности воды. В этой непредсказуемости и заключается основная опасность для судоводителей и задача для учёных, которую ещё предстоит решить.

Основная часть *Волны аномальной амплитуды в океане*. По внешнему виду аномально высокие волны (экстремальные волны, rogue waves, abnormal waves, exceptional waves, giant waves, steep wave events) на поверхности глубокой воды (это т.н. гравитационные поверхностные волны, длина такой волны много меньше глубины океана, кстати, с уменьшением глубины скорость волны замедляется) делятся на три основных типа: «белая стена», «три сестры» (группа из трех волн), одиночная волна («одиночная башня») [1 - 4]. Высота волны обычно указывается именно как расстояние от высшей точки гребня до низшей точки впадины. Ширина цуга гигантских волн может достигать нескольких сотен метров до километра, что больше длин таких волн. В ряде случаев направление распространения таких волн, часто сбивающихся в группы по две-три волны, отличалось от основного направления движения волн вплоть до десятков градусов.

Аномально высокими волнами считаются волны, высота которых более чем в два раза превышает значимую высоту волн. Значимая высота волн рассчитывается для заданного периода в заданном регионе. Для этого отбирается треть всех зафиксированных волн, имеющих наибольшую высоту, и находится их средняя высота. Большинство современных судов может выдержать нагрузку до 15 тонн на квадратный метр и, в случае даже сильного волнения, это соответствует более чем двукратному запасу прочности, однако аномально большие волны способны вызвать давление до 100 тонн на квадратный метр [5]. Все это внушает более чем обоснованную обеспокоенность судоводителям и работникам морского транспорта. Поэтому предпринимаются попытки выяснить области образования, определить частоту возникновения таких волн и разработать способы предупреждения об их появлении. На основании данных полученных со спутников удалось составить приблизительную карту, которая поможет судоводителям избегать опасных районов. Европейцев волнует, прежде всего, восточное побережье Южной Африки, Бискайский залив и Северное море. Есть и другие опасные регионы – это южная часть побережья Латинской Америки. Сомневаясь в возможности раннего предупреждения, шведские специалисты рекомендуют создавать виртуальные карты Мирового океана с обозначением на них скользящих «треугольников смерти» - участков, где в определенное время года и при определенных условиях наиболее вероятно появление ВУ. Области морских течений рассматривались и ранее как области наиболее вероятного появления ВУ [6]. Авторы [4, 7], полагали, что вероятность случайных возвышений морской поверхности $P(H)$ подчиняется Рэлеевскому распределению:

$$P(H) = \exp\left\{-2\frac{H^2}{H_s^2}\right\}, \quad (1)$$

где H_s – средняя высота-размах одной трети самых высоких волн. Можно показать, что такие волны могут появляться довольно часто. Волной с размахом $2H_s$ по их расчетам будет примерно каждая из $3 \cdot 10^3 - 10^4$ волн (волны в океане вдали от берегов имеют длины вплоть до 100 метров и выше, а скорости порядка 10 м/с.), что не противоречило некоторым экспериментальным данным. Однако, если использовать значение этой вероятности, то для $3H_s$, получим, что волна такой высоты может наблюдаться один раз в 20 лет. Весьма часто появляющимися, в сравнении с оценкой (1) оказались волны с амплитудой, превышающей $2H_s$. Вместе с тем, по данным наблюдения проекта MaxWave морской поверхности из космоса наблюдалась волна с $A = H/H_s = 2,9$. За 793 часа наблюдений волн в Северном море зарегистрирована волна с $A = 3,19$ [8]. Такая неожиданно частая регистрация экстремальных волн привела к необходимости серьезного пересмотра подходов к применимости классической статистической модели в области высоких волн. Случайный механизм образования аномальных волн оказался не корректным, поэтому основное внимание было уделено другим механизмам, которые в большинстве своем основаны на результатах развития теории модуляционной неустойчивости гравитационных поверхностных волн на глубокой воде, представленной ниже.

Для определения зон мирового океана, где с большой вероятностью ожидается появление аномальных волн необходимо на базе разработанных математических моделей определить условия, частоту и значения аномальных волн, используя характеристики внешней среды. Мониторинг, который состоит в проверке ряда критических показателей, должен быть основан на результатах моделирования. Для наблюдаемых аномально больших волн с крутизной

$$(2 \div 3) \frac{2|A_0|}{2\pi} k_0 \propto 0,13,$$

при которой нет обрушения [8,9], средняя высота волн равна $2|A_0| \propto (0,07 \div 0,04) \cdot \lambda_0$. Длина волны связана с периодом колебаний соотношением $\lambda_0 \propto 1,6 \cdot T^2$ и для волн с периодом 10 сек., волнение океана отвечает высотам волн сравнимым с 10 м. Отношение максимального инкремента модуляционной неустойчивости к частоте колебаний порядка α , $\alpha = k_0^2 |A_0|^2 \approx (0,04 \div 0,02)$ где . Другими словами, характерное время процесса (обратный инкремент) при этом можно оценить, как 6-12 минут. За время менее часа можно будет наблюдать неустойчивость на её развитой нелинейной стадии. При ветровом возбуждении (скорость ветра должна превосходить фазовую скорость гравитационных поверхностных волн, равную примерно 10-15 м/с, но если есть встречное течение, то скорость ветра может быть даже меньше этой величины на значение скорости течения) зона развитой модуляционной неустойчивости находится в 50-100 км от границы зоны ветрового возбуждения.

Модуляционная неустойчивость гравитационных волн на поверхности воды. Для гравитационных поверхностных волн на глубокой воде, представляющих интерес для судоходства в районах с высоким уровнем возбуждения океанского волнения, справедливо следующее выражение для частоты волн большой амплитуды [10]

$$\omega = \sqrt{g \cdot k \cdot \{1 + |A|^2 k^2 / 2\}}, \quad (2)$$

где A отклонение поверхности, g – ускорение свободного падения. Данные экспериментальных наблюдений и исследований [10] указывают на следующие характеристики таких волн: максимальная крутизна для устойчивых длинных (гравитационных) волн на глубокой воде до их обрушения $H/\lambda \approx 0,11 \div 0,13$, где $H = 2|A|$ – крутизна волны, то есть расстояние между верхней точкой гребня волны и нижней точкой впадины волны, $\lambda = 2\pi/k_0$ – длина волны большой амплитуды. Откуда $(k_0 A)^2 < 0,12 \div 0,17$. Важно отметить, что волны с большей амплитудой не существуют из-за эффекта обрушения. В отсутствии модуляции $|A_0|$ – средняя амплитуда, $\bar{H} = 2|A_0|$ – средняя

крутизна. Для аномально больших волн их крутизна достигает $(2 \div 3) \cdot 2 |A_0|$, причем для наиболее высоких неразрушающихся волн должно быть выполнено условие:

$$(2 \div 3) \frac{2|A_0|}{2\pi} k_0 < 0,11 - 0,13.$$

Анализируя эти данные, легко видеть, что ширина пространственного спектра неустойчивости в этих условиях не мала. Именно поэтому уравнение для комплексной медленной меняющейся (здесь исключена зависимость $\propto \exp\{-i\omega_0 t\} = \exp\{-igk_0 t\}$) амплитуды поля представляется в виде (S-теория):

$$\begin{aligned} \frac{\partial A_K}{\partial t} &= -\delta A_K - i(\sqrt{g(k_0 + K)} - \sqrt{gk_0}) A_K - i\sqrt{g(k_0 + K)} \frac{(k_0 + K)^2}{2} \{|A|^2 A\}_K = \\ &= -\delta A_K - i(\sqrt{g(k_0 + K)} - \sqrt{gk_0}) A_K - i\sqrt{g(k_0 + K)} \frac{(k_0 + K)^2}{2} \cdot \\ &\cdot \{A_K [2|A_0|^2 + 2 \sum_{K' \neq K, 0} |A_{K'}|^2 + |A_K|^2] + A_{-K}^* \{A_0^2 + \sum_{K \neq K, 0} A_K \cdot A_{-K}\}\}, \end{aligned} \quad (3)$$

Можно определить средний размах всех волн $H=U_{CP}$ и средние значения размаха трети самых больших $H=U_{SWH}$, а также самый большой размах волны из ансамбля $H=U_{Max}$.

Сравнение 1D моделей в случаях применения S-теории и более общего описания. В реальных условиях поглощение энергии гравитационных волн большой амплитуды весьма мало. Поэтому рациональным будет сравнение двух моделей описания проводить для более реалистичного случая малого поглощения океанских волн $\delta=0,01$ и значительной амплитуды волнения $\Delta=0,5666/N$; $\alpha=0,01$.

Динамика изменения средней амплитуды U_{CP} , средней амплитуды трети наибольших мод U_{SWH} и максимальных в текущий момент мод представлена на рис.1. Кружками отмечено появление волн аномальной размаха U_{AG} , которые удовлетворяют соотношению $U_{AG} > 2U_{SWH}$.

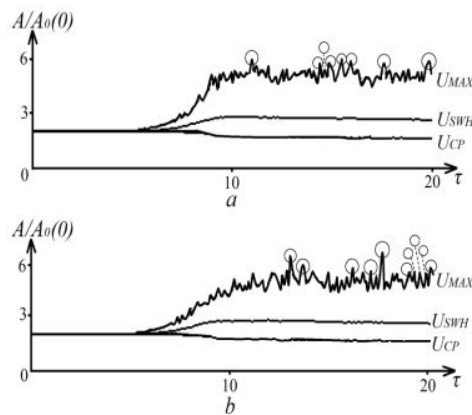


Рисунок 1 – Средняя амплитуда U_{CP} , средняя амплитуда трети наибольших мод U_{SWH} и самый большой размах волны из ансамбля U_{Max} , как функции времени. Кружками отмечено появление волн аномальной амплитуды U_{AG} в рамках S-теории (а) и в общем случае (б) [11].

Распределения амплитуд размахов H , то есть расстояний между верхней точкой гребня волны и нижней точкой впадины, в режиме развитой неустойчивости в один момент и за все время расчетов представлены на рис.2 и рис.3 в случае описания в рамках S-теории (а) и в общем случае (б). Подсчет волн происходил в одном и том же варианте расчета через моменты времени, равные времени жизни аномально большой волны (из-за слабого поглощения средние характеристики волнения практически не изменялись). Время жизни определили, рассматривая поведение волны аномальной амплитуды в данной области в течение некоторого необходимого времени наблюдения. То есть, усредняли по существу по времени, в отличие от случая, где волны с разными амплитудами подсчитывались в

многочисленных расчетах (усреднение по ансамблю расчетов). Важно отметить, что в двух этих случаях частоты появления аномальных волн в статистике по ансамблям и по времени в обеих моделях описания океанского волнения практически не отличаются. Одна такая волна возникает среди 15-20 тысяч волн.

В численном эксперименте по сравнению двух подходов (S-теория и прямой расчет) характер распределения размахов подобен обсуждаемому в работах [12,13], где их число подсчитывалось в разных реализациях, и величины усреднялись по ансамблю реализаций. Число и распределение размахов обнаруженных волн аномальной амплитуды в этих двух случаях представлены в Таблице 1. Следует обратить внимание на наличие выраженных «хвостов» распределений в обоих случаях.

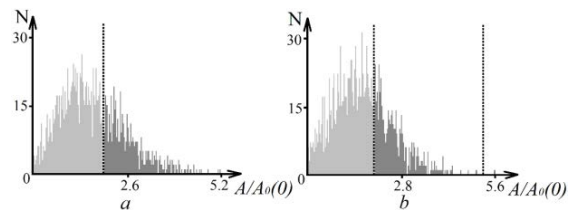


Рисунок 2– Распределение амплитуд размахов в интервале наблюдения в момент времени $\tau=20$ в случае описания в рамках S-теории (а) и в общем случае (б). Пунктирные линии определяют границу между модами малой амплитуды и третью самых больших мод и величиной, в два раза превышающей среднее значение от трети самых больших мод [11].

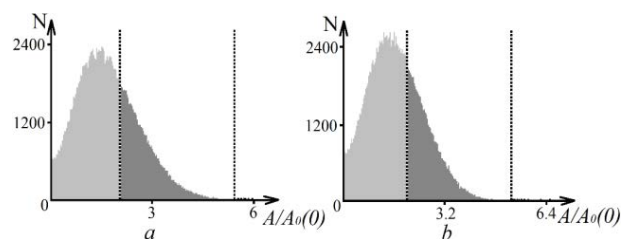


Рисунок 3 – Распределение амплитуд размахов за все время расчетов в области наблюдения в случае описания в рамках S-теории (а) и в общем случае (б). а) – всего размахов 173526, треть наибольших размахов 57842, размахов в 2 раза больше среднего трети наибольших размахов 8, б) – всего размахов 176386, треть наибольших размахов 58795, размахов в 2 раза больше среднего трети наибольших размахов 10 [11]

Таблица 1 – Аномальные размахи (Источник [11])

значение $U_{AG} / 2U_{SWH}$	S-теория	Общий случай
от 2 до 2,1	4	7
от 2,1 до 2,2	2	1
от 2,2 до 2,3	2	-
от 2,3 до 2,4	-	1
от 2,4 до 2,5	-	1
всего	8	10

Анализ наблюдений и численных экспериментов показывает, что аномальные волны часто возникают в составе группы волн, имеющих форму солитоноподобных образований. И в данном случае такие волны появляются именно в составе групп достаточно больших волн, причем в общем случае характерная длина модуляции оказывается меньше, чем при описании в рамках S-теории (рис.4).

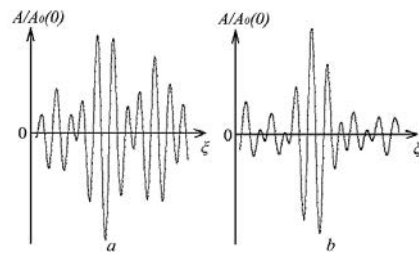


Рисунок 4 – Характерный вид аномальных волн в составе групп волн в случае описания в рамках S-теории (а) и в общем случае (b) [11]

Так как обсуждаемая система может считаться консервативной, ибо механизмы диссипации энергии волн весьма слабые, то описания неравновесных процессов в условиях интенсивного волнения, развитые в работах [14-16], могут оказаться применимы и к рассматриваемому случаю. Однако следует отметить, что найденные авторами [14-16] нестационарные решения- автоволны, бризеры (breathers), имеющие подобную солитонам природу, получают энергию из бесконечной среды, заполненной волновым движением. Одиночный короткоживущий бризер – солитон Перегринна [15], оказывается подобен рассмотренному на рис. 4 решению, описывающему волну аномальной амплитуды.

Подобное возмущение возникает в поле волнового движения и затем исчезает, что соответствует рассмотренному выше появлению и исчезновению короткоживущей аномальной волны за счет интерференции пакета стоячих волн спектра модуляционной неустойчивости, движущихся с разной скоростью под действием основной волны. Важно отметить, что в обсуждаемом одномерном случае максимальная амплитуда аномальной волны (бризера) в три раза превышает среднюю амплитуду волнения.

В технологическом университете Гамбурга был проведен эксперимент в резервуаре с водой и размерами 15x1,5x1,6 метра для волнового движения с $k_0 A \approx 0.1$ и обнаружено соответствие возникшей волны аномальной амплитуды (сплошная кривая, рис.5) с солитоном Перегринна (пунктирная кривая).

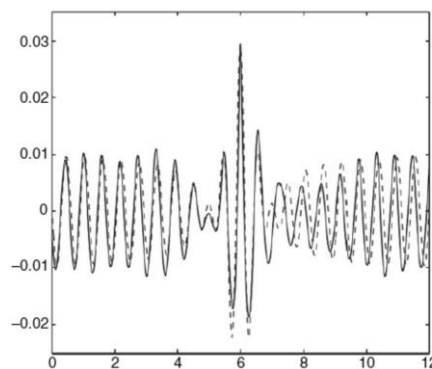


Рисунок 5 – Сравнение экспериментально наблюдаемой волны аномальной амплитуды (сплошная кривая) с наполнением огибающей, представляющей собой солитон Перегринна (пунктир) [17]. По оси ординат – амплитуда в метрах, по оси абсцисс – время в секундах

Таким образом, волны аномальной амплитуды в условиях развитого волнения, которые представляются, как перманентно существующие и непредсказуемо проявляющие себя в этих условиях автоволны - солитонообразные возмущения с переменной амплитудой [14-16], в действительности весьма определенно генерируются модуляционной неустойчивостью, которая формирует волну (или огибающую) аномальной амплитуды за счет вынужденной интерференции мод спектра неустойчивости под действием волнового движения.

Авторы выражают надежду на заинтересованные отклики капитанов дальнего плавания и всех тех, чьи наблюдения могут оказать бесценную помощь в идентификации моделей и углублении наших представлений о физике формирования и эволюции волн

аномальной амплитуды. Такое сотрудничество способствовало бы организации эффективной системы мониторинга за появлением ВУ и разработке практических рекомендаций по предотвращению нежелательных встреч с ними во время рейсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куркин А.А., Пелиновский Е.Н. Волны-убийцы: факты, теория и моделирование. – Нижний Новгород: ННГУ, 2004.
2. Kharif C., Pelinovsky E. Physical mechanisms of the rogue wave phenomenon // Eur. J. Mech. B-Fluid. – 2006. – V. 22(6). – P.603-633.
3. Yeom D.-I., Eggleton B.J. Photonics: rogue waves surface in light // Nature. 2007. – V.450. – P.953-962.
4. Kharif C., Pelinovsky E., Slunyaev A. Rogue Waves in the Ocean. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.
5. Бердичевский А. Гигантские волны-убийцы все еще представляют опасность для судоходства. –РИА новости, 2007. - Режим доступа: <http://transbez.com/info/sail/wave-killer.html>.
6. Lavrenov I.V. The wave energy concentration at the Agulhas current of South Africa // Natural Hazards. 1998. – Vol.17. – P.117-127.
7. Бадулин С., Иванов А., Островский А. Влияние гигантских волн на безопасность морской добычи и транспортировки углеводородов // Технологии, ТЭК. 2005/ – No.2.
8. Dyachenko AI, Zakharov V.E. Modulation instability of stokes wave – Freak wave // JETP Lett. 2005. –Vol.81(6). – P. 255-259.
9. Schwartz L.W., Fenton J.D. Strongly nonlinear waves // Ann. Rev. Fluid. Mech. – 1982. – Vol.14. – P.39-60.
10. Карпман В.И. Нелинейные волны в диспергирующих средах. – М.: Наука. – 1973. – 175 с.
11. Белкин Е.В., Киричок А.В., Куклин В.М., Приймак А.В. Аномальные волны в модуляционно неустойчивом волновом поле // East Eur. J. Phys. 2014. – V.1 – №.2. – С.4-39 (http://eejp.univer.kharkov.ua/Biblio/2014/EEJP_1_2/12p4-39.pdf)
12. Белкин Е.В., Гущин И.В. Анализ численной модели модуляционной неустойчивости волны конечной амплитуды в нелинейной среде // Вісник ХНУ ім. В.Н.Каразіна.- Сер. Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління. 2008 – № 809 (9). –С. 20-31.
13. Белкин Е.В., Киричок А.В., Куклин В.М. Модуляционная неустойчивость волн, поддерживаемых внешним источником в среде с поглощением // ВАНТ, Сер. «Плазменная электроника и новые методы ускорения. 2010. – No. 4(68)). – С.291-295.
14. E. Kuznetsov E. Solitons in a parametrically unstable plasma /Akademiia Nauk SSSR Doklady, 236, 1977, pp. 575–577.
15. Peregrine D. Water waves, nonlinear Schrodinger equations and their solutions/ Journal of the Australian Mathematical Society Series 25 (1) (1983) 16–43.
16. Akhmediev N., Korneev V. Modulation instability and periodic solutions of the nonlinear Schrodinger equation / Theoretical and Mathematical Physics 69 (2) (1986) 1089–1093.
17. Chabchoub A., Hoffmann N., Akhmediev N. Rogue wave observation in a water wave tank / Physical Review Letters 106 (20) (2011) 204502.

ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ТАРЫ ЯДОФУМИГАНТОВ НА СУДАХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО - ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА, МОРЯ И ПОБЕРЕЖЬЯ

Белобров Е.П., Квасневская Н.Ф., Замбриборц М.С.

*Центр «Медицинской и экологической безопасности технологий морской фумигации и перевозки опасных грузов» УкрНИИ МТ МЗ Украины
(Украина, г. Одесса)*

Голиков А.А.

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

Торский В.Г., Рангаева А.А.

*Морской институт Украины (отделение Nautical Institute of Great Britain, London)
(Украина)*

Вступление. Значительный рост грузооборота Украины экспортных зерновых зернобобовых, масличных, кормовых, лесных и других подкарантинных фумигированных опасными и ядовитыми химикатами в рейсе грузов (в 2017-2018 МГ около 45 млн. т зерновых), отправляемых на судах, одновременно порождает проблему эколого-гигиенической и медико-санитарной безопасности морских фумигаторов, членов экипажей, портовых работников и населения припортовых городов, рекреационных зон отдыха, морской и окружающей среды всего побережья в целом [1].

Актуальность исследований. Увеличение потока зерновых экспортных грузов привело к необходимости использования крупнотоннажных балкеров–зерновозов и вызвало изменение в профиле процессов технологии морской фумигации грузов с выносом их на открытые рейды портов. Это вызвало необходимость перевозки пестицидов на непригодных судах портофлота: как больших партий фумигационных препаратов 4.3 и 6.1 класса опасности по IMO IMDG Code, так и перевозки в обратном направлении опасных отходов тары 2 класса экологической опасности, что напрямую связано с аварийными попаданиями ядохимикатов и их опасных отходов в морскую среду [2]. Параллельно с этим возникли вопросы безопасности судоходства, ликвидации аварийных ситуаций, экологического загрязнения моря и разработки новых подходов к решению проблемы обращения с отходами ядохимикатов, поиска и разработки способов дегазации тары от фосфина непосредственно на борту судов балкерного флота.

Постановка задачи. Посредством длительных, многомесячных экспериментально – экологических лабораторных исследований изучить: динамику «живучести» в морской и речной воде «потерянных» алюминиевых банок фумигационных препаратов и опасных отходов их тары при предрейсовой фумигации зерновых грузов на судах, стоящих под фумигацией в портах и на рейдах; разработать способы и методы предупреждения аварийного загрязнения ядохимикатами морской среды и побережья; разработать способы дегазации (обезвреживания) от фосфина тары из-под фумигационных препаратов на борту судна.

Результаты исследований. Руководствуясь Международными морскими документами по защите моря от загрязнения (IMO MARPOL-84) и Закона Украины № 2059-VIII от 23 мая 2017 года (ст. 3, п 10, абзац 5) «Об оценке воздействия на окружающую среду» и данными результатов ретроспективных экспериментальных исследований в 1991 году процессов экологического загрязнения морской воды при попадании фумислинов с остатками таблеток фосфина в природных условиях рейса на борту т/х «Механик Петр Килименчук» [3], нами проведены ряд НИР по решению проблемы состояния

экологической опасности загрязнения морской и окружающей среды ядохимикатами и опасными отходами их тары при проведении сторонними фумотрядами фумигации зерновых экспортных грузов в морских и речных портах Украины. Длительные, в течение 1,5 года, экспериментальные исследования в лабораторных условиях при моделировании аварийных ситуаций, связанных с потерей герметично закрытых алюминиевых банок с ядовитыми фумигационными препаратами Фосфидом алюминия и Фосфидом магния (торговое название «Фостоксин», «Магтоксин», Германия, «Джин» Китай) и попадании их в морскую и речную воду акваторий и рейдов портов. Результаты проведенных экспериментальных исследований показали:

В практике морской фумигации грузов на судах работниками сторонних фумигационных отрядов доставляются в порт, на судно и применяются взрывопожароопасные и чрезвычайно ядовитые фумигационные ядохимиката 4.3 – твердые легковоспламеняющиеся вещества и 6.1 – ядовитые вещества, класса опасности по IMDG CODE.

Пестициды в виде таблеток ядохимикатов (Фосфид алюминия, Фосфид магния), с торговым названием «Фостоксин» и «Магтоксин», расфасованы в алюминиевые прочные, противоударные банки, вмещающие 1 кг пестицида и имеют герметичное винтовое закрытие, размещены в картонных ящиках по 20 -22 банки, на которых, все заполненные банки, опасные отходы тары банок и картонные ящики имеют наклеенные ярлыки и знаки токсикологической и экологической опасности с надписями «POISON!», «DANGER!», «ЧЕРЕП и КОСТИ».

Газовоздушная среда внутри герметичной закрытой банки над таблетками ядохимиката чрезвычайно опасна и содержит фумигационный газ фосфин в концентрации 14 000 – 18 000 мг/м³, после высыпания таблеток ядохимиката в зерно, в порожней таре из-под пестицидов, обнаруживаются ядовитые крупички таблеток, пыле-газовоздушная среда с концентрацией фосфина от 500 до 1 100 мг/м³ (ПДК а.в. для атмосферного воздуха – 0,01 мг/м³).

Моделирование аварийных ситуаций, воспроизводит момент, связанный с попаданием в речную и морскую воду герметично закрытых банок, заполненных таблетками ядохимиката, а в опытах - модельной песочно-индикаторной смесью массой 1 кг, позволяющей в случае микроскопической коррозии и пенетрации корпуса банки и попадании воды внутрь банки уловить момент, дату и час нарушения целостности банки и окрашивания модельной среды в красный цвет, а также точный срок вероятного взрыва фосфина и разрушения в опытных образцах банок.

При попадании картонного ящика, заполненного алюминиевыми банками с ядохимикатами в морскую или речную воду - картонные стенки ящика размокают, через 15-25 мин разрушаются, картон тонет, а банки с ядохимикатами свободно, в зависимости от погодных условий и скорости движения рейдового судна могут расплываться, опасно загрязняя воду на большие расстояния от места их падения.

Заполненные ядовитыми таблетками банки в воде не тонут, плавают в вертикальном положении, пустая тара банок плавает горизонтально, через 15-20 минут наклейки со знаками опасности отклеиваются и тонут, превращая банки в опасные неизвестные предметы экологического загрязнения моря, реки, побережья, пляжей, зоны проживания и отдыха населения.

Экспериментальные исследования срока «экологического выживания банок пестицидов и их опасных отходов тары» в морской и речной воде на протяжении 1,5 года не выявили случая коррозионного нарушения герметичности алюминиевых корпусов, что в конечном итоге, увеличивает риск превращения ядохимикатов в долгосрочном свободном плавании Черного и Азовского морей под действием течений вдоль берегов Украины, Румынии, Болгарии, Турции в «плавающие мины замедленного экологического бедствия».

При решении проблемы выбора или разработки новых современных, быстрых, малозатратных и недорогих способов дегазации (обезвреживания) опасных отходов тары без снятия её с борта судна, исследователи столкнулись с некорректным повсеместным использованием воды в качестве растворителя (дегазатора) остатков фосфина в опасных отходах тары. Результаты НИР, проведённых учеными УкрНИИ медицины транспорта МЗ Украины совместно с морскими фумигационными отрядами «Укртранссервис», «Скаллопс-Украина» и «Л.П.С.» установили, что по данным литературы и официальным источникам, в 85,7% случаев отрицается факт растворения газа фосфина в воде, что и подтверждено в наших исследованиях. Таким образом, научно определяется невозможность использования воды в качестве дегазатора при обезвреживании объектов, тем более в специфических условиях судна. Изменив идеологию дегазации объектов фумигации, используя постулат нейтрализации универсального восстановителя, которым является фосфин, путем химической реакции с сильными окислителями (перекись водорода, перманганат калия, озона и соединений хлора) нами разработан трехэтапный способ эффективного обеззараживания от фосфина тары ядохимикатов непосредственно на борту судна. Технология дегазации, проводимой морскими фумигационными отрядами в период фумигации грузов, включает три рабочих процесса: механическая дегазация обрабатываемого зерном банок тары от остатков фосфина, когда концентрация газа снижалась с от 500- 1100 мг/м³ до 45-60 мг/м³. Затем, обработка 5-10% водным раствором перекиси водорода (или другими окислителями) внутренней поверхности тары, и, в третьих, проверка, посредством электронного газоанализатора эффективности дегазации. Конечной целью обезвреживания от фосфина опасных отходов тары на борту судна, является процесс, когда, не снимая с борта судна загрязнённые ядохимикатами банки, картонные коробки и крышки переводятся из опасных отходов в безопасную оборотную тару или вторичное сырьё, что и подтверждается соответствующими документами фумигационного отряда.

Выводы. Результаты проведенных исследований явились предпосылкой для разработки и внесения раздела экологической безопасности обращения с отходами фумигационных препаратов в учебный курс судоводителей по программам IMO «Морская фумигация грузов» НУ «Одесская морская академия», внесения рекомендаций и приложений в аварийные мероприятия ПЛАС морских портов ГП «АМП Украины»; они также послужили основанием для разработки способов и методов защиты фумигантов и предупреждения аварийных ситуаций и опасного загрязнения ядохимикатами морской и окружающей среды, устройств по предотвращению миграции банок ядохимикатов и опасных отходов их тары при аварийном попадании в воду.

Эффективность экспериментально-экологических научно-исследовательских работ по обоснованию безопасности судоходства, морской среды и экологии побережья посредством научно обоснованного и квалифицированного обращения с опасными отходами тары из-под ядохимикатов, образовавшиеся в период фумигации подкарантинных грузов на борту судна, позволили внедрить следующие запатентованные способы и методы экологической безопасности морской среды:

- «Способ аварийной защиты упаковок с фумигантами и опасными отходами тары при рейдовых перевозках на судах портофлота». Патент Украины на полезную модель № UA № 88735 U от 23.03.2014 г.;

- «Способ дегазации тары от фосфина тары на борту судна. Патент Украины на изобретение № UA 102609 C2 от 25.07.2013 г.;

- «Способ очистки отходов тары от фосфина на объектах транспорта. Патент Украины на полезную модель № UA № 86901 U от 10.01.2014 г.;

- «Способ обезвреживания отходов тары от фосфина на объектах транспорта и сельского хозяйства. Патент Украины на полезную модель № UA № 104731 U от 10.02.2016 г.;

- ТУ У 01. 6- 23859392 -001: 2013 «Обезвреживание от фосфина опасных отходов тары на объектах транспорта».

ЛИТЕРАТУРА

1. Белобров Е.П., Квасневская Н.Ф. Эколого-гигиеническая опасность ядохимикатов и отходов их тары при фумигации грузов на судах и в портах: материалы Научно-технической конференции [Транспортные технологии (морской та річковий флот): Инфраструктура, судноплавание, перевезення, автоматизация], (15-16 листопада 2018 р.). – Одеса : НУ ОМА, 2018. – С. 32-33.

2. Закладной Г.А. Фумигация зерна фосфином в трюмах крупнотоннажных судов в рейсе. М.: ЦПС, 2018. 98 с.

3. Отчет о рейсовых исследованиях на балкере «Механик Петр Килименчук» ЧМП по токсиколого-гигиеническому и экологическому обеспечению безопасности членов экипажа при перевозке зерна фумигированного фосфином по технологии фирмы «Дезинсектизация Модерне» (Франция) в совместном советско-французском экспериментальном рейсе п.п. Руан – Дюнкерк - Одесса с 1 по 25 мая 1991 г. (рук к.м.н. Белобров Е.П.), ВНИИГВТ МЗ СССР, - Одесса, 1991. – 64 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО - ДОПУСТИМОЙ ДИСТАНЦИИ СБЛИЖЕНИЯ СУДОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Бородулин А.В.

Національний університет «Одеська морська академія»

(Украина)

Вступление. Интенсивное судоходство и навигационные препятствия способствуют повышенной аварийности судов при плавании в стесненных водах, чем и обусловлено их оборудование станциями управления движением судов (СУДС). Помимо контроля процесса судовождения СУДС осуществляет управление движением опасно сближающихся судов. Для их безопасного расхождения необходимо выбрать граничный относительный курс, который является касательным к безопасной зоне с учетом ее формы. Так как в последнее время помимо круговой рассматриваются другие формы безопасной зоны, то актуальным является вопрос определения величины предельно - допустимой дистанции сближения судов в зависимости от формы безопасной зоны.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] предложен метод нелинейной интегральной инвариантности для описания процесса расхождения и выбора одношагового маневра предупреждения столкновения. Метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути рассмотрен в монографии [2]. Формализация взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения предложена в работе [3], с ее помощью предложена алгоритмизация МППСС-72, а в работе [4] изложены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения. В монографии [5] всесторонне исследован принцип локально-независимого управления процессом расхождения и разработан метод гибких стратегий их расхождения, который позволяет произвести синтез стратегии расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом навигационных опасностей и динамики судна.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Цель настоящей статьи - разработка процедуры определения величины предельно - допустимой дистанции сближения судов в случае применения безопасной зоны прямоугольной формы.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

В работе [6] показано, что для безопасного расхождения судна с опасной целью с учетом формы безопасной области (домена) судно должно выбрать граничный относительный курс, который является касательным к безопасной зоне. Как показано на рис. 1, таких граничных курсов существует два: относительным уклонением вправо $K_{от}^S$ и относительным уклонением влево $K_{от}^P$.

Рассмотрим безопасную область цели прямоугольной формы, которую целесообразно задавать относительно центра цели четырьмя угловыми точками А, В, С и D (рис. 2) и найдем зависимость относительного курса уклонения, касательного к области, от взаимного положения судов.

Положения угловых точек А, В, С и D относительно центра будем задавать дистанциями D_n , D_k и углами ψ_n , ψ_k . Значения D_n , D_k , ψ_n и ψ_k в зависимости от параметров l_n , l_k и b безопасной области определяются, как следует с рис. 1, следующим образом:

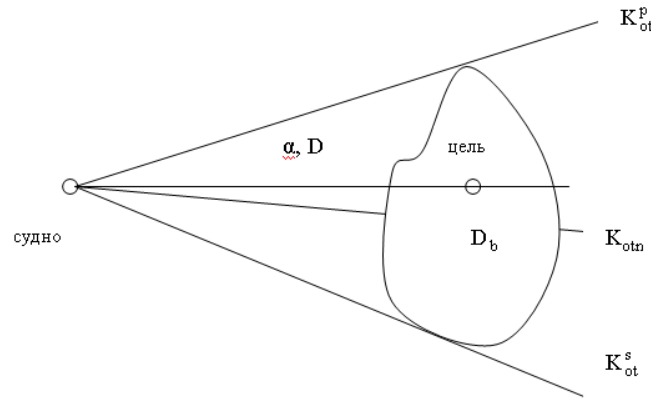


Рисунок 1 – Граничные относительные курсы уклонения

$$\psi_n = \operatorname{arctg} \frac{b}{2l_n}, \quad \psi_k = \operatorname{arctg} \frac{b}{2l_k},$$

$$D_n = \sqrt{\frac{b^2}{4} + l_n^2}, \quad D_k = \sqrt{\frac{b^2}{4} + l_k^2}.$$

С учетом полученных выражений положения угловых точек в судовой системе координат XOY определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} X_A &= D_n \sin \psi_n, & Y_A &= D_n \cos \psi_n, \\ X_B &= D_k \sin(\pi - \psi_k), & Y_B &= D_k \cos(\pi - \psi_k), \\ X_C &= D_k \sin(\pi + \psi_k), & Y_C &= D_k \cos(\pi + \psi_k), \\ X_D &= D_n \sin(2\pi - \psi_n), & Y_D &= D_n \cos(2\pi - \psi_n). \end{aligned}$$

Для получения формул расчета относительных минимальных курсов уклонения, проходящих через угловые точки, следует ввести опорную $\bar{X}\bar{O}\bar{Y}$ и промежуточную $\tilde{X}\tilde{O}\tilde{Y}$ системы координат (рис. 3). При курсе цели K_c и положении его центра \bar{X}_o, \bar{Y}_o в системе координат $\bar{X}\bar{O}\bar{Y}$, координаты критических точек А, В, С и D в этой же координатной системе определяются, как следует из рис. 3, следующими формулами:

$$\begin{aligned} \bar{X}_A &= \bar{X}_o + D_n \sin(\psi_n + K_c), & \bar{Y}_A &= \bar{Y}_o + D_n \cos(\psi_n + K_c), \\ \bar{X}_B &= \bar{X}_o + D_k \sin(\pi - \psi_k + K_c), & \bar{Y}_B &= \bar{Y}_o + D_k \cos(\pi - \psi_k + K_c), \\ \bar{X}_C &= \bar{X}_o + D_k \sin(\pi + \psi_k + K_c), & \bar{Y}_C &= \bar{Y}_o + D_k \cos(\pi + \psi_k + K_c), \\ \bar{X}_D &= \bar{X}_o + D_n \sin(2\pi - \psi_n + K_c), & \bar{Y}_D &= \bar{Y}_o + D_n \cos(2\pi - \psi_n + K_c). \end{aligned}$$

Значения относительного курса уклонения \bar{K}_{yminI} , проходящего через угловые точки, будут определяться выражениями:

$$\begin{aligned} \tilde{K}_{yminI} &= 360 + \bar{K}_{yminI}, \text{ при } \bar{Y}_I > 0; & (I = A, B, C, D) \\ \tilde{K}_{yminI} &= 180 + \bar{K}_{yminI}, \text{ при } \bar{Y}_I < 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где \bar{K}_{yminI} определяется следующим образом:

$$\begin{aligned} \bar{K}_{yminA} &= \operatorname{arctg} \frac{\bar{X}_o + D_n \sin(\psi_n + K_c)}{\bar{Y}_o + D_n \cos(\psi_n + K_c)}, \\ \bar{K}_{yminB} &= \operatorname{arctg} \frac{\bar{X}_o + D_k \sin(\pi - \psi_k + K_c)}{\bar{Y}_o + D_k \cos(\pi - \psi_k + K_c)}, \end{aligned}$$

$$\bar{K}_{y\min C} = \arctg \frac{\bar{X}_O + D_k \sin(\pi + \psi_k + K_c)}{\bar{Y}_O + D_k \cos(\pi + \psi_k + K_c)},$$

$$\bar{K}_{y\min D} = \arctg \frac{\bar{X}_O + D_n \sin(2\pi - \psi_n + K_c)}{\bar{Y}_O + D_n \cos(2\pi - \psi_n + K_c)}.$$

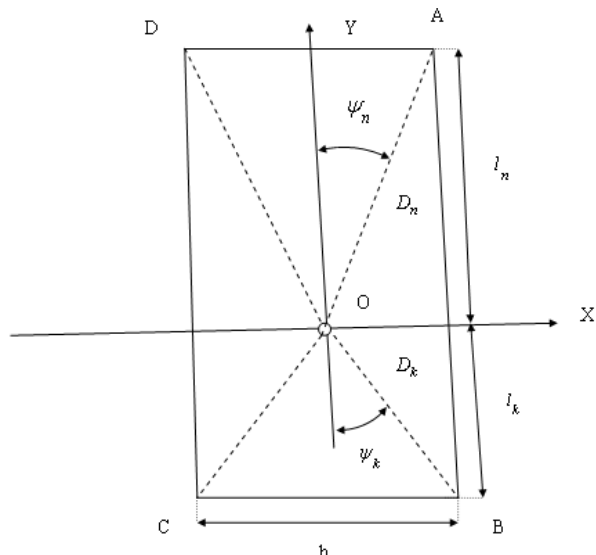


Рисунок 2 – Параметры безопасной зоны $D_b^{(Rt)}$ прямоугольной формы

Используя полученные выражения, с помощью формулы (1) находим значения относительных минимальных курсов уклонения $\tilde{K}_{y\min A}$, $\tilde{K}_{y\min B}$, $\tilde{K}_{y\min C}$, $\tilde{K}_{y\min D}$. Для выбора граничных относительных курсов уклонения K_{ot}^S и K_{ot}^P воспользуемся следующими соотношениями:

$$K_{ot}^S = \max \{ \tilde{K}_{y\min A}, \tilde{K}_{y\min B}, \tilde{K}_{y\min C}, \tilde{K}_{y\min D} \}.$$

$$K_{ot}^P = \min \{ \tilde{K}_{y\min A}, \tilde{K}_{y\min B}, \tilde{K}_{y\min C}, \tilde{K}_{y\min D} \}.$$

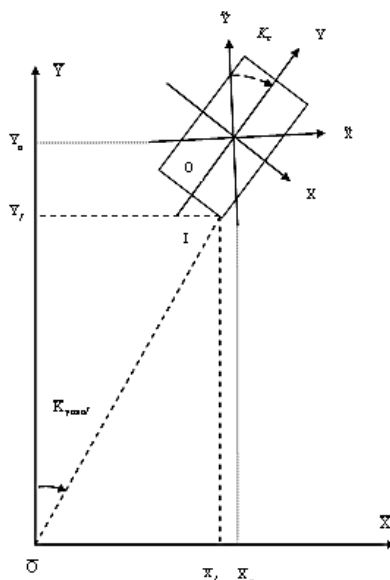


Рисунок 3 – К определению минимального курса уклонения $\bar{K}_{y\min I}$

Величина предельно - допустимой дистанции сближения судов с учетом формы безопасной зоны зависит от стороны относительного уклонения и определяется граничными относительными курсами K_{ot}^s и K_{ot}^p . Поэтому обозначим D_d^s и D_d^p - предельно - допустимые дистанции сближения при относительном уклонении судна соответственно вправо и влево, причем определение предельно - допустимых дистанций сближения производится с помощью очевидного выражения:

$$D_d^s = D \left| \sin(K_{ot}^s - \alpha) \right|;$$
$$D_d^p = D \left| \sin(K_{ot}^p - \alpha) \right|.$$

Выводы. Таким образом, показана зависимость значения предельно - допустимой дистанции сближения судов от их взаимного положения в случае применения безопасной зоны прямоугольной формы и получены аналитические зависимости, позволяющие рассчитать величину предельно - допустимой дистанции сближения судов в зависимости от их курса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов В.В. Некоторые вопросы алгоритмизации выбора маневра в ситуациях расхождения судов / В.В. Павлов, Н.И. Сеньшин // Кибернетика и вычислительная техника. – 1985. - № 68. - С. 43-45.
2. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Фенікс, 2013. – 180 с.
3. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Э.Н. Пятаков, Р.Ю. Бужбецкий, И.А. Бурмака, А.Ю. Булгаков – Херсон: Гринь Д.С., 2015.-312 с.
4. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Э.Н. Пятаков., С.И. Заичко // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. - Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С. 166 – 171.
5. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н.Цымбал, И.А.Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
6. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А Бурмака., Э.Н Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.

СТРАТЕГИЯ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ В СИТУАЦИИ ЧРЕЗМЕРНОГО СБЛИЖЕНИЯ НА ПОПУТНЫХ КУРСАХ

Бурмака А.И.

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

Введение. В ситуациях чрезмерного сближения Международные правила МППСС-72 (Правило 16) предписывают обоим судам предпринимать меры, обеспечивающие безопасное расхождение. В таких ситуациях оба судна выбирают маневр расхождения в условиях неопределенности относительно предстоящих действий партнера, и безопасный исход в таких ситуациях возможен использованием минимаксных стратегий.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В ситуациях чрезмерного сближения судна выбирают маневр расхождения, который обеспечивают безопасный исход в таких ситуациях использованием минимаксных стратегий. Такому подходу в ситуации чрезмерного сближения посвящена работа [1], в которой показано, что оптимальным курсом уклонения судна является курс, равный обратному пеленгу на опасную цель, при котором значение времени до возможного столкновения при наиболее опасном маневре цели достигает максимума. В работе [2] рассмотрен учет угловой скорости при выборе оптимального маневра уклонения, а выбору экстренного маневра уклонения с учетом навигационных опасностей посвящена работа [3].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является рассмотрение стратегии расхождения судна с целью при чрезмерном сближении на попутных курсах.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Чрезмерное сближение на попутных курсах возможно только в ситуации превосходства скорости цели V_2 над скоростью судна V_1 , т.е. $V_1 < V_2$. Ситуация чрезмерного сближения на попутных курсах возникает в случае, когда максимально возможная дистанция кратчайшего сближения $\max L_{\min}$ не превосходит предельно-допустимой дистанции сближения L_d , т.е. справедливо неравенство $\max L_{\min} \leq L_d$. Как показано в работе [4], в случае $V_1 < V_2$ величина $\max L_{\min}$ рассчитывается с помощью формулы:

$$\max L_{\min} = \max(\max L_{\min}^{(mx)}, \max L_{\min}^{(mn)})$$

где $\max L_{\min}^{(mn)} = D_n \sin(K_{otmin} - \alpha_n)$, $\max L_{\min}^{(mx)} = D_n \sin(K_{otmax} - \alpha_n)$,

$$K_{otmin} = \pi + K_2 - \arcsin(V_1/V_2), \quad K_{otmax} = \pi + K_2 + \arcsin(V_1/V_2),$$

D_n , α_n - соответственно, начальные дистанция и пеленг;

K_2 - курс цели.

Как только установлен факт чрезмерного сближения, судно ложится на циркуляцию, изменяя курс в сторону от цели с максимальной угловой скоростью, реализуя первый этап экстренной стратегии расхождения. Особенностью экстренного расхождения на попутных курсах является быстрое достижение нулевого значения скорости изменения дистанции \dot{D} .

Поэтому при циркуляции перед моментом времени $t_{он}$, когда изменение курса судна достигнет 90° , производится контроль значения первой производной дистанции между судном и целью. Если $\dot{D} > 0$, то судно продолжает циркуляцию до выхода на начальную траекторию программного движения с курсом K_1 . В противном случае в момент времени $t_{он}$ судно выходит на курс $K_\alpha = K_1 + 90^\circ$ и продолжает следовать этим курсом, непрерывно контролируя скорость изменения дистанции до цели \dot{D} .

В момент времени, когда дистанция между судном и целью перестанет сокращаться $\dot{D} = 0$, а цель продолжает следовать с неизменными параметрами движения, то судну следует ложиться на курс K_b выхода на программную траекторию движения, причем $K_b = K_1 \pm 40$. В последнем выражении знак «+» принимается в том случае, если судно в результате уклонения окажется слева от программной траектории и знак «-» в противном случае.

Если в процессе уклонения судна цель также изменяет свой курс в сторону судна, то судну надлежит лечь на курс K_b для предотвращения столкновения.

Судно движется курсом K_b до тех пор, пока не достигнет программной траектории движения, после чего ложится на начальный курс K_1 и следует начальной траекторией движения.

Контроль текущего значения скорости изменения дистанции \dot{D} производится с помощью формулы:

$$\dot{D} = V_1 \cos(\alpha - K_1) + V_2 \cos[K_2 - (\alpha + \pi)],$$

в которой текущие параметры движения цели K_2 и V_2 могут быть получены с помощью АИС.

Для проверки корректности предлагаемого метода выбора маневра экстренного расхождения при чрезмерном сближении судна и цели на попутных курсах была разработана компьютерная программа на языке высокого уровня «Delphi», которая содержит модуль выбора исходной ситуации чрезмерного сближения, модуль анализа текущей ситуации и выбора безопасного маневра экстренного расхождения.

В основу написания компьютерной программы положен вышеприведенный алгоритм, а начальная ситуация показана на рис. 1, когда цель, следуя скоростью 25 узлов, сблизилась на 0,3 мили с судном, скорость которого равна 17 узлам. Управление судном осуществляется имитационной программой, а целью может управлять оператор.

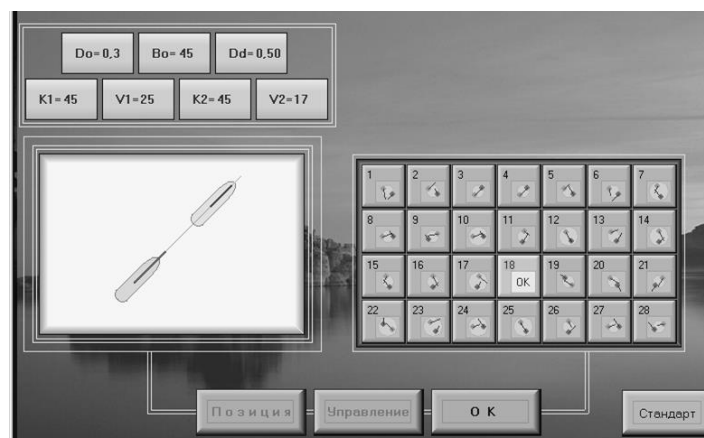


Рисунок 1 – Начальная ситуация чрезмерного сближения на попутных курсах

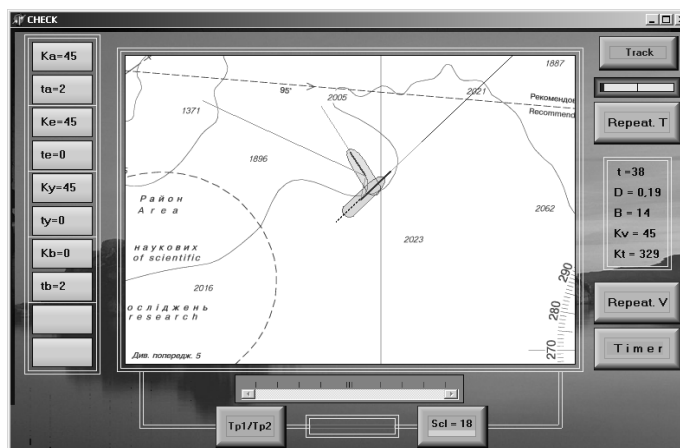


Рисунок 2 – Ситуация, когда судно принимает решение о дальнейшем маневре

Судно, изменяя курс влево с максимальной угловой скоростью, достигает положения, когда его курс уменьшается на 80° (рис. 2). В этот момент судно оценивает скорость изменения дистанции, которая равна нулю, а цель следует с неизменными параметрами движения. Поэтому судно продолжает выполнять циркуляцию влево до выхода на программную траекторию движения, как показано на рис. 3. Благодаря такому маневру экстренного расхождения, судно пропускает цель и продолжает следовать прежней траекторией движения.

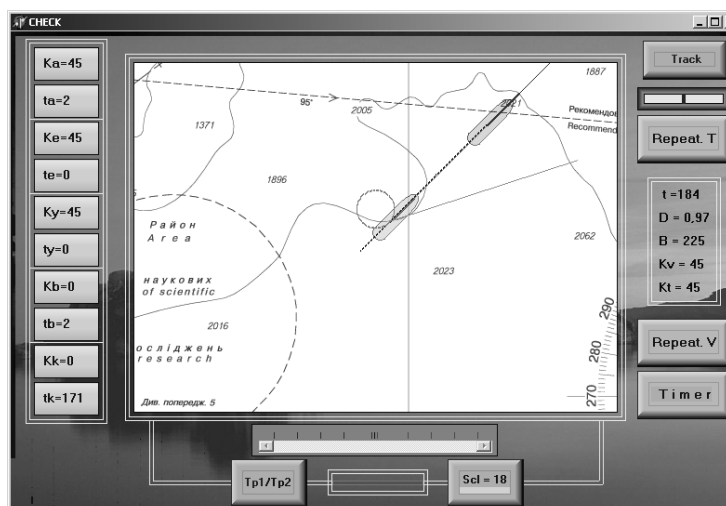


Рисунок 3 – Выход судна на программную траекторию после циркуляции

Если в процессе уклонения судно обнаружит, что цель изменяет курс в его сторону, как показано на рис. 4, что ведет к возможному столкновению, то судно производит переключку пера руля на противоположный борт в сторону программной траектории движения. Судно достигает курса выхода на заданную траекторию, а затем возвращается на исходную траекторию движения (рис.4).

Таким образом, ситуация чрезмерного сближения на попутных курсах возможна, если обгоняемое судно чрезмерно сближается с обгоняющим, провоцируя его на выполнение маневра экстренного расхождения.

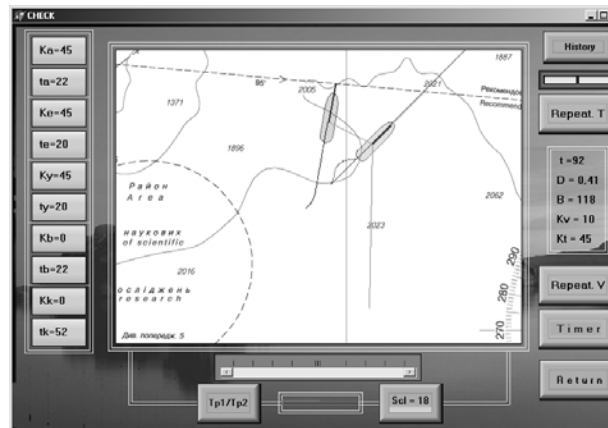


Рисунок 4 – Виход судна на програмну траєкторію після циркуляції

Особенностью стратегии экстренного расхождения является непрерывный контроль за изменением дистанции между судном и целью, а также выбор курса судна при экстренном расхождении, который производится по текущей относительной ситуации с учетом маневрирования цели.

Выводы. Таким образом, в докладе рассмотрена стратегия расхождения судна с целью при чрезмерном сближении на попутных курсах и приведен пример ее реализации с помощью имитационного моделирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бурмака А. И. Разработка стратегии расхождения судов в ситуации опасного сближения / Бурмака А. И. // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 20 – Одесса: «ИздатИнформ», 2011 – с. 32-35.
2. Бурмака А.И. Учет угловой скорости судна при расчете параметров маневра расхождения в ситуации чрезмерного сближения / Бурмака А.И. // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 21 – Одесса: «ИздатИнформ», 2012 – с. 38-41.
3. Урбанский И.А. Учет навигационных опасностей при экстренном расхождении / Урбанский И.А. // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 14 – Одесса: «ИздатИнформ», 2007 – с. 136-140.
4. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.

ГЕНЕЗИС ИНЦИДЕНТОВ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОГО СУДНА

Вильский Г.Б.

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

В науке и отрасли судоходства нарастает проблематика информационной безопасности морских судов [1]. Её обусловленность связана с повышением в глобализованной мировой экономике общего уровня компьютерной преступности, которая существенно влияет на морскую кибербезопасность и реально проявляется в киберинцидентах с судами. Исследуемое кибер-поле представляется определённой взаимосвязью факторов возникновения и развития инцидентов кибербезопасности судна и выделяется наиболее важными и характерными категориями, угрозами и причинами, которые и образуют киберинцидент. Целесообразность рассмотрения составляющих киберинцидентов необходима и актуальна для обеспечения безопасности движения судна вне зависимости от района плавания и управления портовыми операциями. В связи с этим ставится задача раскрытия масштабности и комплексности представления каузальных факторов в генезисе инцидентов кибербезопасности морского судна. Иллюстрированное отображение возникновения и проявления судовых киберинцидентов, достаточно сложно из-за их кибер-категорий, угроз, причинностей, но крайне необходимо и является актуальным для изучения и анализа генезиса инцидентов кибербезопасности всего морехозяйственного комплекса Украины.

Важность решения проблемы и задач кибербезопасности судов связана с принятием безопасных команд на мостике судна и управленческими действиями судовладельцев, морских портов, стивидорных компаний и грузоотправителей. Она непосредственно совпадает с выполнением заданий государственного значения, приведенных в Законах Украины «О защите информации в автоматизированных системах», «Об основных принципах обеспечения кибербезопасности Украины» [2,3] и согласуется с положениями Морской доктрины Украины [4].

Одним из способов разрешения данной проблематики может служить графический способ исследования и определения наиболее существенных причинно-следственных взаимосвязей между факторами и последствиями, предложенный японским учёным Каору Исикава [5]. Применительно к задачам исследования морских киберинцидентов такой оригинальный инструмент системного подхода к моделированию графической идентификации угроз и рисков безопасности мореплавания, с отображением каузальных связей киберинцидентов, напоминает скелет костей рыбы, который представлен на рисунке 1 в виде модели – диаграммы генезиса киберинцидента морского судна. Фактически максимальная глубина генезиса, с предложенной моделью-диаграммой, достигается шестью уровнями. В таком представлении главные составляющие киберинцидента прикрепляются к основной жирной горизонтальной стрелке, на которую, по «Правилу шести Р» (6 категорий), покосившимися стрелками с наклоном влево, опускаются 6 категорий инцидента, а именно: кибератака целевая; кибератака нецелевая; киберудар; киберриск; киберрисковый аффект; кибердоступ сторонний. Полнота генезиса обуславливается добавлением к стрелкам категорий данных связанных с 16 видами угроз опасности для бортовых систем и судна в целом. Каждая из 16 отмеченных существующих угроз киберинцидента разложена на составляющие с установленными причинами их возникновения, которые зафиксированы в виде ветвей более низкого уровня. При этом детализация причин может продолжаться пока не будет определена «главная» по рассматриваемой угрозе. По каждой угрозе показываются, как минимум, две причины её возникновения, которые в основном и определяют процессы реагирования.

Таким образом в генезисе отражено всё костевое разветвление, отвечающее за события киберинцидента, с их возможным влиянием на основные категории, угрозы и риски. Положительность квалитативности рассмотренной структуры генезиса включает:

- наглядность показа связей между составляющими киберинцидента судна;
- возможность проведения оценки кибербезопасности движения судов;
- получение контента управляющих решений на мостике судна и у судовладельца.

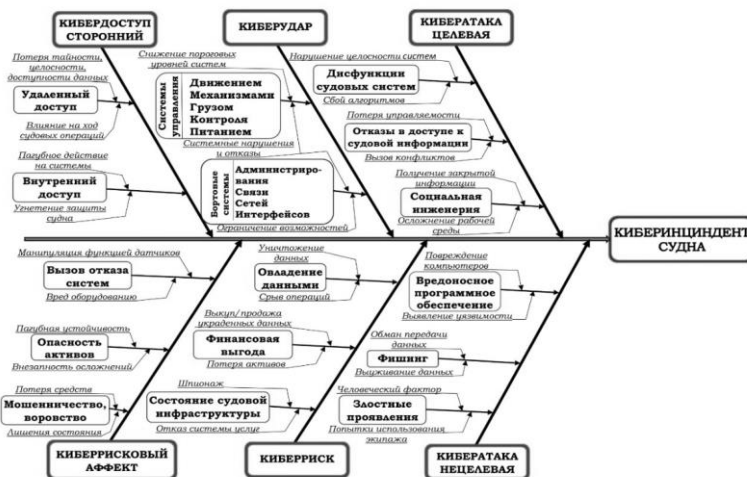


Рисунок 1 – Модель - диаграмма генезиса киберинцидента морского судна

Вместе с этим следует отметить некоторую сложность и громоздкость графического представления в модели-диаграмме всех разветвлений киберинцидента, без которых, однако, рассматриваемая проблематика практически неразрешима.

Созданная модель - диаграмма генезиса кибер-категорий достаточно объективно, полно и ясно воспроизводит картину всех возможных основных составляющих киберинцидента морского судна. При этом не исключается внесение и других причин, угроз для уточнения процесса кибербезопасности судна.

В результате выполненной работы исследована масштабность и комплексность составляющих генезис киберинцидента морского судна. Разработанная графическая идентификационная модель-диаграмма, с причинами, угрозами и категориями киберинцидентов, достаточно полно проясняет причинно-следственные связи морской киберпреступности, что обеспечивает выяснение недоработок организационного характера и устранение недостатков в системах управления режимами рабочих процессов на судах. Данная модель упрощает логический анализ морской компьютерной преступности и повышает качественный уровень кибербезопасности в мореплавании.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильский Г.Б. Информационная безопасность судовождения : монография / Г. Б. Вильский. – Николаїв: Видавництво ФОП Швець В.Д., 2014. – 336 с.
2. Закон Украины «О защите информации в автоматизированных системах» от 5 июля 1994 г. (ВВР. – 1994. – № 31).
3. Закон Украины «Об основных принципах обеспечения кибербезопасности Украины», г. Киев, 5 октября 2017 года № 2163-VIII.
4. Постанова КМУ від 7 жовтня 2009 р. № 1307 «Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року».
5. Ishikawa K. What is Total Quality Control? The Japanese Way. London, Prentice Hall, 1985.

ВПЛИВ ІНЕРЦІЙНОСТІ СУДНА НА ВИЗНАЧЕННЯ ДИСТАНЦІЇ НАЙКОРОТШОГО ЗБЛИЖЕННЯ

Волков Є. Л.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Кількість аварій морських суден залишається дуже високою, неврахування багатьох чинників при плануванні будь якого маневру розходження судноводієм є тому основною причиною. Одним із таких чинників є наявність інерційності судна, котра повинна бути врахована при входженні судна у гавань, повороті в вузкості і каналі, при виконанні повороту для розходження з іншим судном. Маневр розходження зміною курсу є пріоритетним згідно до рекомендацій правила 8 МППЗС-72, але при плануванні маневру слід враховувати, що дистанція найкоротшого зближення буде зменшена за рахунок інерційності судна.

Актуальність дослідження. В роботах [1-3] розглянуто питання визначення параметрів маневру безпечного розходження суден з урахуванням їх інерційності при виконанні повороту, при цьому використовуються різні моделі обертального руху судна. Зокрема приведена найбільш проста модель повороту судна з постійною кутовою швидкістю, яка ускладнюється при використанні диференціальних рівнянь другого та третього порядків відносно поточного курсу судна. Результати імітаційного моделювання процесу розходження суден з урахуванням їх динаміки приводяться в роботі [4], а в роботі [5] запропонована процедура розрахунку характеристик поворотності судна по матеріалам натурного експерименту.

Аналізуючи зазначені роботи можливо зробити висновок, що актуальність питання врахування інерційності судна при маневруванні залишається дуже високою, але при цьому також потребують розробки методи розрахунку впливу інерційності судна на визначення дистанції найкоротшого зближення у разі виконання маневру зміною курсу.

Запропонована методика розрахунку впливу інерційності судна на визначення дистанції найкоротшого зближення може бути реалізована за допомогою комп'ютерної програми та інтегрована у комплекс навігаційного містка тому являється актуальною темою наукового дослідження.

Постанова задачі. Ціллю цієї статті є розробка методики розрахунку впливу інерційності судна на визначення дистанції найкоротшого зближення, яка може бути реалізована за допомогою комп'ютерної програми, для підвищення безпеки судноводіння.

Результати дослідження. При маневрі розходження зміною курсу дистанція найкоротшого зближення D_{\min} виявляється меншою d_d , і зближення суден є небезпечним (рис.1), оскільки не буде врахована інерційність судна при повороті, і судно з ціллю розійдуться не в гранично-допустимій дистанції d_d , а на величину Δd_d ближче.

Отже, при врахуванні інерційності повороту необхідно гранично-допустиму дистанцію збільшувати до значення $d_d + \Delta d_d$ і судно з ціллю розійдуться на дистанції d_d .

Знайдемо вираз для розрахунку приросту дистанції Δd_d , для чого звернемося знову до рис. 1, з якого виходить:

$$\Delta d_d = S \sin(K_{oty} - \psi)$$

де K_{oty} - відносний курс ухилення, який визначається відомим виразом [6]:

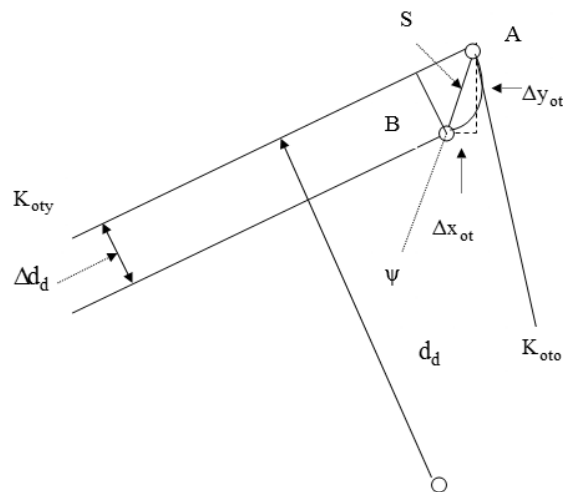


Рисунок 1 – Визначення приросту дистанції Δd_d

$$K_{oty} = \alpha - \arcsin(d_d/D),$$

де α і D - відповідно пеленг на ціль і дистанція до цілі.

Якщо позначити прирости відносних координат Δx_{ot} і Δy_{ot} за час повороту, то

$$\Delta x_{ot} = x_1 - x_2, \quad \Delta y_{ot} = y_1 - y_2,$$

де складові x_1 і y_1 - криволінійний рух базового судна при повороті, а друга складова x_2 і y_2 - прямолінійний рух цілі без зміни параметрів руху.

Очевидно, відрізок $S = \sqrt{\Delta x_{ot}^2 + \Delta y_{ot}^2}$, а кут $\psi = \arctg \frac{\Delta x_{ot}}{\Delta y_{ot}}$.

Отже, остаточно вираз для розрахунку Δd_d має вигляд:

$$\Delta d_d = \sqrt{\Delta x_{ot}^2 + \Delta y_{ot}^2} \sin(K_{oty} - \arctg \frac{\Delta x_{ot}}{\Delta y_{ot}}). \quad (1)$$

У роботі [9] одержані вирази для приросту координат x_1 і y_1 базового судна в результаті повороту при розрахунку їх по моделі обертального руху судна з постійною кутовою швидкістю ω_p :

$$x_1 = \frac{V_1}{\omega_p} (\cos K_1 - \cos K_y), \quad y_1 = \frac{V_1}{\omega_p} (\sin K_y - \sin K_1),$$

де K_y - курс ухилення судна.

Складові прямолінійного руху цілі x_2 і y_2 виражаються очевидним чином:

$$x_2 = V_2 \tau \sin K_2, \quad y_2 = V_2 \tau \cos K_2,$$

де тривалість повороту $\tau = \frac{K_y - K_1}{\omega_p}$.

Отже, приріст відносних координат Δx_{ot} і Δy_{ot} в даному випадку:

$$\Delta x_{ot} = \frac{V_1}{\omega_p} (\cos K_1 - \cos K_y) - V_2 \frac{K_y - K_1}{\omega_p} \sin K_2,$$

$$\Delta y_{ot} = \frac{V_1}{\omega_p} (\sin K_y - \sin K_1) - V_2 \frac{K_y - K_1}{\omega_p} \cos K_2. \quad (2)$$

З урахуванням одержаних приростів Δx_{ot} і Δy_{ot} по формулі (1) розраховується величина приросту Δd_d гранично-допустимої дистанції зближення для даної моделі оберտального руху судна.

Проведемо чисельну оцінку значень приросту гранично-допустимої дистанції зближення Δd_d розглянутої моделі обертального руху судна. Як приклад візьмемо характеристики поворотності судна «Sheila Ann» при куті кладки керма 10° , які були одержані натурними спостереженнями в реальних умовах експлуатації [8]: $\omega_p = 0,5422$ градус/с. У прикладі розглянута наступна ситуація небезпечного зближення: $K_1 = 45^\circ$, $V_1 = 15$ вузлів, $K_2 = 315^\circ$, $V_2 = 20$ вузлів, $\alpha = 100^\circ$, $D = 3$ милі, $d_d = 1$ миля. У даній ситуації прогнозована дистанція найкоротшого зближення $D_{min} = 0,1$ милі. Зроблено розрахунок параметрів ухилення судна управо, в результаті розрахунку одержано $K_{oty} = 120^\circ$, $K_y = 98^\circ$. Тривалість повороту $\tau = 99,6$ с, приріст координат базового судна за цей час, x_1 , y_1 і цілі x_2 , y_2 розраховані за допомогою виразів (2):

$$x_1 = 703,6 \text{ м}, \quad y_1 = 228,7 \text{ м}, \quad x_2 = -724,3 \text{ м}, \quad y_2 = 723,7 \text{ м},$$

отже: $\Delta x_{ot} = 1427,9$ м, $\Delta y_{ot} = -495,0$ м, а також $S = 1511,2$ м, $\psi = -70,9^\circ$ і

$$\Delta d_d = 0,154 \text{ милі}.$$

Розглянемо врахування інерційності при повороті судна у разі $V_1 > V_2$. За допомогою граничних курсів ухилення $K_{1j}^{(i)}$ ($i=1,2$; $j=1,2$), які залежать від d_d , проводиться початкова оцінка приросту Δd_d , для чого обчислюється відносний курс K_{oty} , відповідний граничному курсу $K_{1j}^{(i)}$, і прирости відносних координат Δx_{ot} і Δy_{ot} , а потім по формулі (1) знаходимо перше наближення приросту $\Delta d_d^{(1)}$. Надалі обчислюємо граничний курс $K_{1j}^{(i)}$ для граничної дистанції $d_d + \Delta d_d^{(1)}$, після чого по описаному алгоритму знаходимо друге наближення приросту $\Delta d_d^{(2)}$. Вказана процедура послідовних наближень здійснюється до тих пір, поки різниця приростів $\Delta d_d^{(n)} - \Delta d_d^{(n-1)}$ не виявиться рівною або менше заданої величини δd . Після цього граничні значення області Ω_d розраховуються по гранично-допустимій дистанції $d_d + \Delta d_d^{(n)}$.

У випадку $V_1 < V_2$ граничні значення курсу ухилення визначається відносними курсами $K_{ot*} = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{D}$ і $K_{ot}^* = \alpha + \arcsin \frac{d_d}{D}$, причому:

$$K_{y*} = K_{oty*} + \arcsin \left[\frac{V_2}{V_1} \sin(K_2 - K_{oty*}) \right] \quad K_y^* = K_{oty}^* + \arcsin \left[\frac{V_2}{V_1} \sin(K_2 - K_{oty}^*) \right]$$

Вибираючи відповідне граничне значення курсу ухилення розраховуються прирости

координат базового судна X_1, Y_1 і цілі X_2, Y_2 , а також приріст відносних координат Δx_{ot} і Δy_{ot} , після чого по формулі (1) знаходимо перше наближення приросту $\Delta d_d^{(1)}$.

Потім для граничної дистанції $d_d + \Delta d_d^{(1)}$ розраховується граничний відносний курс

$K_{ot*} = \alpha - \arcsin \frac{d_d + \Delta d_d^{(1)}}{D}$ або $K_{ot*} = \alpha + \arcsin \frac{d_d + \Delta d_d^{(1)}}{D}$ і проводиться оцінка чергового

значення приросту $\Delta d_d^{(2)}$. Як і у попередньому випадку, значення $\Delta d_d^{(i)}$ уточнюється подальшими наближеннями із заданою точністю, яка враховує інерційність судна при повороті з урахуванням постійної кутової швидкості повороту судна.

Висновки. Досліджено вплив інерційності судна при повороті на безпеку розходження і запропонований алгоритм урахування інерційності при повороті за допомогою способу послідовних наближень при допущенні постійності кутової швидкості повороту судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурмака И.А. Учет динамики судна при выборе маневра расхождения / Бурмака И.А. // Судовождение. – 2002. - №4. – С. 32- 36.
2. Бурмака И.А. Расчет длительности поворота судна при расхождении / Бурмака И.А. // Автоматизация судовых технических средств. - 2002. - №7. - С. 3- 6.
3. Бурмака И.А. Безопасное расхождение судов с учетом их инерционности: автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.16 «Судовождение» / Бурмака И.А.– Одесса, 2004. – 22 с.
4. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. – 2005. - №10. – С. 21 – 25.
5. Бурмака И.А. Расчет характеристик поворотливости судна по экспериментальным данным / Бурмака И.А. // Судовождение. - 2005. - № 9. - С. 7-13.
6. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
7. Чапчай, Е.П. Экспериментальное исследование моделей поворотливости судна / Е.П. Чапчай // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. – 2006. – Вып.11. - С. 139 – 142.
8. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ БУКСИРНОГО ФЛОТА КОМПАНИИ НИБУЛОН

Волик А.А., Лалин А.В., Рыбалко Р.Г.
ООО СП «НИБУЛОН»
(Украина)

Ведмеденко Д.С., Вильский Г.Б.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

В судоходной отрасли, при перевалке грузов в портах, на рейдовых причалах и стоянках, проводке судов, в том числе и лоцманской, с большим дедевейтом по морским каналам и в стеснённых условиях плавания, а также при передвижении караванов несамоходных барж с грузами, значительное число сложных задач решается буксирным флотом. Устаревшее состояние данного типа судов не позволяет в должной мере обеспечивать современные требования Регистра судоходства Украины (РСУ) к собственной безопасности и выполняемым операциям. Это связано с недостаточностью функциональной безопасности в управляющих комплексах судовыми системами и механизмами буксиров [1]. Проблематика данного положения в буксирном флоте характерна для всех морских районов Украины, является актуальной для ускоренного разрешения и отражена в нормах Морской доктрины Украины [2]. В настоящей работе поставлена цель исследовать и осветить инновационные особенности безопасности новейших проектов буксиров типов «POSS-115» и «Т3500» построенных в 2009 – 2018 годах компанией «НИБУЛОН» на собственных судостроительных мощностях для использования в своих бизнес-интересах в судоходстве.



Рисунок 1 – Буксир проекта POSS-115

Буксирный флот «НИБУЛОН», проектов «POSS-115» и «Т3500», вид которых представлен на рисунках 1 и 2, обеспечен новейшим судовым оборудованием ведущих мировых производителей Швеции, Германии, Нидерландов, Дании, Польши и других стран.

Основным преимуществом данных буксиров является высокий уровень мощностных показателей и функциональности в обеспечении надёжности судовой безопасности.

В буксире-толкаче «POSS-115», как однопалубном судне класса река-море, предназначенном для поддержки проведения швартовых операций, буксировки несамоходных судов и барж, плавучих конструкций, для проводки судов в акватории портов и ледокольных работ, оригинальной особенностью повышения безопасности является наличие двух винто - рулевых азимутальных колонок, с развитой надстройкой и

подъемной рулевой рубкой [3]. Объемы автоматизации и степень централизации управления и контроля обеспечивают повышенное маневрирование и безопасность судна при всех условиях плавания, не требуя присутствия обслуживающего персонала в машинных помещениях, что соответствует знаку автоматизации AUT1 по Правилам РСУ. Указанный объем автоматизации обеспечивается за счет установки на судне инновационных безопасных комплексов систем контроля и управления в технических средствах энергетической установки, судовых систем и механизмов. Представляется особенностью предусмотренное безобрывное питание от аккумуляторных батарей приборов управления главного двигателя с винто - рулевой колонкой (ГД-ВРК), дизель-генератора (ДГ), которое позволило выполнять:

- контроль параметров технических средств судна согласно требований РСУ и стандартам поставщиков оборудования;
- управление пропульсивным комплексом ГД-ВРК;
- управление насосами и вспомогательными механизмами энергетической установки;
- управление дизель-генераторами судовой электростанции;
- управление оборудованием общесудовых систем.



Рисунок 2 – Морской буксир проекта Т3500

В морском буксире проекта «Т3500», многоцелевом судне для выполнения буксировок в порту и прибрежной зоне с удалением от места убежища до 100 миль, буксирно - кантовочных работ и швартовки судов, гармонично

сочетаются размерения, упор и конструкции. Это позволяют ему одинаково эффективно работать в стесненных портовых акваториях и в открытом море, развивать

нужную скорость сопровождения судов. Данный морской буксир, универсального ледокольного типа, обладает способностью работать в ледовых условиях с толщиной льда до 60 см. Благодаря специальным винто - рулевым колонкам буксиры способны ходить носом, кормой и любым бортом [4]. Учитывая такие универсальные свойства, суда способны буксировать плавсредства водоизмещением 50 - 70 тыс.тонн и осуществлять безопасное и комфортное проведение судов по каналам и постановку их к причалам. Кроме того, учитывая наличие двух противопожарных лафетных стволов способных подавать по 375 кубометров воды в час и длиной струи 100 м, буксир проекта Т3500 может погасить огонь как на судне, так и на берегу.

Поскольку на обоих проектах установлен один из лучших дизельных двигателей в мире, а именно дизельный двигатель MTU 12V4000M53 (Германия), эксплуатационный период буксиров рассчитан на 30 тыс. часов работы в тяжелых условиях без капитального ремонта. Управление ВРК типа US 205/3135 CP (Rolls-Royce (Финляндия) с Z-образным движителем с прямым дизельным приводом и оборудованным винтом фиксированного шага в кольцевой насадке, осуществляется современной надёжной и безопасной системой управления Aquapilot (Volvo-Penta, Швеция).

Оба проекта «POSS-115» и «Т3500» обеспечиваются основным управлением пропульсивным комплексом из рулевой рубки и резервным управлением с местных постов в машинном отделении (МО) и помещении ВРК. Из рулевой рубки производится запуск, остановка главных двигателей и следящее управление частотой вращения главных двигателей и углами поворота ВРК. Предусмотренное резервное не следящее управление частотой вращения и поворотом ВРК из навигационной рубки, по командам, передаваемым по громкоговорящей связи, повышает безаварийность и эксплуатационную безопасность.

С местных постов управления ГД обеспечивается пуск, остановка и управление частотой вращения по командам, передаваемым в МО машинным телеграфом. Системы защиты ГД обеспечивают их защиту от работы в недопустимых режимах путем аварийной остановки или снижения частоты вращения, содержат следующее основное функциональное оборудование:

Встраиваемые в пульт судоводителя две рукоятки для управления;

Углом поворота ВРК;

Частотой вращения главного двигателя;

Включением/отключением многодисковой гидравлической муфты;

Встраиваемые в пульт судоводителя две панели индикации направления упора ВРК и частоты вращения ГД;

Встраиваемые в пульт судоводителя две панели управления ВРК, содержащие индикаторы, регулятор яркости и органы контроля исправности сигнальных ламп;

Встраиваемые в пульт судоводителя две панели резервного не следящего управления, обеспечивающие задание режима резервного управления, не следящее управление частотой вращения двигателя и направлением упора, управление многодисковой гидравлической муфтой;

Встраиваемые в пульт судоводителя две панели управления главными двигателями;

Устанавливаемые в помещении ВРК два блока управления ВРК.

Также предусмотрена система контроля и аварийно-предупредительной сигнализации (АПС) в машинном отделении с датчиками и сигнализаторами в соответствии с требованиями Классификационного Общества и Стандартами поставщиков оборудования МО.

Данная система контроля и АПС содержат:

- Центральный щит системы АПС с операторским терминалом;
- Щит обобщенной аварийно-предупредительной сигнализации;
- Сирены обобщенной звуковой сигнализации и проблесковые сигнальные лампы;
- Световые колонны групповой обобщенной световой сигнализации с аварийно-предупредительными сигналами;
- Видеотерминал, клавиатуру, шаровый манипулятор и панели групповой обобщенной сигнализации, установленные в навигационной рубке;
- Панели обобщенной сигнализации, установленные в каютах механиков и столовой.

Инновационное достоинство системы АПС составляет сигнализация вызова механиков и контроль работоспособного состояния вахтенного персонала в МО.

В результате выполненной работы исследованы и представлены преимущественные инновационные характеристики и установлены особенности, обеспечивающие морскую безопасность буксиров проектов «POSS-115» и «Т3500». Применённые новейшие комплексы, системы контроля и управления техническими средствами энергетической установки, судовых систем и механизмов позволяют способствовать буксирам компании «НИБУЛОН» повышению маневренности и операционной безопасности судов при любых навигационных условиях плавания. Достигнутые и воплощённые в морскую отрасль

інновації принесли «НИБУЛОН» переважну ефективність створеного власного буксирного флоту в суднохідній галузі України.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сидорченко В.Ф. Морские буксиры и их операции. Судостроение Л.: Судостроение, 1986. – 240с.
2. Постанова КМУ від 7 жовтня 2009 р. № 1307 «Про затвердження Морської доктрини України на період до 2035 року».
3. Буксир-толкач мощностью ок. 2500 л.с. Теническое описание POSS-115.101.001, Николаев, «ГОРОЛА ДИЗАЙН ГРУП», 2009. – 62 стр.
4. Морской многоцелевой буксир мощностью ок.3500 л.с. и упором ок.40 тонн. Теническое описание Т3500-910-002, Николаев, «Асаба Дизайн Центр», 2018, 74 стр.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ СУДНА

Гайченя А.В.

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

Введение. Проблема обеспечения мореходной безопасности морских судов в значительной мере определяется их загрузкой. Спецификой грузовых операций навалочных судов являются повышенные требования к обеспечению общей продольной прочности, что обуславливает особенности технологии их проведения. При загрузке универсальных судов также имеется ряд особенностей, связанных с ротацией грузов, их укладкой и креплением, а также совместимостью партий груза. Поэтому аналитическое описание грузовых операций навалочных и универсальных судов может быть произведено методами теории исследования операций, чему и посвящена данная работа.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] приведены общие требования к грузовым операциям навалочных судов, а вопросы формирования оптимальной загрузки навалочных судов рассмотрены в работе [2]. Метод оптимизации загрузки судна тарно-штучными грузами предлагается в работе [3].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является анализ требований теории исследования операций к аналитическому описанию грузовых операций судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Теория исследования операций [4,5] изучает и объясняет явления, связанные с функциональными системами, разрабатывает модели, предназначенные для объяснения данных явлений, использует эти модели для описания того, что произойдет при изменении условий, и проверяет предсказания новыми наблюдениями.

Исследованию операций присущи следующие основные этапы:

1. Определение целей, которые следует формулировать, исходя из сущности решений, на получение которых ориентирована исследовательская работа. Следует обратить особое внимание на то, чтобы формулировка цели работы не была слишком узкой. Нельзя ставить и слишком широкие цели, что зачастую приводит к безуспешной попытке сразу решить все проблемы в рамках одного всеобъемлющего исследования.

2. Составление плана разработки проекта, подразумевая под планированием установление реперных точек, т. е. временных координат, соответствующих необходимым срокам завершения определенных видов работ.

3. Формулировка проблемы, - это один из самых важных этапов исследования, в результате которого формируется четкое понимание следующих моментов: в чем состоит существо проблемы, что имело место в прошлом, чего следует ожидать в будущем и каков характер соотношения между переменными исследуемой задачи. На основе полученных результатов формируется общая схема построения модели для изучаемой проблемы и определяется направление всей дальнейшей работы. Основным вопросом, связанный с формулировкой проблемы заключается в том, чтобы определить, имеется ли возможность представить всю проблему в виде отдельных, более частных подпроблем, которые можно исследовать независимо одну от другой.

Разрабатывая общий подход к анализу крупномасштабных проблем, исследование операций рекомендует в общем случае придерживаться следующей принципиальной схемы:

- вначале рассмотреть центральную задачу исследования;
- определить, какие входные и выходные данные требуются для формирования модели центральной задачи, что поможет определить подмодели, разработка которых потребуется в дальнейшем;

- установить, существуют ли средства для получения необходимой входной информации или использования результирующей выходной информации. Если такие средства есть, то их следует применить. В противном случае должны быть определены вспомогательные модели;

- выяснить, что должно быть разработано применительно к каждой из дополнительных моделей: вся модель, быстрый и грубый способ расчета или новые методы ручных расчетов.

Второй вопрос, подлежащий решению на стадии формулировки проблемы, связан с определением степени детализации разрабатываемой модели, причем не следует смешивать степень детализации с адекватностью модели. Более важно, чтобы разрабатываемая модель не оказалась «смещенной», т. е. такой, в которой не учтен тот или иной существенный и постоянно действующий фактор.

После разделения проблемы на соответствующие части и определения желаемой степени детализации модели процесс формулировки проблемы достигает фазы определения области применения и размерности разрабатываемой модели. При рассмотрении этой фазы необходимо решить пять следующих вопросов:

- определение размерности задачи, что, в принципе, является первым этапом построения модели, подразумевает определение переменных исследуемой задачи, которые необходимо учесть;

- определение управляемых переменных, являющееся вторым этапом построения модели, и заключается в определении переменных, которые могут изменяться управляющим органом. Некорректное разделение переменных на управляемые и неуправляемые может повести к «смещенной» модели;

- определение неуправляемых переменных, - это третий вопрос, подлежащий решению на стадии формулировки проблемы, когда определяются параметры, которые не могут быть изменены управляющим органом, но оказывающие влияние на моделируемую деятельность. Необходимо отметить, что при игнорировании влияния внешних факторов построенная модель может оказаться неадекватной реальной ситуации и, что еще хуже, ее использование может привести к выработке ошибочной стратегии;

- определение технологических параметров системы, является четвертым вопросом, который нужно решать на стадии формулировки проблемы. Технология описывается совокупностью констант и параметров, определяющих предельные значения переменных и соотношения между ними, которые необходимо учесть по замыслу решаемой задачи;

- определение показателей эффективности, которые служат основой для оценки конкретных решений рассматриваемой проблемы. В большинстве случаев при исследовании операций используется несколько показателей эффективности. Наиболее важные из них следует выявить уже на стадии определения целей исследования.

4. Построение модели. Модель выражает взаимосвязь между управляемыми переменными, неуправляемыми переменными, технологическими параметрами и показателями эффективности. Приступая к разработке модели, нужно, прежде всего, решить вопрос о возможности использования в рамках модели тех или иных требуемых показателей и соотношений. Нередко адекватность модели зависит от правильного решения этого вопроса.

Существует несколько различных типов соотношений, формирующих модель:

- соотношения, вытекающие из определений, - это аналитические выражения физических законов или общепринятых правил учета хозяйственной деятельности. Соотношения такого рода обычно выводятся достаточно просто и не требуют анализа данных;

- эмпирические соотношения, характеризующие взаимосвязи между переменными, выводятся на основе изучения данных за прошлый период, анализа технических аспектов,

экспериментальных данных. Построение и использование эмпирических соотношений может быть затруднено следующими двумя обстоятельствами. Во-первых, имеющиеся данные ретроспективного анализа могут оказаться непредставительными для вывода соотношений, характеризующих рассматриваемую систему в изменившихся условиях текущего периода или в предполагаемых условиях будущего периода. Эти новые условия функционирования системы должны найти отражение либо в изменении числовых значений соответствующих параметров, входящих в рассматриваемые соотношения, либо в изменениях структуры и характера самих зависимостей. Вторая трудность заключается в том, что эмпирические соотношения могут выводиться на основе данных, которые относятся к характеристикам функционирования системы, не отвечающим требуемому уровню эффективности. В этом случае решения, получаемые с помощью модели, не будут стимулировать повышение эффективности системы и не отразят те потенциальные возможности, которые могут быть реализованы при совершенствовании управления;

- нормативные соотношения, - это такие соотношения, которые устанавливают, как переменные должны быть связаны между собой, а не то, как они были связаны в прошлом. Эти соотношения могут быть результатом тех требований, которые предъявляет управляющий орган к качеству функционирования системы.

5. Разработка вычислительного метода. Одновременно с проведением работ по построению модели необходимо выбрать или разработать численный метод решения, причем необходимо выяснить следующие вопросы:

- следует ли использовать имитационное моделирование или какой-либо из имеющихся методов оптимизации;

- должна ли модель учитывать, что некоторые переменные являются случайными величинами, или же следует использовать детерминированный подход;

- нужно ли учитывать нелинейность некоторых соотношений или достаточно ограничиться их линейной аппроксимацией;

- можно ли использовать существующие методы решения или требуется разработать новый метод.

На этапе разработки вычислительного метода приходится определять, допустимо ли в данном конкретном случае использование оптимизационного метода решения или необходимо разработать некоторый эвристический алгоритм. Всегда, когда в рамках анализа операций необходима разработка некоторого вычислительного метода, необходимо вначале дать исчерпывающую формулировку задачи, если даже вполне очевидно, что в такой постановке она не поддается решению.

Зачастую возникает дилемма выбора одного из двух вариантов:

- найти оптимальное решение упрощенной задачи;

- найти приближенное решение точно сформулированной задачи.

Практический опыт убедительно свидетельствует о предпочтительности второго варианта.

6. Разработка технического задания на программирование, программирование и отладка. Составление программ для ЭВМ во многих случаях является составной частью проводимого исследования. При этом следует подчеркнуть особую важность и значение составления ориентированных на пользователя входных и выходных данных. В этом случае выполнение трудоемких функций, связанных с подготовкой данных, возлагается на ЭВМ, а не на пользователя.

7. Сбор данных. На этом этапе осуществляется сбор и анализ данных, необходимых для проверки правильности модели и практического использования результатов исследования операций.

Сформулируем задачу разработки метода ввода базы данных грузовой программы судна в рамках приведенных основных требований исследования операций, давая характеристику рассматриваемой задачи по каждому из этапов исследования операций.

Прежде всего, произведем определение целей исследования. В общем виде, целью исследования является разработка метода ввода базы данных грузовой программы судна.

Для достижения поставленной цели необходимо вначале определить требования к возможностям результирующей компьютерной грузовой программы, из чего определяется структура необходимой базы данных. Специфика проводимого исследования не требует учета второго этапа - составления плана разработки проекта.

Рассмотрим третий этап - формулировку проблемы. База данных грузовой компьютерной программы, прежде всего, определяется требованиями к возможностям грузовой программы, которая должна синтезироваться из формирующей базы.

Необходимыми требованиями, которым должна удовлетворять грузовая программа, являются:

- расчет и вывод информации о посадке судна;
- определение параметров остойчивости судна и сравнение их с допустимыми значениями;
- расчет характеристик общей продольной прочности корпуса судна и местной прочности.

Укажем дополнительное требование к грузовой программе универсального судна, могущего перевозить генеральные грузы. Очень существенным для указанной ситуации является требование отображать укладку генерального груза с учетом архитектуры грузовых помещений судна. Необходимо также, чтобы грузовая программа позволяла производить отображение распределения запасов в танках.

Таким образом, в исследовании выделяется пять указанных требований к грузовой компьютерной программе, которая представляется сформированной базой данных. Для определения входных и выходных переменных исследуемой задачи следует учесть параметры, которые соответствуют сформулированным требованиям. Причем для формирования базы данных грузовой программы следует учитывать только неизменные параметры, характеризующие каждое из требований.

Следует отметить, что выходные переменные Y , представляющие базу данных грузовой программы, содержат информацию судовой интерполяционной программы загрузки судна, формально представленную в виде входных переменных X , а отображение F преобразует необходимую информацию с одного формата в другой.

Выводы. В статье рассмотрены требования теории исследования операций к аналитическому описанию грузовых операций навалочных и универсальных судов. В дальнейшем целесообразно разработать общий алгоритм формализации загрузки судов, учитывающий общие требования и особенности разных типов судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко Л.В. Особенности эксплуатации балкеров/ Павленко Л.В., Козырь Л.А. – Одесса: Латстар, 2002. – 78 с.
2. Цымбал Н.Н. Формирование оптимизационной задачи проведения грузовых операций навалочных судов/ Цымбал Н.Н., Васьков Ю.Ю. // Судовождение. – 2004. - № 7. – С. 3 - 10.
3. Чепок А.О. Оптимизация загрузки судна тарно-штучными грузами в автоматизированных системах / Чепок А.О. // Проблемы техники: Научно-производственный журнал / ОНМУ, ХНУ – 2013. – № 4. – Одесса: Одесский национальный морской университет, 2013. – С. 44–51.
4. Исследование операций. Т. 1. Методологические основы и математические методы. Под редакцией Дж. Моудера. – М.: Мир, 1981. – 712 с.
5. Таха Х. Введение в исследование операций. – М.: Мир, 1985. – 478 с.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ СБЛИЖЕНИЯ МОРСКИХ СРЕДСТВ СПАСАНИЯ С СУДНОМ, ТЕРПЯЩИМ БЕДСТВИЕ, И АЛГОРИТМОВ ТРАЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИМИ

Годованюк С.П., Селиванов С.Е.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Актуальность темы. Важность транспортной системы любой страны прямо пропорциональна уровню технического и социального развития, что в свою очередь требует существенного повышения интенсивности транспортных перевозок на морских и речных водных путях (ВП). Увеличение количества и размеров, скорости и типов судов повышают вероятность возникновения аварийных ситуаций на море, следствием которых являются потери технических средств и человеческих жизней. Обеспечение безопасности человека на море было и остается важнейшей проблемой судоходства.

Среди различных сфер человеческой деятельности одними из наиболее опасных являются те, которые связаны с необходимостью пребывания людей в море. Опасность для жизни человека на море вызывается обычно аварийной ситуацией, которая может возникнуть на судне в любой момент времени, начиная с выхода его в рейс и заканчивая возвращением в порт. Как на этом этапе, так и в целом огромная роль в сохранении человеческой жизни на море принадлежит системе поиска и спасания. Именно в этой области могут быть приняты меры управления, необходимые в качестве оперативной реакции на рост потерь морских судов и человеческих жизней, который наметился в последние годы. Поэтому, синтез методов минимизации времени прибытия спасательных средств в точку встречи с аварийным судном, является актуальным.

Постановка задачи исследования. Эффективность поисково-спасательных операций в первую очередь зависит от времени между моментами подачи сигнала бедствия аварийным судном и началом спасательных операций. Опыт показывает, что своевременный выход судна-спасателя в исходную точку нахождения судна, терпящего аварию, и впоследствии стремление сокращения времени сближения с аварийным судном, позволяет с большей эффективностью провести спасательные работы. Исходя из этого, в работе рассматривается проблема сокращения времени сближения спасательного морского судна с аварийным судном и обоснование выбора типичных методов исследований. Для улучшения характеристик траектории движения спасательного морского судна, в работе предложено вводить в систему управления и стабилизации судна алгоритм (метод) сближения судов.

Результаты исследований. Проанализируем методы сближения морских судов с аварийным объектом и выберем типовые из них. В этом случае могут применяться три метода сближения, с учетом того, что метод параллельного сближения является отдельным случаем метода пропорциональной навигации:

- метод прямого сближения;
- метод сближения с наивыгоднейшей точкою упреждения;
- метод пропорционального сближения (навигации).

Метод прямого сближения характерен тем, что капитан судна-спасателя должен удерживать продольную ось своего судна постоянно направленной на судно, которое спасают. Очевидно, такого добиться крайне сложно при сближении с движущимся объектом. Метод применим только при сближении с неподвижным объектом (людьми на воде и др.). Учитывая относительно малую скорость дрейфа аварийного судна, этот метод применим для сближения с объектом на длинных расстояниях – движения судна-спасателя по маршруту на его линейных отрезках.

Требованием к системе проводки судна по отрезку маршрута является точное определение времени начала поворота на новый отрезок. Это требование может быть выполнено при использовании современных методов прогноза маневра судно-спасателя.

Критерием оптимальности управления курсом является функционал, учитывающий дисперсию рыскания и дисперсию переключений руля [1, 2]:

$$J = V_{ar}(\Psi) + PV_{ar}(\beta) = \min, \quad (1)$$

где $V_{ar}(\Psi)$ и $PV_{ar}(\beta)$ – дисперсия рыскания и углы переключки руля, соответственно; P – весовой коэффициент.

В общем виде закон переключки рулей в работу составлен таким образом:

$$\beta_u = k_p \Psi + k_d \dot{\Psi} + k_i \int_{t_1}^{t_2} \Psi dt, \quad (2)$$

где k_p , k_d , k_i – коэффициенты усиления пропорционального, дифференцирующего и интегрирующего звеньев, соответственно.

Анализ опыта управления судов показывает, что такой метод сближения используется при сближении с неманевренными малоподвижными объектами.

Пропорциональное сближение судна-спасателя с аварийным объектом применяется при маневрировании судна-спасателя, который сближается с аварийным объектом для сокращения времени (пути) во время сближения t_j .

Уравнение рыскания в упрощенном виде запишем в следующем виде [1, 3]:

$$\tau_1 \dot{\Psi} \Psi \pm \Psi \Psi = k_1 \beta, \quad (3)$$

или с учетом, что $\dot{\Psi} \approx \omega_{\Psi}$ имеем

$$\tau_1 \dot{\omega}_{\Psi} \pm \omega_{\Psi} = k_1 \beta, \quad (4)$$

где τ_1 – постоянная времени судна;

k_1 – коэффициент передачи по управляющему воздействию, знак «плюс» в (4) соответствует устойчивым на курсе судам, знак «минус» – неустойчивым.

Критерий оптимальности для такого закона управления запишем в виде:

$$J = V_{ar}(\Delta U) = \min, \quad (5)$$

где $V_{ar}(\Delta U)$ – дисперсия корректировок курса.

На текущее значение бокового отклонения судна Y от линии пути накладывается ограничение: $Y < Y_{доп}$.

Помимо критерия (5), качество коррекции определяется уровнем статической погрешности удержания судна на маршруте (рис.1).

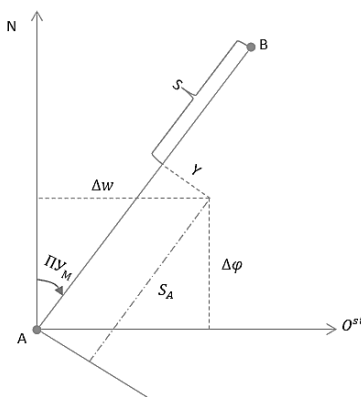


Рисунок 1 – Маршрутные координаты судна

Определим маршрутную координатную систему.

Связь между географическими φ, λ и маршрутными Y, S координатами судна на активном отрезке маршрута AB (рис. 1) опишем зависимостями [1]:

$$\begin{cases} \Delta\varphi = \varphi - \varphi_A; \\ \Delta w = (\lambda - \lambda_A) \cos[0,5(\lambda - \lambda_A)], \end{cases} \quad (6)$$

де φ_A, λ_A – широта и долгота начальной точки активного отрезка маршрута.

Маршрутные координаты судна рассчитываются по его прямоугольным координатам $\Delta w, \Delta\varphi$

$$\begin{cases} Y = \Delta w \cos \text{ПУ}_M - \Delta\varphi \sin \text{ПУ}_M; \\ S_A = \Delta w \sin \text{ПУ}_M + \Delta\varphi \cos \text{ПУ}_M, \end{cases} \quad (7)$$

Расстояние по отрезку маршрута до путевой точки B равно

$$S = S_{AB} - S_A,$$

где S_{AB} – длина отрезка маршрута.

Стабилизацию судна на отрезке пути можно представить двухконтурной схемой (рис. 2), которая включает регулирующие курс устройства (АР) и систему, управляющую движением по траектории (Track control system), и отличается от известных схем введением в нее дополнительной коррекции, которая характеризует метод сближения.

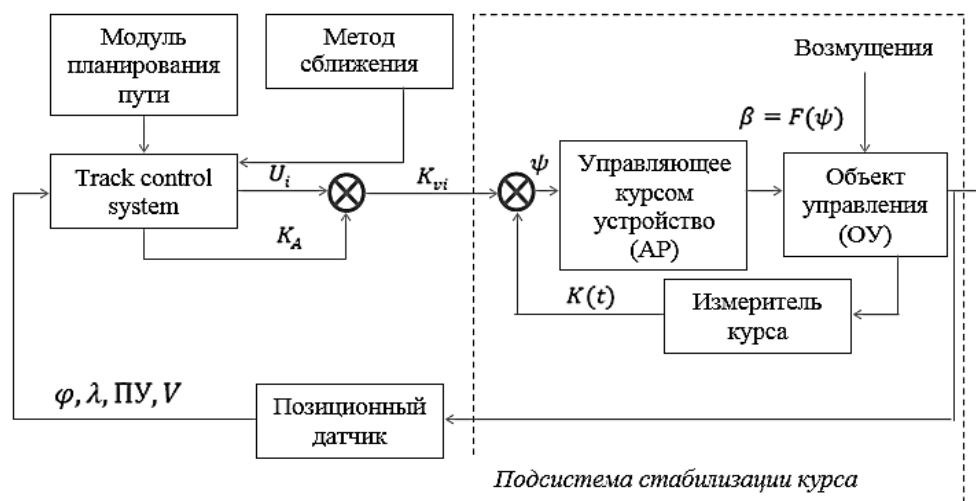


Рисунок 2 – Схема стабилизации судна на отрезках маршрута

От позиционного датчика (приёмо-индикатор одной из спутниковых систем: GPS, Глонасс, DGPS, ДГлонасс) в Track control system поступают данные о координатах судна и параметров движения ($\varphi, \lambda, \text{ПУ}, V$), также в эту систему от модуля планирования пути вводятся данные запланированного маршрута и метода сближения.

В случае удержания судна на отрезке маршрута заданный алгоритм корректирования курса (стабилизации) можно представить следующим образом [1]:

$$k_{u i} = k_A + U_i \quad (8)$$

В выражении (8) $k_A - \text{ПУ}_M$ – маршрутный путевой угол активного отрезка маршрута; U_i – курсовая поправка к k_A .

Пропорционально-интегральный закон выработки поправок к k_A при пропорциональном методе сближения будет таким:

$$U_i = r_n Y_i + r_u \int_{t_1}^{t_2} Y_i dt = U_n + U_k \quad (9)$$

где r_n , r_u – коэффициенты пропорциональной U_n и интегральной U_u составляющих закона коррекции.

Составляющая закона (9) $U_n = r_n Y_i$ является основным управлением, обеспечивающим пропорциональное возвращение на линию пути.

Таким образом, при возникновении аварийной ситуации на море в зависимости от вида аварии и характера ее развития, для спасательных работ могут привлекаться:

– для спасения судна – морские средства спасения, которые используют метод сближения с наивыгоднейшей точкой упреждения, при прямолинейном дрейфе с малой скоростью или метода пропорциональной навигации, при сближении с аварийным судном, которое маневрирует;

– для спасения людей на воде также могут привлекаться авиационные средства спасения и эвакуации, а также морские, наводимые по методу прямого сближения.

Учитывая скоротечность и трудоемкость процесса спасания на море, все виды работ по ликвидации последствий аварии нуждаются в автоматизации, а также в сокращении времени, которое затрачивается на преодоление расстояния между судном-спасателем и спасаемым судном. Последнее можно достичь введением в закон управления судном, которое спасает, коррекции, которая учитывает соответствующую созданную ситуацию на море, метод сближения судов (аварийного и спасаемого судна).

Выводы. Проведен синтез методов сближения морских средств спасания на море с объектами, которые терпят бедствие; обоснованы типичные методы и алгоритмы траекторного управления судном-спасателем, которые дали возможность выбрать наиболее эффективные методы вывода его в точку встречи с аварийным судном за минимально возможное время.

Разработана замкнутая математическая модель движения судна в условиях аварийной ситуации на море, в которой учитываются методы сближения с аварийным судном, что позволило рекомендовать разработчикам иерархических интегрированных систем управления спасанием на море оптимизировать по времени траекторию сближения судна-спасателя с аварийным судном, заранее предусмотрев возможность выбора метода сближения и выработки соответствующих корректирующих управляющих влияний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л. Л. Системы автоматического управления движением судна / Л. Л. Вагущенко, Н. Н. Цымбал. – Одесса: Ластар, 2002. – 310 с.
2. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті. – К.: НАУ-друк, 2010. – 284 с.
3. Березин С. Я. Системы автоматического управления движением судна по курсу / С. Я. Березин, Б. А. Тетюев. – Л.: Судостроение, 1990. – 256 с.

ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПРИ ЗІТКНЕННІ СУДНА З МОСТОМ

Голіков А.О., Олійник Ю.О.

*Національний університет «Одеська Морська Академія»
(Україна)*

Вступ. Протягом всієї історії морського флоту спостерігалось багато нещасних випадків зіткнень суден з мостами. Це завдає серйозних збитків суспільству і навколишньому середовищу.

У світі щорічно відбувається серйозні зіткнення суден з мостами, трапляються катастрофи, які приводять до краху мостів, загибелі суден і людських жертв. Статистика показує, що контакти та навали судів є головними причинами пошкоджень мостів і в 30% зіткнення суден з мостами закінчуються повним руйнуванням останніх. Ця проблема голосно заявила про себе починаючи з 60-х років ХХ століття, коли у зв'язку з ростом інтенсивності судноплавства і розмірів суден зростав і масштаб завданих лих.

У зв'язку зі збільшеними темпами спорудження мостів, необхідно враховувати ризики пошкодження їх судами.

Для кількісної оцінки рівня безпеки при зіткненні суден з мостами зазвичай застосовується концепція ризику. Ризик може бути визначений як поєднання ймовірності та наслідків після даного виду аварій.

Небезпека зіткнення виникає при виході судна з безпечних водних меж.

Безпека моста може визначатися як його здатність протистояти експлуатаційним навантаженням при зіткненні з судном. Проблема полягає в тому, що багато мостів, в особливості історичних, не призначені для виконання цього критерію. Таким чином, згідно зі статистикою за останні 50 років було знищено 29 мостів.

Оцінка ризику зіткнення судна з мостом є дуже важливою, вона визначається наступними факторами:

1. Імовірність зіткнення з прольотами мосту, опорами та іншими мостовими конструкціями;
2. Найбільш відкриті місця зіткнення з мостом;
3. Можливі наслідки від збитків для судна, моста, навколишньому середовищу;
4. Методи захисту моста (рейдова бочка, штучні острови, тощо);
5. Інші методи зниження ризику (системи звітності, правила руху, маркування, тощо).

Оцінка ризику складається з трьох етапів:

- 1) ідентифікація небезпеки;
- 2) оцінка ймовірності;
- 3) аналіз наслідків.

Оцінка наслідків.

Аварії при зіткненні судна з мостом можна розділити на три види:

- носове зіткнення з опорою моста;
- бокове зіткнення з опорою моста;
- зіткнення рубки (надбудови) з прольотом моста.

Найбільш частими є зіткнення з носом, при яких витрачається велика кількість енергії, яка несе руйнівні наслідки як для судна, так і для моста.

Наслідки зіткнення судна з мостом залежать від декількох факторів, таких як:

1. енергія судна, яка залежить від його маси, швидкості та виду удару;
2. поглинання енергії судна при його структурному руйнуванні під час зіткнення;
3. енергії поглинання елементів мосту

Методи захисту мостів при зіткненнях.

Щоб пом'якшити наслідки удару судів і захистити опори моста, можна розглянути кілька методів. Ці методи можуть бути розділені на два з урахуванням розміру судна. Методи, які використовуються для малих і середніх судів довжиною менше ніж 100 м і малих швидкостей під час проходження, такі:

- спрямовувальні кранці;
- кранці;
- швартові бочки.

Мостові огорожі для великих суден довжиною понад 100 м можна поділити наступним чином:

- швартові бочки;
- штучні острови;
- сталеві якірні дроти;
- плавучі понтони.

Використання будь-якого методу також залежить від глибини розташування стовпів моста та інших факторів.

Рекомендації для підготовки проходження судна під мостом.

Проводка судна під мостом на опорах повинна забезпечувати їх безаварійний рух через призначені для них судноплавні прольоти з необхідними інтервалами до опор моста і встановленими запасами по висоті.

Процес проводки містить наступні елементи:

- визначення розташування судноплавного прольоту для даного напрямку руху;
- оцінки шляхової та гідрометеорологічної обстановки в районі моста на момент підходу до нього;
- вибір безпечного курсу;
- проходження під мостом і вихід на свій курс.

При підході до багатопрогонного мосту необхідно завчасно визначити розташування судноплавного прольоту для даного напрямку руху і порівняти габаритну висоту моста по міткам на опорах і інформаційним знакам з висотою свого судна (при перевищенні, привести висотний габарит судна у відповідність, шляхом прийняття баласту, завалювання щогл тощо). При відсутності навігаційних знаків або їх вогнів слід припинити рух. Найскладнішою є проводка під мостами при проходженні вниз по течії в вітряну погоду. На зарегульованих річках і каналах зі слабкою течією проводка спрощується, тому що враховується тільки сила і напрям вітру.

Висновки. Розташовані на морських і внутрішніх судноплавних шляхах мостові переходи є уразливими об'єктами інфраструктури та мають такі особливості:

- вони обмежують навігаційні фарватери як у вертикальній, так і в горизонтальній площині, а навігаційні умови часто ускладнюються непередбачуваними течіями та вирами;
- в разі зіткнень з судами та руйнувань мостів створюється загроза людям і транспортним засобам, які знаходяться на або біля спорудження;
- вартість моста зазвичай значно більше вартості самого судна.

Можливе зіткнення суден з мостами на судноплавних каналах може мати катастрофічні наслідки. Необхідно забезпечити застосування повного спектра доступних методів для визначення ризику і захисту мостів від нещасних випадків. При підході судна до мосту, необхідно виконати ретельну підготовку, а також всі вимоги з безпеки. На підході до мосту, заздалегідь повинні бути відомі габарити ходового прольоту моста і габаритам судна з урахуванням існуючих рівнів та інформації з навігаційних карт. Для впевненості у відповідності габаритів слід зв'язатися з диспетчером руху для отримання необхідної інформації. Прохід під мостом дозволяється тільки через призначені для цієї мети судноплавні прольоти, обладнані діючими навігаційними знаками та вогнями. Особливі умови проходження під мостами, обумовлені їх конструкцією, розташуванням і гідрологічними особливостями шляху, всі ці фактори також необхідно враховувати.

ЛІТЕРАТУРА

1. Protection of bridge piers against ship collision, Holger Svensson, Articles DOI: 10.1002/stco.200910004, Steel Construction 2 (2009), 32 pages.
2. World Fleet Incidents Statistics 2005-2015 , O. Pipchenko, 2017 – 10 p.
3. Gucma L. (2005) Methods for bridge safety assessments with respect to ship collisions. K. Kołowrocki (edt.) Safety and Reliability. Balkema. Rotterdam 2005.
4. Statistical Analysis of Ship Collisions with Bridges in China Waterway, DAI Tong-yu, NIE Wu, LIU Y i n g - j i e , WANG Li-ping, College of Shipbuilding Engineering, Harbin Engineering University, Harbin 150001, China (Journal of Marine Science and Application, Vol. 1, No. 2, December 2002).
5. В.Н. Мотрич, «Столкновения судов и их предупреждение. Новый взгляд», 2017 г, 349 стр.
6. Overview and overall evolution of accidents (2018). Retrieved from <https://www.inland-navigation-market.org/en/rapports/2018/q2/8-accidents/>.
7. Голиков А.О., Мусаев М.А., Олійник Ю.А., Сучасні проблеми Морського порту Маріуполь, 2018 р - 2 стр.
8. Проводка судов в местах расположения мостов. Retrieved from <http://studepedia.org/index.php?vol=1&post=78450>.
9. Larsen, O.D. (1993). Ship collision with bridges- the interaction between vessel traffic and bridge structures, International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE).
10. Risk assessment of bridge collision – using Monte Carlo Simulation. Retrieved from <https://www.sspa.se/safety-security-and-risk/risk-assessment-bridge-collision-using-monte-carlo-simulation>.

ПРИЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ МОРСКИХ СУДОВ В ТЕХНОЛОГИИ AIS

Дьяконов А.С., Рябенский В.М., Ихсанов Ш.М.

*Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова
(Украина, г. Николаев)*

Введение. С появлением вполне доступных по цене приемников RTL-SDR (Real Time Desktop Software Defined Radio) появилась возможность в научных исследованиях и учебном процессе использовать вместо цифровых моделей реальные сигналы различных информационных систем [1,2]. Приемник стыкуется с ПК по USB порту и информация передается в пакет MATLAB в реальном времени. Это обеспечивает широкие возможности исследования различных вариантов алгоритмов обработки сигналов и оценку их эффективности. В работе рассматриваются эти возможности на примере исследования сигналов морских и речных судов в технологии AIS (Automatic Identification System). Дополнительно для исследований привлечена аппаратура приема AIS сигналов американского сайта marinetraffic.com, который обеспечивает получение текущей информации о движении судов практически по всему земному шару.

Технология AIS появилась как один из путей повышения безопасности мореплавания за счет широкого внедрение автоматических систем, основанных на комплексном использовании средств связи, вычислительной техники и навигации. Как и воздушные судна, морские суда постоянно передают сигналы со своими данными. При движении судна интервал передачи составляет от 2 до 10 секунд и 3 минуты при стоянии на якоре. В зависимости от класса, суда комплектуются двумя видами передающей аппаратуры. К классу А, как правило, отнесены суда совершающие международные рейсы и все пассажирские суда. Для них выделен канал связи на частоте 161.975 МГц. Мощность передатчика 12.5 Вт. Другие суда отнесены к классу В и они должны передавать свои сигналы на частоте 162.025 МГц. Мощность передатчика в пять раз ниже. Скорость передачи всегда 9600 бит/с, соответственно, длительность передачи одного бита около 104 мкс. Для передачи информации используется GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) модуляция. Вначале сообщения излучается синусоидальный синхроимпульс, все сообщение закрывается 16 битным кодом CRC и его длина в зависимости от типа сообщения составляет от 256 до 512 бит. Синхронизация работы всех станций АИС обеспечивается глобальной навигационной спутниковой системой и предотвращает передачу сигналов близких судов в одном временном интервале.

На рисунке 1 приведена амплитудная развертка сигналов AIS, принятых приемником RTL-SDR, который был соединен с приемной антенной, предоставленной сайтом marinetraffic.com и установленной на крыше здания Института автоматики и электротехники НУК. На развертке мы видим сигналы от 5 судов, три из них стандартные (тип 1, длина 256 бит) и два длинных сообщения (тип 5, длина 512 бит, передается название и позывной судна, порт назначения). Хорошо видно, что два очень близких сигнала излучены с временным зазором. Из-за различий гетеродинов приемника и корабельных передатчиков сигналы, как правило, имеют частотное смещение до 60 КГц. Для примера на рисунке 2 приведен спектр наиболее мощных 2-х сигналов с амплитудной развертки рисунка 1:

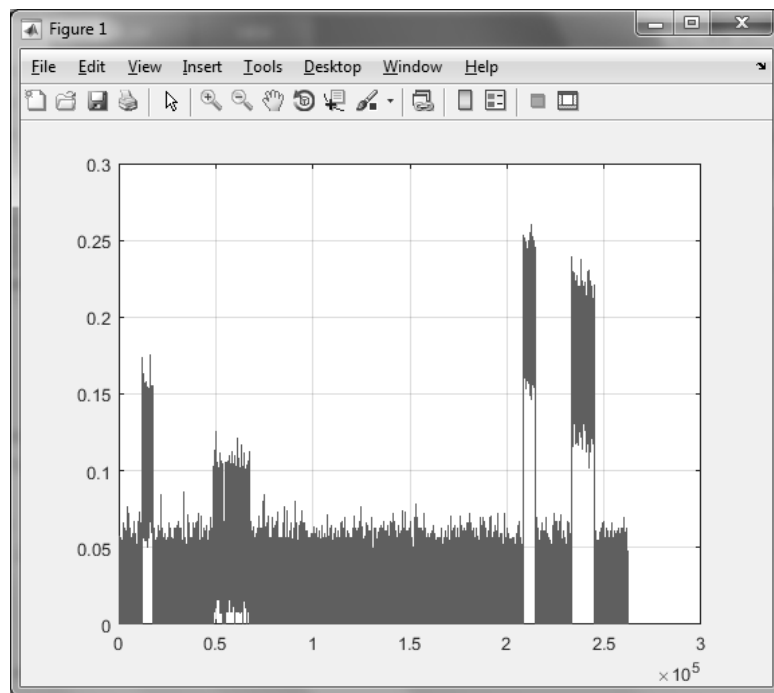


Рисунок 1 – Амплитудная развертка сигналов AIS

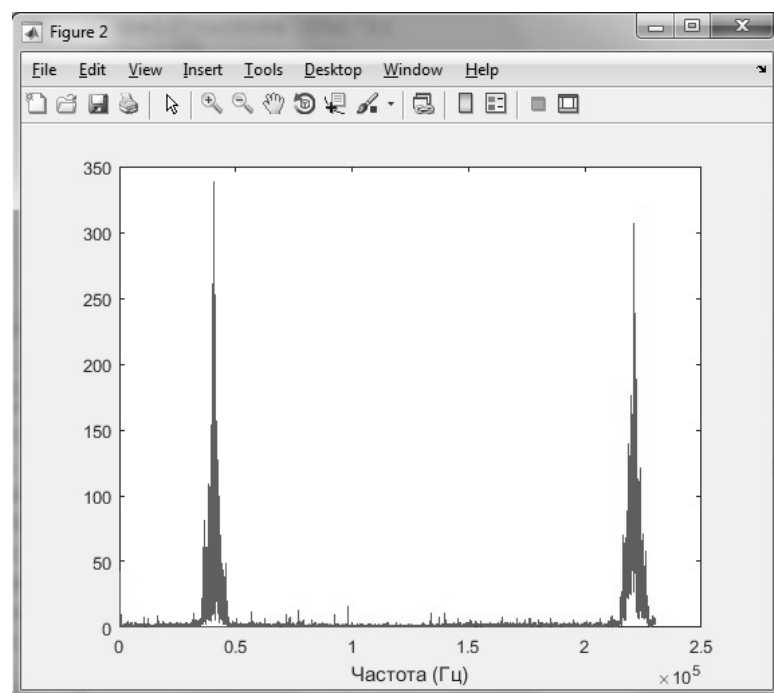


Рисунок 2 – Спектры сигналов AIS

Короткий сигнал получен от судна CAPTAIN MICHALIS (MMSI 272137700) и он имеет отрицательное частотное смещение -9.45 КГц, длинный сигнал получен от судна PANDA (MMSI 352528000) у него частотное смещение 40.22 КГц (для экономии места спектры двух сигналов совмещены). Для сигналов GMSK носителем информации является фаза сигнала, которая приведена на рисунке 3 в развернутом виде для первого сигнала после компенсации частотного смещения:

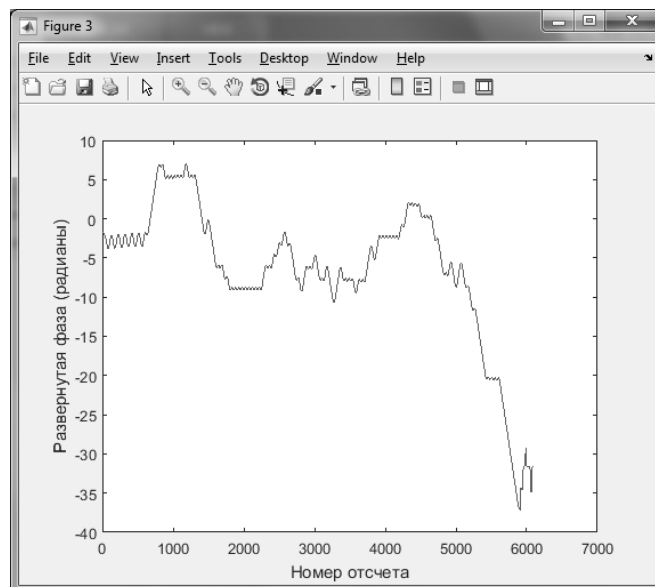


Рисунок 3 – Развернутая фаза сигнала AIS после компенсации частотного смещения

На рисунке хорошо виден синусоидальный синхроимпульс вначале сигнала. Интервалы постоянства сигнала показывают, что частотное смещение компенсировано с очень хорошей точностью. Изменения фазы более чем на $\pi/2$ означает прием «1».

В качестве базы алгоритма выделения сигналов использовалась программа с открытым кодом `aisLiveData` корпорации MathWorks. Основная проблема в алгоритме — это правильное выделение зоны существования сигнала во времени, особенно в условиях плотного потока сообщений, и устранение частотного смещения. Оптимизация программы `aisLiveData` позволила увеличить количество правильно декодированных сообщений более чем в 3 раза, и остаются пути для дальнейшей оптимизации. Плотность сообщений, при использовании упомянутого выше аппаратного обеспечения, составляет около 40 сообщений в минуту, максимальная дальность достигает 6 км. Отметим, что MATLAB не может обеспечить непрерывный прием квадратур во времени. Между фреймами порций информации образуются паузы длительностью $\sim 60\%$ от длины фрейма (262144 комплексных отсчетов).

В настоящее время на кафедре круглосуточно работает аппаратно-программный комплекс, предоставленный сайтом `marinetraffic.com` и выдающий свою информацию в общий поток сообщений сайта (номер станции 4757). Основные отличия комплекса от приемника RTL-SDR:

Параллельный прием сигналов от судов класса А и В;

Аналоговая радиочастотная фильтрация отдельно на каждой частоте;

Высокая степень оптимизации алгоритма выделения сигналов и временной диаграммы программы для обеспечения непрерывного прием квадратур.

Как известно [3], в УКВ диапазоне частот возможно распространение радиоволн не только в прямой видимости. Рассматриваются возможности отражения от неоднородностей в тропосфере, метеорных следов, дифракция над поверхностью моря, многолучевость и некоторые другие факторы. Мнения различных авторов о степени влияния отдельных факторов на распространение AIS сигналов расходятся, единой теории, объясняющей наблюдаемые эффекты нет. Первичное обобщение статистики приема сигналов на нашей станции выглядит так:

Постоянно обеспечивается прием сигналов AIS с кораблей в акватории Бугского лимана, включая сигналы Очаковского маяка. Средняя плотность принимаемых сигналов не опускается ниже 70 сообщений в минуту. В ночные часы плотность сигналов возрастает ~ 1.5 раза;

В конце апреля 2019 года наблюдалось поступательное увеличение плотности и максимальной дальности приема сигналов судов. Так 26 апреля плотность составила около 150 сообщений в минуту и зафиксирована максимальная дальность приема 145 км, что обеспечило контроль акватории Черного моря в районе Одессы (рис. 4). 28 апреля максимальная дальность уже составила 457 км. Резкое увеличение потока сообщений со всех станций привели к прекращению работы WEB-интерфейсов отдельных станций. Уже после возвращения к средним показателям активности, 4 мая был принят сигнал от судна на расстоянии 694 км.

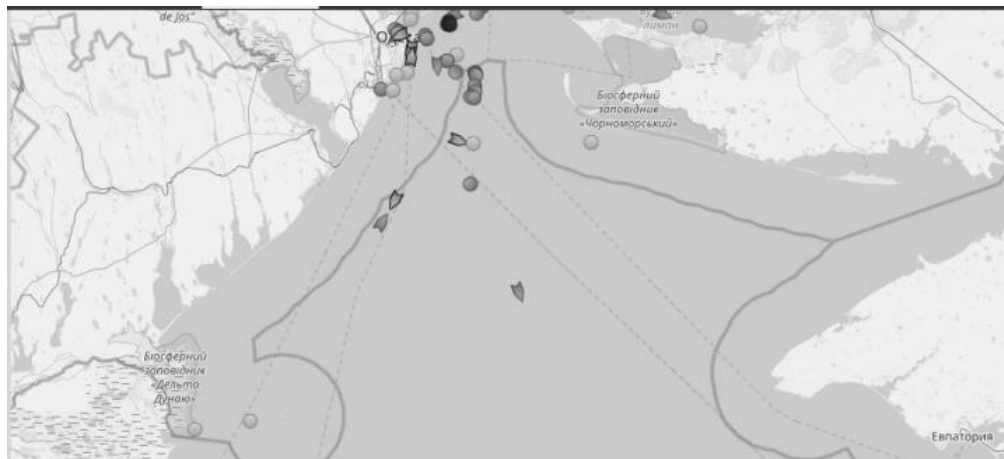


Рисунок 4 – Карта с отображением судов, сигналы которых получены 26.04.2019 г на станции AIS 4757

Выводы. Реализован аппаратно-программный комплекс приема и обработки сигналов AIS морских судов, предоставляющий широкие возможности для использования в учебном процессе и в научных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Robert W. Stewart, Kenneth W. Barlee, Dale S.W. Atkinson, Louise H. Crockett. Software Defined Radio using MATLAB & Simulink and the RTL-SDR. // University of Strathclyde, Glasgow, Scotland, UK, 2015, 674p.
2. Іхсанов Ш.М., Рябенський В. М., Дьяконов О. С. Дослідження сигналів реальних інформаційних систем з використанням приймачів RTL-SDR : навч. посіб. / Ш. М. Іхсанов, В. М. Рябенський, О. С. Дьяконов. — Миколаїв, 2018. — 183 с.
3. D. Green, J. K. E. Tunaley, C. Fowler, D. Power VHF Propagation Study. DRDC Atlantic CR 2011-152. Defence R&D Canada – Atlantic, 2011. — 66p.

УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Зинченко С.Н., Носов П.С., Грошева О.А., Маменко П.П., Матейчук В.Н.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Вступление. В настоящее время на большинстве транспортных судов используется схема управления с одним или двумя двигателями, кормовым рулем и подруливающим устройством. При этом, подруливающее устройство и двигатели используются для маневрирования только при небольших скоростях, в маневренном режиме. На переходе двигатели работают в режиме обеспечения максимальной скорости хода судна и не используются для маневрирования. Поддержание заданного курса или движение по заданному маршруту обеспечивается только кормовым рулем. В режиме автопилота кормовым рулем управляет ПИД – регулятор.

В работе [1] приведен пример системы вождения по маршруту (Track Control System) (раздел 8) в условиях ветрового воздействия, которая обеспечивает удержание судна на маршруте. Вместе с тем, наличие ветрового воздействия не позволяет одновременно обеспечить нулевой угол дрейфа, что приводит к увеличению гидродинамического сопротивления, уменьшению скорости, увеличению времени перехода и дополнительному расходу топлива. В работе [2] описана система автоматического управления судном с дополнительным носовым рулем, которая, по мнению авторов работы [2], обеспечивает нулевой угол дрейфа и нулевое отклонение от траектории, в том числе и при наличии внешних воздействий, что позволяет уменьшить общее сопротивление движению судна и расход топлива.

В предложенной системе автоматического управления движением судна: нулевой угол дрейфа и нулевое боковое смещение обеспечиваются отдельным управлением носовым и кормовым рулем. Нулевой угол дрейфа обеспечивается управлением носовым рулем, а нулевое боковое смещение – кормовым рулем; в законе управления носовым рулем используется оценка угловой скорости в канале рыскания, полученная дифференцированием измеренного углового отклонения; в законе управления кормовым рулем используется оценка бокового смещения по углу дрейфа.

Актуальность исследований. Так как практически все суда работают в условиях внешних воздействий ветра и течения, поиск оптимальных схем и оптимального управления судном в условиях внешних воздействий, является актуальной научно – технической задачей.

Постановка задачи. Требуется выбрать схему управления и алгоритм управления судном, оптимизирующие его движение на переходе при наличии внешних воздействий.

Результаты исследований. Для проведения исследований, авторами статьи взята за основу схема управления с дополнительным носовым рулем, описанная в работе [2]. Дополнительно, авторами предложены следующие решения [3], позволяющие оптимизировать управление в условиях внешних воздействий: управление кормовым и носовым рулем осуществляется с использованием ПИД – регулирования как по угловому отклонению, так и по боковому смещению, что позволяет удерживать судно на маршруте с нулевым углом дрейфа при наличии внешних воздействий; использование одинакового закона управления носовым и кормовым рулями (ПИД - регулирование по угловому отклонению и боковому смещению) позволяет управлять судном при отказе одного из рулей, чем обеспечивается резервирование по управлению; в законах управления носовым и кормовым рулем используется измеренное боковое отклонение судна от маршрута (а не оцененное по углу дрейфа отклонение, как в работе [2]), что позволяет избежать неконтролируемого бокового ухода от маршрута за счет ошибок измерения и оценивания; в законах управления носовым и кормовым рулем используется измеренная угловая

скорость вращения судна в канале рыскания (а не оцененная путем дифференцирования углового отклонения, как в работе [2]), что позволяет уменьшить шумовую составляющую и количество срабатываний рулевых приводов.

Для оценки эффективности предложенной в работе [3] системы управления было проведено математическое моделирование в среде MATLAB объекта управления в замкнутой схеме с системами управления [1] и [3] для различных значений бокового ветра.

Выводы. Как показали результаты моделирования:

- переходные процессы в схеме с кормовым и носовым рулями протекают в несколько раз быстрее, чем в схеме только с одним кормовым рулем;
- схема с одним кормовым рулем обеспечивает удержание судна на маршруте, однако не обеспечивает нулевой угол дрейфа;
- схема с кормовым и носовым рулями обеспечивает удержание судна на маршруте с нулевым углом дрейфа;
- схема с кормовым и носовым рулями обеспечивает управление для больших значений бокового ветра, чем схема только с одним кормовым рулем;
- схема с кормовым и носовым рулями более экономична по сравнению со схемой только с одним кормовым рулем; количество сэкономленного топлива возрастает с увеличением боковой составляющей скорости ветра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна /Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
2. Клячко Л.М., Острецов Г.Э., Памухин С.Г. Аппаратура автоматического управления движением судна, патент РФ №2223197.
3. Зінченко С.М., Грошева О.О., Матейчук В.М., Маменко П.П., Пивоваров Л.А. Система водіння по маршруту. Заявка на винахід.

ФОРМАЛИЗАЦІЯ ЗАГРУЗКИ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ

Калиниченко Е.В.

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

Введение. Особенности загрузки контейнеровозов является необходимость учета ротации портов при загрузке или разгрузке в нескольких портах и учет сил инерции, которые воздействуют на груз при качке. Если судно принимает груз, который будет выгружаться в нескольких последовательных портах, то на каждом переходе между портами его мореходное состояние будет разным, что поведет к изменению сил инерции, которым будет подвергаться груз во время перехода. Во время каждого перехода параметры остойчивости, посадки и прочности судно должны находиться в допустимых пределах, а возникающие от качки силы инерции, не должны превосходить допустимых пределов.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] рассмотрена разработка метода оперативной оценки критериев мореходности судна с помощью имитационного моделирования, а в статье [2] изложена процедура расчета угловых ускорений, возникающие при качке судна. В работе [3] рассмотрен способ формирования оптимальной загрузки навалочных судов сыпучими грузами, а метод формирования оптимальной загрузки судна тарно-штучными грузами предложен в работе [4].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является анализ некоторых особенностей составления предварительного грузового плана контейнеровоза, вызванных спецификой его работы.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

В случае загрузки контейнеровоза в ряде портов с последующей разгрузкой в нескольких портах размещение груза в трюмах судна следует производить с учетом последовательности портов загрузки и выгрузки, обеспечивая доступ к необходимым партиям груза, а также учитывая, что все промежуточные состояния загрузки должны удовлетворять требованиям по остойчивости, посадке и прочности судна. Силы инерции, возникающие при качке во время переходов, не должны превышать допустимые пределы.

При загрузке судна в нескольких портах желательна последовательность заходов в порты, при которой прием партий груза производится с учетом последовательности портов их выгрузки.

В первом приближении под загрузкой судна будем понимать множество партий груза, находящихся на судне, судовые запасы, балласт и их размещение на судне.

Окончательная загрузка судна в последнем порту приема груза должна обеспечить доступность к грузам, выгружаемым в первом порту разгрузки, обеспечить допустимое мореходное состояние, а значения сил инерции качки F_{jk} , действующих на груз, должны находиться в допустимых пределах.

Каждая из загрузок судна после сдачи груза в конкретном порту перед выходом к очередному порту назначения должна обеспечить свободный доступ к грузу, предназначенному для выгрузки в следующем порту и удовлетворять требованиям мореходной безопасности, как и допустимость сил инерции на качке, на предстоящем переходе.

Для формирования последовательности загрузок судна G_s , удовлетворяющих перечисленным требованиям, следует учесть, что размещение груза Q_{cs} в каждой загрузке судна включено в предыдущее $Q_{c(s-1)}$. Поэтому начальное размещение груза Q_{c0} содержит все последующие размещения Q_{cs} и справедливы соотношения:

$$G_{cs} \subset G_{co}, \quad (s=0 \dots n-1)$$

$$\bigcup_{s=1}^{n-1} G_{cs} = G_{co},$$

где n – число портов выгрузки.

Поэтому формирование начальной загрузки G_0 необходимо начинать с определения допустимой последней загрузки $G_{c(n-1)}$ перед сдачей груза в последнем порту, а затем пошагово перемещаться к предыдущей загрузке, пока не будет получена начальная загрузка в последнем порту загрузки.

Другими словами, начальная загрузка судна формируется по принципу «матрешки», когда каждая из промежуточных загрузок содержит все последующие загрузки и сама входит в предыдущую загрузку.

При учете ограничений по мореходной безопасности судна в процессе формирования безопасной загрузки судна для каждого перехода необходимо рассчитать значение его оптимального дифферента с помощью процедуры, имеющейся в судовой грузовой документации, и принимать его значение при размещении груза.

При решении поставленной задачи следует учитывать связь между загрузкой судна и параметрами его качки, которые определяют характеристики возникающих угловых ускорений и влияют на величину сил инерции.

В работе [5] получено выражение для расчета максимального значения горизонтальной составляющей сил инерции при качке судна, действующей на контейнер, и показано, что на ее значение наибольшее влияние имеют размещение контейнера и угловые ускорения бортовой качки.

Минимизировать величину максимального значения горизонтальной составляющей сил инерции до требуемых допустимых значений можно помимо размещения контейнера еще и уменьшением амплитудного значения угла крена, для чего необходимо добиться максимальной разницы между частотой. Если частота кажущейся качки является неуправляемой переменной и ее величину можно только прогнозировать на предстоящий переход, то величина частоты собственных колебаний судна зависит от загрузки судна.

Именно загрузка судна определяет величину поперечной начальной метацентрической высоты и момента инерции судна относительно продольной оси $X-X$. Если из множества допустимых загрузок выбрать ту, для которой разница частот собственных колебаний судна и кажущейся качки имеет максимальное значение, то при прочих равных условиях можно обеспечить выполнение требования допустимых значений сил инерции при качке судна.

Выводы. Таким образом, в докладе рассмотрены основные особенности составления предварительного грузового плана контейнеровоза, вызванные спецификой его работы и влияющие на мореходную безопасность судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Николаева Л.Л. Способ формализации формы судовых грузовых помещений нестандартного типа / Николаева Л.Л., Гайченя А.В. // Автоматизация судовых технических средств. – 2010. - № 16. – С. 71-82.
2. Власенко Е.А. Угловые ускорения, возникающие при качке судна/ Власенко Е.А.// Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2018): Матеріали X Міжнародної наук.-практ. конф., 29-31 травня. 2018 – Херсон: ХДМА, 2018. – С. 96 – 99.
3. Цымбал Н.Н. Формирование оптимизационной задачи проведения грузовых операций навалочных судов/ Цымбал Н.Н., Васьков Ю.Ю. // Судовождение. – 2004. - № 7. – С. 3 - 10.

4. Чепок А.О. Оптимизация загрузки судна тарно-штучными грузами в автоматизированных системах / Чепок А.О. // Проблемы техники: Научно-производственный журнал / ОНМУ, ХНУ – 2013. – № 4. – Одесса: Одесский национальный морской университет, 2013. – С. 44–51.

5. Власенко Е. А. Определение максимального значения горизонтальной составляющей сил инерций, действующей на груз при качке судна/ Власенко Е. А., Бурмака И. А.// Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, VI(18), Issue: 158, 2018.- С. 80 - 84.

ОЦЕНКА БОКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СМЕЩЕНИЯ СУДНА ПРИ РЫСКАНИИ

Калюжный В.В.

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

Введение. Для принятия судоводителем решений по управлению судном необходим анализ текущей навигационной обстановки, которая характеризуется наличием окружающих судов, навигационными опасностями, стесненностью маршрута следования и другими факторами. При следовании в стесненных условиях производится оценка полосы движения судна, которая зависит от рысканий судна относительно прямолинейной траектории движения. Поэтому следует оценить величину боковой составляющей рысканий судна, которая в основном определяет полосу движения судна, чему посвящен данный доклад.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Процедура ранжирования окружающих целей по степени их опасности предложена в публикации [1], а в работе [2] рассмотрены виртуальные безопасные области для решения задачи выбора маневра расхождения судов. Работа [3] посвящена основным вопросам проблемы синтеза и отображения навигационной ситуации и техническим средствам, направленным на их решение.

Вопросы синтеза и отображения навигационной ситуации, как показал проведенный анализ, исследованы недостаточно, хотя и значительно влияют на обеспечение безопасности судовождения.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью предлагаемого доклада является оценка величины боковой составляющей рысканий судна.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

При движении судов происходит их рыскание относительно программной траектории движения, что вызывает дополнительную боковую составляющую смещения судна. Произведем оценку величины максимального смещения судна из-за его рыскания с тем, чтобы сделать вывод о целесообразности дальнейшего учета этого фактора при возможной оценке параметров зоны безопасности судна.

Предположим, при движении судно совершает рыскания относительно программной траектории, что ведет к возникновению боковых смещений. Оценим максимальные значения величины бокового смещения, полагая, что рыскания судна ψ носят гармонический характер и могут быть описаны следующим аналитическим выражением:

$$\psi = \psi_0 \sin \omega_0 t,$$

где ψ_0 и ω_0 - соответственно амплитуда и циклическая частота рысканий судна.

Боковое смещение судна d определяется ортогональной относительно программной траектории составляющей скорости судна, возникающей из-за его рысканий, т. е. $V \sin \psi$. Очевидно, что величина текущего значения бокового смещения d определяется выражением:

$$d = \int_0^t V \sin \psi d\tau = V \int_0^t \sin(\psi_0 \sin \omega_0 \tau) d\tau.$$

Учитывая, что амплитудные значения углов рыскания судов ψ_0 в реальных условиях эксплуатации, как правило, не превосходят $5-7^\circ$, то $\sin \psi$ можно заменить самим углом ψ в радианной мере. Поэтому:

$$d = V\psi_0 \int_0^t \sin \omega_0 \tau d\tau = - \frac{V\psi_0}{\omega_0} \cos \omega_0 \tau \Big|_0^t = \frac{V\psi_0}{\omega_0} (1 - \cos \omega_0 t),$$

или $d = \frac{V\psi_0}{\omega_0} (1 - \cos \omega_0 t)$. Анализ полученного выражения показывает, что при наличии

рыскания судна появляется постоянное боковое смещение $\frac{V\psi_0}{\omega_0}$, относительно которого

судно совершает симметричные гармоничные рыскания $\frac{V\psi_0}{\omega_0} \cos \omega_0 t$. Известно, что выражение $(1 - \cos \omega_0 t)$ можно представить в функции половинного аргумента, т. е.:

$$1 - \cos \omega_0 t = 2 \sin^2 \frac{\omega_0}{2} t.$$

Следовательно, боковое смещение относительно заданной траектории при рыскании можно вычислить по формуле:

$$d = 2 \frac{V\psi_0}{\omega_0} \sin^2 \frac{\omega_0}{2} t. \quad (1)$$

Таким образом, величина бокового смещения судна зависит от скорости судна, амплитудного значения угла рыскания, циклической частоты и текущего времени.

Найдем выражение для максимального значения бокового смещения d_{\max} , для чего найдем первую производную выражения (1) по времени:

$$\frac{\partial d}{\partial t} = 2 \frac{V\psi_0}{\omega_0} \sin \frac{\omega_0}{2} t \cos \frac{\omega_0}{2} t = \frac{V\psi_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t.$$

Приравняем $\frac{\partial d}{\partial t}$ к нулю и находим момент времени, при котором достигается максимум бокового смещения d_{\max} :

$$\frac{V\psi_0}{\omega_0} \sin \omega_0 t_m = 0, \quad \text{или} \quad \sin \omega_0 t_m = 0,$$

откуда $t_m = \pi / \omega_0$. Подставляя полученное выражение для t_m в формулу (1), получим зависимость для d_{\max} :

$$d_{\max} = 2 \frac{V\psi_0}{\omega_0} \sin^2 \frac{\omega_0}{2} t_m = 2 \frac{V\psi_0}{\omega_0} \sin^2 \frac{\omega_0}{2} \frac{\pi}{\omega_0}, \quad \text{или} \\ d_{\max} = 2 \frac{V\psi_0}{\omega_0}. \quad (2)$$

Для оценки величины максимального значения бокового смещения d_{\max} в метрах необходимо формулу (2) записать в виде:

$$d_{\max} = 1,28 \frac{VT\psi_0}{360},$$

которая позволяла получить d_{\max} в метрах. При этом значение скорости V вводится в узлах, периода рысканий T – в секундах, а ψ_0 - в градусах. Результаты расчета максимального бокового смещения d_{\max} для $\psi_0 = 3^\circ$ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Максимальное боковое смещение d_{\max} (м.)

V уз	T (с)										
	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
10	3	5	6	8	10	11	13	14	16	18	19
12	4	6	8	10	12	13	15	17	19	21	23
14	4	7	9	11	13	16	18	20	22	25	27
16	5	8	10	13	15	18	20	23	26	28	31
18	6	9	12	14	17	20	23	26	29	32	35
20	6	10	13	16	19	22	26	29	32	35	38
22	7	11	14	18	21	25	28	32	35	39	42
24	8	12	15	19	23	27	31	35	38	42	46
26	8	12	17	21	25	29	33	37	42	46	50
28	9	13	18	22	27	31	36	40	45	49	54
30	10	14	19	24	29	34	38	43	48	53	58

Выводы. Анализ таблицы показывает, что значения максимального бокового смещения незначительны, и учитывать его при расчете параметров зоны безопасности не целесообразно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степаненко В.В. К вопросу отображения ситуации расхождения судов. //Степаненко В.В. // Судовождение. - № 4. - 2002. – С. 101 – 106.
2. Степаненко В.В. Усовершенствование методов оценки ситуации расхождения судов. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.16/ ОНМА. – Одесса, 2004. – 24 с.
3. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика./ Вагущенко Л.Л. – Одесса: Латстар, 2003. – 168 с.

ОБРАБОТКА НОВЫХ ТИПОВ СООБЩЕНИЙ ПО БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Коновец В.И., Шишкин А.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»


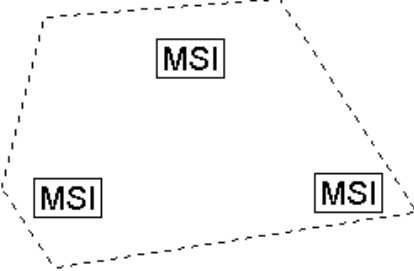
(Украина)

Введение. Информация по безопасности мореплавания (MSI) должна в обязательном порядке приниматься и отображаться в интегрированной системе связи (ICS). При наличии взаимосвязи с автоматической идентификационной системой (AIS) информация по безопасности должна приниматься посредством сообщений специального применения (ASM) типа FI 22 и 23 системы AIS (см. 4.5.4) [1]. Для обработки и визуализации, принятых по каналам AIS бинарных сообщений «Area notice» AIS ASM FI 22 и 23 в ICS должны использоваться рекомендации руководства [2]. Для судоводителя важно представление информации по безопасности на дисплее электронной картографической навигационной информационной системы (ECDIS).

Целью настоящей работы является решение задачи направления из ICS и визуализации в ECDIS сообщений AIS ASM «Area notice».

Представление информации по безопасности в ECDIS. Обработка и анализ, принятых ASM, выполняется встроенным программным модулем согласно [2], а для презентации следует использовать рекомендации, приведенные в табл. 1 [3, 4, 5]:

Таблица 1 – Сообщений AIS ASM «Area notice»

Topic	Symbol	Description
<p>Maritime Safety Information, MSI Note: The source of MSI maybe NAVTEX, SafetyNET, AIS ASM function identifier 22 or 23 (SN.1/Circ. 289). When presentation of MSI point and area symbols are provided as overlay on chart or radar, then means shall be provided for cursor pick of the symbol to provide further information in the user dialog area of the display.</p>	<p>Example of point symbol</p>  <p>Example of area symbol</p> 	<p>The point symbol is a box with «MSI» inscribed inside it and centered at the reported position of the message. The area symbol is a series of thin dashed lines bounding a geographic area. The area is filled with a sparse pattern of area MSI point symbols.</p>

В документах IALA [6] приведены выводы исходя из результатов пилотных проектов AIS+ (Рис. 1). Графическое отображение на карте показывает область или положение, которые упоминается в «Area notice». Дополнительная информация визуализируется при нажатии курсором на картографический символ.

Необхідно інформацію MSI представити в ECDIS. При цьому желателно забезпечити інтеграцію с существующими символами електронної карти. При цьому, однак, виникає ризик загромодження символами на екрані.

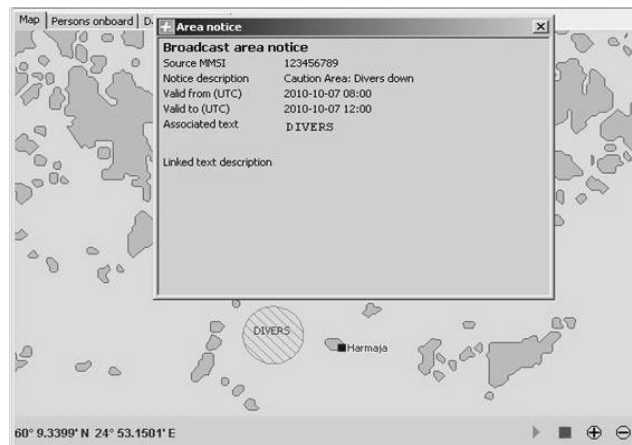


Рисунок 1 – Пример отображения информации по безопасности в ECDIS

В действующем стандарте на ECDIS [7] правила обработки и визуализации принятых AIS ASM сообщений «Area notice» не упоминается. Интегрировать эти сообщения в ECDIS можно, если выполнить конвертацию информации из «Area notice» в сообщение NRX –(NAVTEX received message) стандарта IEC 61162-1 [8]. Обработка и визуализация сообщений NRX являются обязательными для ECDIS.

Формат сообщения NAVTEX (рис. 3) [9]:

ZCZC B₁B₂B₃B₄ MESSAGE BODY NNNN

где ZCZC - метка начала сообщения;

B₁ - символ (A-Z) идентификатор береговой станции NAVTEX;

B₂ - символ (A-Z) обозначает тип сообщения;

B₃ и B₄ - двухзначный серийный номер сообщения. Серийный номер 00 зарезервирован для сообщений ретрансляции бедствия;

MESSAGE BODY ... - текст сообщения;

NNNN - метка конца сообщения.

Принятое сообщение NAVTEX печатается принтером приемника. Сообщение NMEA-0183 NRX используется для передачи содержимого полученного сообщения NAVTEX от приемника в другие устройства INS и имеет следующий вид:

\$--NRX,xxx,xxx,xx,aa,xx,x,hhmmss.ss,xx,xx,xxxx,x.x,x.x,A,c--c*hh<CR><LF>

Правила заполнения полей сообщения NRX приведены в стандарте [8].

Поскольку длина одного сообщения NAVTEX может превышать количество символов, разрешенных в одном предложении, может потребоваться множество предложений NRX для передачи одного сообщения NAVTEX (см. табл. 2). Рекомендуется использовать пустые поля в дополнительных предложениях, где данные не меняются от первого предложения, (это относится к полям с 4 по 12).

Текст сообщения начинается с имени передатчика NAVTEX и времени передачи. В теле сообщения содержится информация для пользователя, область и время действия предупреждения.

По получении сообщения AIS ASM FI 22 [2], его информационные поля декодируются и данные инкапсулируются в соответствующие поля сообщения NRX.

Поле 14 (Message body) начинаем заполнять с текста «Area notice», далее указываем MMSI станции источника и время передачи сообщения. Затем следует описание географической области распространения сообщения [9]. Географическое положение всегда указывается в градусах и минутах или в градусах, минутах и десятичных минутах.

Наприклад, 07-08N 039-17W 32-18.65S 165-02.81E.

Таблица 2 – Описание сообщения NRX

№ поля данных	Формат	Описание	Комментарии
1	NRX	Идентификатор сообщения	
2	xxx	Total number of sentences, 001 to 999	общее количество предложений, используемых для сообщения
3	xxx	Sentence number, 001 to 999	указывается порядок этого предложения в сообщении
4	xx	Sequential message id, 00 to 99	см. примечание 1
5	aaXX	NAVTEX message code	соответствует B1B2B3B4
6	x	Frequency table index, 0 to 9	определяет частоту передачи сообщения NAVTEX
7	hhmmss.ss	UTC of receipt of message	
8	xx	Day, 1 to 31	
9	xx	Month, 1 to 12	
10	xxxx	Year	
11	x.x	Total number of characters in this series of NRX sentences	
12	x.x	Total number of bad characters	
13	A	Status indication	всегда 'A'
14	c--c	Message body	

Примечание 1. Уникальный идентификатор для каждого сообщения NAVTEX, представленного группой предложений.

При определении границ многоугольника следует указывать позиции по часовой стрелке, начиная с северо-западного угла. Круговые области должны быть определены радиусом в морских милях от одной точки. Указание границ области в соответствии с требованиями S-53 обеспечит ее правильную визуализацию на электронной карте.

Код поля «Description» ASM FI 22 декодируется и включается в сообщение в символьном виде, например: Запретная зона: Рыбалка запрещена; Район бедствия: судно потеряло ход и дрейфует; Осторожно: морские млекопитающие в зоне - уменьшить скорость.

Информация о времени начала действия предупреждения и время его действия завершают текст, включаемый в поле 14 сообщения NRX.

В поле 6 можно формально указать значение 4 ÷ 9, т.к. оно не имеет смысла для AIS ASM. Значения для заполнения полей 2-13, кроме поля 5, очевидны.

Значение B1B2 в Поле 5 играет важную роль для автоматической обработки сообщений от станций Navtex. Для “Area notice” B1 может быть определено по имени береговой станции источника ASM FI 22 (сообщение 4 AIS). B2 - из кода поля «Description» ASM FI 22 или всегда A. B3B4 - значение из поля «Message Linkage ID» (1 ÷ 1023) ASM FI 22. Идентификатор связи сообщения и первые шесть цифр исходного MMSI однозначно идентифицируют отправленное сообщение. Существующая нестыковка по диапазону изменения значений «Message Linkage ID» и B3B4 может быть разрешена на уровне источника сообщения.

Выводы. Разработанный метод позволяет передавать сообщения по безопасности мореплавания в ECDIS, полученные интегрированной системой радиосвязи по каналам NAVTEX.

ЛИТЕРАТУРА

1. Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Integrated communication system (ICS) — Operational and performance requirements, methods of testing and required test results. IEC 62940:2016.
2. IMO SN.1/Circ.289 Guidance on the Use of AIS Application-Specific Messages
3. IMO SN.1/Circ.290 Guidance for the Presentation and Display of AIS Application-Specific Messages Information.
4. Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Presentation of navigation-related information on shipborne navigational displays - General requirements, methods of testing and required test results/ IEC 62288:2014.
5. Draft Guidelines for the harmonized display of navigation information received via communications equipment. NCSR 4/8 Annex.
6. IALA. AIS+ Area Notice. <https://www.iala-aism.org/ais-area-notice/>.
7. Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Electronic chart display and information system (ECDIS) - Operational and performance requirements, methods of testing and required test results. IEC 61174:2015.
8. Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems – Digital interfaces –Part 1: Single talker and multiple listeners. IEC 61162-1:2010.
9. MANUAL ON MARITIME SAFETY INFORMATION (MSI). Special Publication No. 53 https://www.iho.int/iho_pubs/standard/S-53-Jul09-E.pdf.

СООТВЕТСТВИЕ ФОРМ ИСТИННОЙ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИЙ РАСХОЖДЕНИЯ

Омельченко Т.Ю., Тюпиков Е.Е.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Важнейшей проблемой обеспечения безопасности судовождения является снижение аварийности судов при плавании в стесненных водах. Аварийность по причине столкновений судов до сих пор находится на высоком уровне, что обуславливает необходимость разработки эффективных мер по предупреждению их столкновений.

Следовательно, разработка способов совершенствования процесса расхождения опасно сближающихся судов, в частности учетом относительной формы траектории расхождения для расчета параметров стратегии расхождения судна и зависимости относительной формы расхождения от истинной траектории, чему посвящена данная статья, является актуальным и перспективным научным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций.

Основные вопросы предупреждения столкновения судов освещены в работах [1] и [2], а работа [3] посвящена формированию безопасных доменов. Работа [4] рассматривает выбор ситуации сближения судна с целью из множества стандартных ситуаций, после чего производится определение стратегии расхождения. При возникновении ситуации чрезмерного сближения судов в работе [5] предлагается способ формирования стратегии экстренного расхождения.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является анализ соответствия форм относительной и истинной траекторий расхождения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Для корректных расчетов параметров маневра расхождения оперирующего судна, опасно сближающегося с целью необходимо рассмотреть взаимозависимость форм истинной и относительной траекторий расхождения.

Формы истинной траектории расхождения, которые характеризуются отклонением вправо δ_{tst} и отклонением влево δ_{tpr} показаны на рис. 1.

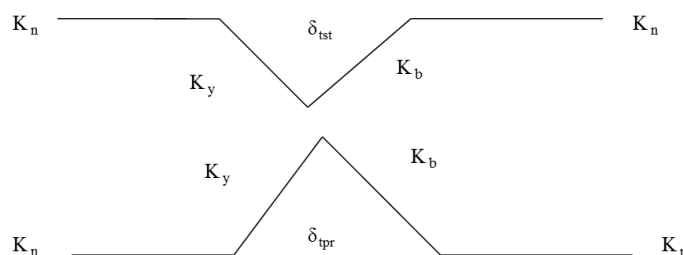


Рисунок 1 – Формы истинной траектории расхождения

В случае, когда маневр расхождения выполняется судном, скорость которого больше скорости цели, т. е. $V_o > V_c$, формы истинной и относительной траекторий совпадают. Обозначим относительную траекторию, у которой относительный курс отклонения больше начального относительного курса, $K_{oty} > K_{otn}$ и $K_{otb} < K_{oty}$, через Δ_{tst} (рис. 2). Относительная форма Δ_{tpr} , для которой характерны соотношения $K_{oty} < K_{otn}$ и $K_{otb} > K_{oty}$, как показано также на рис. 2.

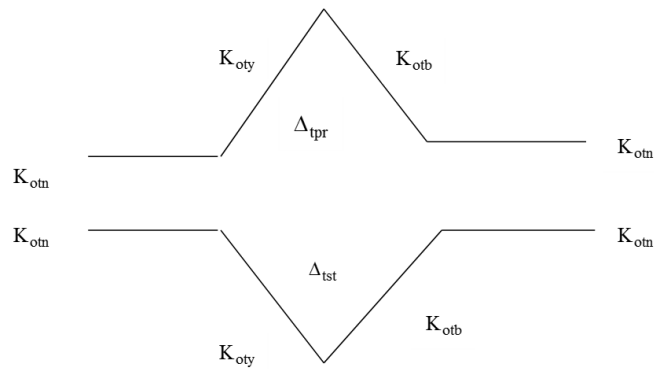


Рисунок 2 – Формы относительной траектории расхождения Δ_{tst} и Δ_{tpr}

В дальнейшем рассмотрим ситуацию, когда скорость маневрирующего судна меньше скорости цели, т. е. $V_o < V_c$. При этом необходимо учитывать, что при увеличении истинного курса судна K_o относительный курс K_{ot} имеет как участок роста, так и участок убывания. На рис. 3 показана ситуация, когда начальный курс судна K_n и курсы уклонения K_y и возвращения на заданную траекторию K_b находятся на растущем участке зависимости относительного курса. В этом случае форме δ_{tst} истинной траектории соответствует форма Δ_{tst} относительной траектории, т. е. $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tst}$, и формы истинной и относительной траекторий расхождения совпадают.

Если же курсы K_n , K_y и K_b формы истинной траектории расхождения δ_{tst} принадлежат убывающему участку зависимости относительного курса, как показано на рис. 4, то форма относительной траектории расхождения не совпадает с формой истинной траектории, а имеет место соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tpr}$.

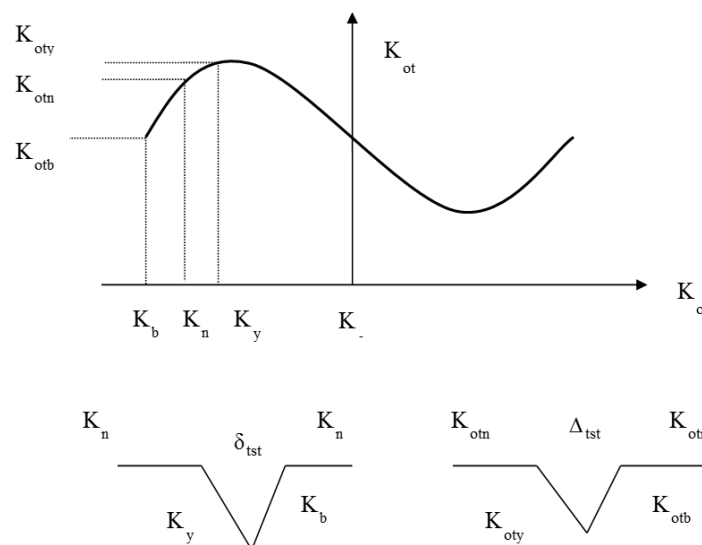


Рисунок 3 – Соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tst}$ форм траекторий при $V_o < V_c$

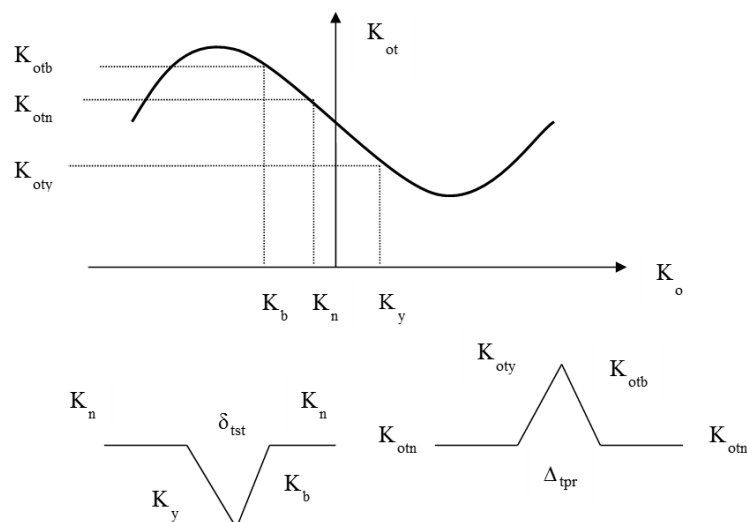


Рисунок 4 – Соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tpr}$ форм траекторий при $V_o < V_c$

Выводы. Таким образом, в общем случае при скорости судна больше скорости цели формы истинной и относительной траекторий расхождения совпадают, чего нельзя утверждать, если скорость судна меньше скорости цели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
2. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
3. Мальцев А. С. Учет маневренных характеристик для обеспечения безопасности плавания / Мальцев А. С. // Судостроение и ремонт. - 1989. - №5. – С. 29-31.
4. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении / Мальцев А.С. – Одесса: Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
5. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А.И., Бужбецкий Р.Ю. - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), 2014. - 202 с.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ СУДОВ

Петриченко Е.А., Козаченко А.Ю.

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

Введение. При плавании судов в стесненных водах особенно актуальной проблемой является снижение аварийности по причине их столкновений. При опасном сближении судов требуется оценить ситуацию сближения и оперативно выбрать безопасный маневр расхождения, который удовлетворял бы требованиям МППСС-72 и соответствовал бы хорошей морской практике. Успех безопасного расхождения возрастает при использовании информационной системы предупреждения столкновений судов. Поэтому вопросы, посвященные разработке такой системы, являются актуальными, что обуславливает выбор темы статьи.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] рассмотрены различные ситуации сближения судов и предложены маневры их расхождения. Процесс расхождения судов в случае отсутствия навигационных опасностей достаточно подробно и корректно формализован в существующих работах [2-4], а в работах [5, 6] рассмотрен учет навигационных опасностей в районе маневрирования судов. Однако полученные теоретические результаты не получили своего применения в разработке перспективной информационной системы предупреждения столкновений судов.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является рассмотрение возможностей разработки информационной системы предупреждения столкновений судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

При опасном сближении судов прежде всего необходимо определить их взаимные обязанности, предписанные МППСС-72, а затем в случае необходимости определить параметры безопасного маневра расхождения. Поэтому для простейшей системы предупреждения столкновений судов были разработаны алгоритмы взаимодействия судов в процессе расхождения в соответствии с требованиями МППСС-72, формализация которого приведена в [7]. После определения области взаимных обязанностей суда выбирают маневр расхождения, для определения параметров которого использованы выражения, полученные в работе [8]. Для тестирования полученной системы предупреждения столкновений судов была разработана имитационная программа, которая помимо собственно системы предупреждения столкновений судов содержит модуль проигрывания полученного маневра расхождения для проверки корректности работы системы предупреждения столкновений судов.

В качестве примера при формировании ситуации опасного сближения оперирующим судном было выбрано, как показано на рис. 1, судно, стесненное осадкой, а целью является судно, ограниченное в возможности маневрировать (рис. 2). Для рассматриваемого примера значения параметров ситуации опасного сближения показаны на рис. 3. При этом в случае опасного сближения на экран выводится соответствующее сообщение, а также графическое отображение введенной ситуации опасного сближения. После использования клавиши «ОК» параметры выбранной ситуации опасного сближения имитационной программой передаются на модуль системы предупреждения столкновений судов, которая определяет какому правилу МППСС-72 соответствует ситуация сближения и выводятся параметры маневров обоих судов, как показано на рис. 4.

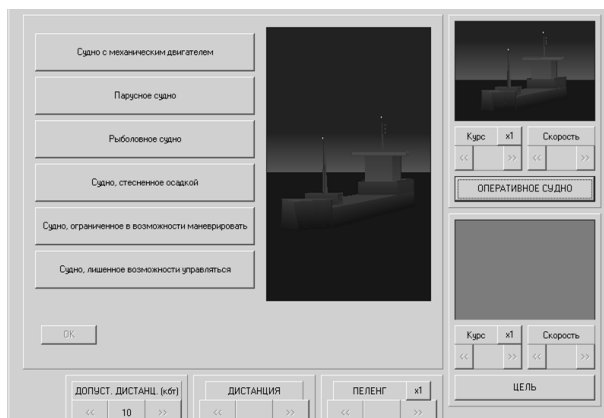


Рисунок 1 – Выбор оперирующего судна

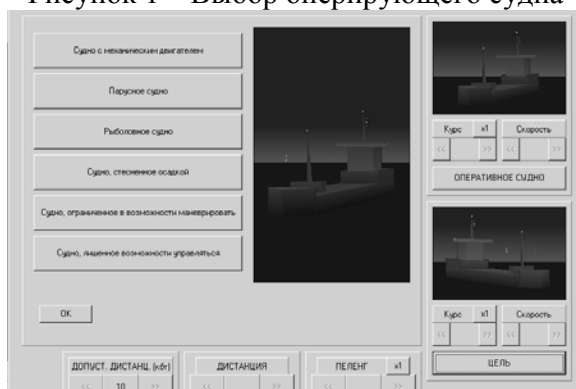


Рисунок 2 – Выбор цели



Рисунок 3 – Ввод параметров ситуации опасного сближения

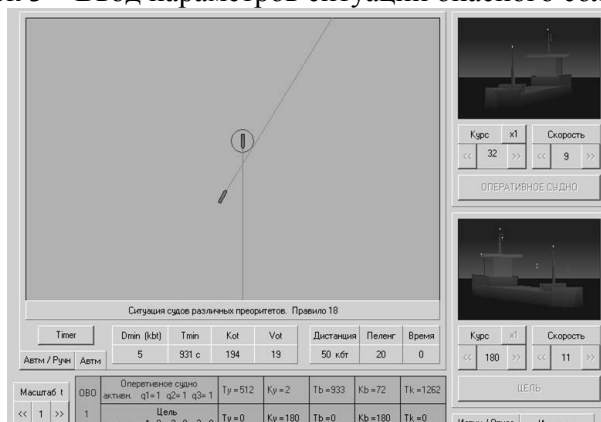


Рисунок 4 – Вывод решения системы предупреждения столкновений судов

Из рисунка видно, что начальная ситуация соответствует правилу 18 и дороге уступает оперирующее судно, причем указываются параметры его маневра расхождения.

Цель хранит свои параметры движения, продолжая движение прежним курсом 180 градусов со скоростью равной 11 узлам.

Проигрывание маневра расхождения производится после использования клавиши «Timer». На рис. 5 показано, что на 539 с процесса расхождения оперирующее судно следует курсом уклонения 2° , на который легло на 512 с сближения, в то время как цель продолжает следовать программной траекторией с начальными параметрами движения.

Разойдясь с целью в предельно-допустимой дистанции сближения, равной 10 кабельтовым, оперирующее судно на 933 с процесса расхождения повернуло на курс выхода на заданную траекторию 72° , что следует из рис. 6, который отображает текущую ситуацию на 961 с процесса расхождения. Продолжая следовать курсом выхода 72° , оперирующее судно приближается к заданной траектории движения и на 1262 с процесса расхождения ложится на программный курс движения 32° , как показано на рис. 7. Обращаем внимание на то обстоятельство, что в течение всего процесса расхождения цель сохраняла неизменные параметры движения.

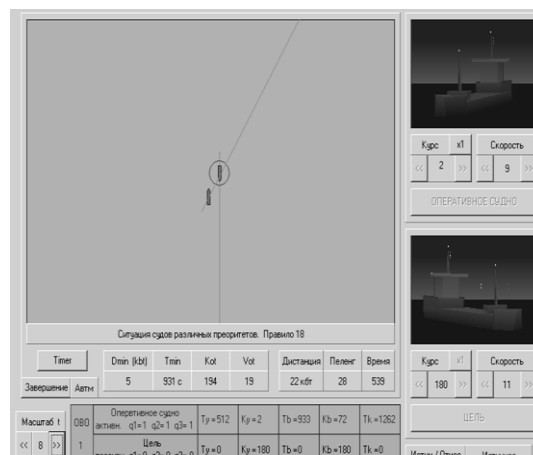


Рисунок 5 – Угосток уклонения оперирующего судна

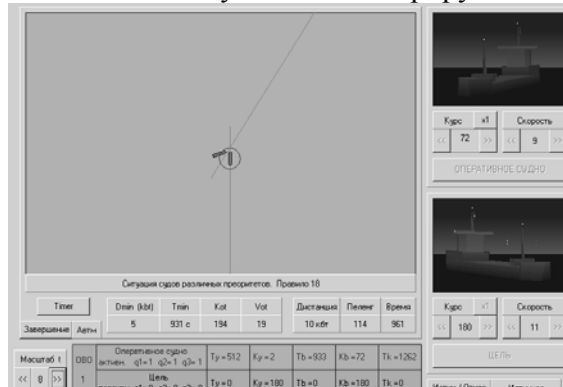


Рисунок 6 – Угосток выхода оперирующего судна на программную траекторию

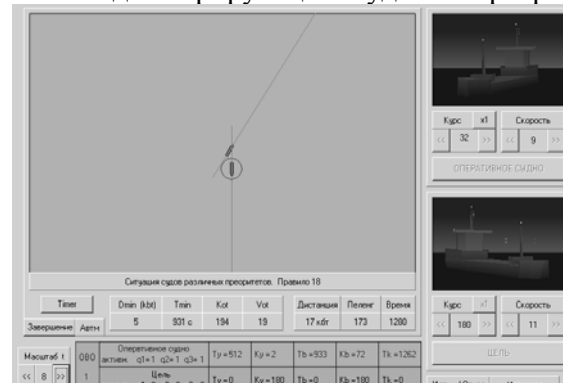


Рисунок 7 – Завершение процесса расхождения

Выводы. Таким образом, рассмотрена простейшая система предупреждения столкновений судов, с помощью имитационной компьютерной программы доказана корректность ее работы, и показана целесообразность применения системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении / Мальцев А.С. – Одесса: Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
2. Цымбал Н.Н. Формализация МППСС-72 в части координации взаимодействия судов при расхождении/ Цымбал Н.Н. Бужбецкий Р.Ю. // Судовождение. – 2006. - № 12. – С. 124 – 129.
3. Сафин В.И. Использование маневра изменения скорости для предотвращения столкновения судов/ Сафин В.И., Тюпиков Е.Е. // Судовождение. – 2005. - № 10. – С. 143-147.
6. 4 Бурмака И.А. Применение численных методов для расчета времени начала уклонения судна при расхождении/ Бурмака И.А. // Судовождение: Сб. научн. трудов, ОНМА. – Вып. 6. – Одесса: ФЕНІКС, 2003 – С. 27-31.
4. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов/ Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
5. Петриченко Е.А. Учет линейной навигационной опасности при расхождении судов/ Петриченко Е.А.// Автоматизация судовых технических средств. – 2003. – № 8. – С. 72-76.
6. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э. Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д. С. - 2015. - 312 с.
7. . Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия). – 2016. - 585 с.

РАСХОЖДЕНИЕ СУДНА С ДВУМЯ ОПАСНЫМИ ЦЕЛЯМИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ КУРСОВ

Пятаков В.Э.

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

Вступление. Проблема обеспечения безопасности судовождения является одной из важнейших, так как ее успешное решение ведет к уменьшению количества аварийных случаев, что снижает вероятность нанесения вреда человеческой жизни и окружающей среде.

При опасном сближении судов возникает необходимость выполнения маневра расхождения. Основным принципом управления процессом расхождения судов является локально-независимое управление, которое заключается в контроле каждым из судов текущей ситуации сближения и, в случае возникновения ситуационного возмущения, его компенсация производится маневрами обоих судов, причем выбор маневра расхождения производится каждым из них независимо с учетом существующей бинарной координации, реализованной в МППСС-72.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Взаимодействие судов в ситуации опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения рассмотрены в работе [1], а в работе [2] исследованы принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, а также приведен анализ методов их реализации. Экстренная стратегия расхождения в ситуации чрезмерного сближения судов предложена в работе [3]. В работе [4] приведено подробное исследование методов локально-независимого управления и предложен метод формирования гибких стратегий расхождения, а процедура выбора оптимального стандартного маневра расхождения пары судов рассмотрена в работе [5].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является рассмотрение метода маневра расхождения судна последовательными изменениями курса при сближении с двумя целями.

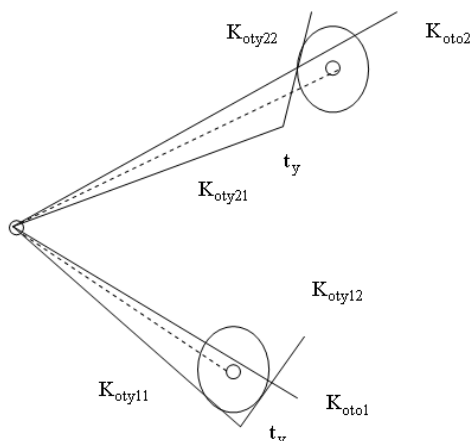
Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Допустим, судно движется с параметрами K_c , V_c и опасно сближается с двумя целями, параметры движения которых K_1 , V_1 первой цели и K_2 , V_2 - второй. Относительная позиция первой цели определяется пеленгом α_1 и дистанцией D_1 , а второй цели - α_2 , D_2 . Опасное сближение с первой целью происходит раньше, а начальная позиция сближения характеризуется рис. 1.

Для безопасного расхождения судно вначале уклоняется от первой цели курсом K_{y1} , которым следует до момента времени t_y , после чего ложится на курс K_{y2} безопасного расхождения со второй целью. Курсы уклонения K_{y1} и K_{y2} производятся в разные стороны относительно начального курса судна K_c для ограничения смещения относительно программной траектории движения судна.

Истинный курс уклонения судна K_{y1} выбирается таким образом, чтобы относительный курс K_{oty11} уклонения с первой целью обеспечивал равенство ее дистанции кратчайшего сближения D_{min11} с судном предельно-допустимой дистанцией D_d , т. е. $D_{min11} = D_d$. Также в момент времени кратчайшего сближения судна с первой целью t_y

дистанция между судном и второй целью должна превосходить значение D_d , т. е. $D_2(t_y) > D_d$.



Риснок 1 – Начальная ситуация опасного сближения

При выборе второго курса уклонения K_{y2} необходимым условием является превосходство величины дистанций кратчайшего сближения судна с каждой из целей над предельно-допустимой дистанцией D_d , что определяется следующими неравенствами:

$$D_{\min 12} \geq D_d \quad \text{и} \quad D_{\min 22} \geq D_d.$$

Таким образом, выбор первого курса при уклонении вправо $K_{y1}^{(s)}$ определяется соотношением [2]:

$$K_{y1}^{(s)} = K_{oty11}^{(s)} + \arcsin [\rho^{-1} \sin(K_1 - K_{oty11}^{(s)})],$$

где $\rho = \frac{V_c}{V_1}$; $K_{oty11}^{(s)}$ - относительный курс уклонения, который определяется из выражения:

$$K_{oty11}^{(s)} = \alpha_1 + \arcsin\left(\frac{D_d}{D_1}\right).$$

При уклонении судна влево:

$$K_{y1}^{(p)} = K_{oty11}^{(p)} + \arcsin [\rho^{-1} \sin(K_1 - K_{oty11}^{(p)})], \quad K_{oty11}^{(p)} = \alpha_1 - \arcsin\left(\frac{D_d}{D_1}\right).$$

Для определения момента времени t_y поворота судна на второй курс K_{y2} для уклонения от второй опасной цели вначале задаемся значением $K_{y2} = K_c - \delta_y 30$, где $\delta_y = 1$, при начальном уклонении судна вправо и $\delta_y = -1$, в противном случае. Затем рассчитывается момент времени поворота t_{y0} с помощью выражения [2]:

$$t_{y0} = \frac{D_d + D_1 \sin(\alpha_1 - K_{oty12})}{V_{oty11} \sin(K_{oty11} - K_{oty12})},$$

где V_{oty11} - относительная скорость сближения с первой целью на первом участке уклонения; K_{oty12} - относительный курс с первой целью на втором участке уклонения.

По рассмотренному способу была разработана компьютерная программа для определения параметров маневра расхождения судна с двумя опасными целями последовательными уклонениями. В качестве примера выбрана ситуация опасного сближения с параметрами: $K_c = 52^\circ$, $V_c = 23$ узла, $K_1 = 255^\circ$, $V_1 = 21$ узел, $K_2 = 178^\circ$, $V_2 = 20$

узлов, $\alpha_1=60^\circ$, $D_1=3$ миль, $\alpha_2=20^\circ$, $D_2=5$ миль и $D_d=1$ милю. Начальные относительные курсы с каждой из целей составляют $K_{oto1}=63^\circ$ и $K_{oto2}=27^\circ$, а прогнозируемые дистанции кратчайшего сближения $D_{min1}=0,15$ миль и $D_{min2}=0,61$ миль, которые свидетельствуют об опасности сближения судна.

Компьютерной программой были рассчитаны параметры маневра расхождения судна, которые равны $K_{y1}=83^\circ$, $K_{y2}=43^\circ$ и время поворота $t_y=251$ с.

С помощью имитационной компьютерной программы производилось проигрывание полученного маневра расхождения, результаты которого представлены на рис. 2. При выполнении маневра расхождения судно в позиции 5 достигает минимального сближения с первой целью, дистанция до которой равна предельно-допустимой дистанции, как и в позиции 11, когда судно минимально сближается со второй целью.

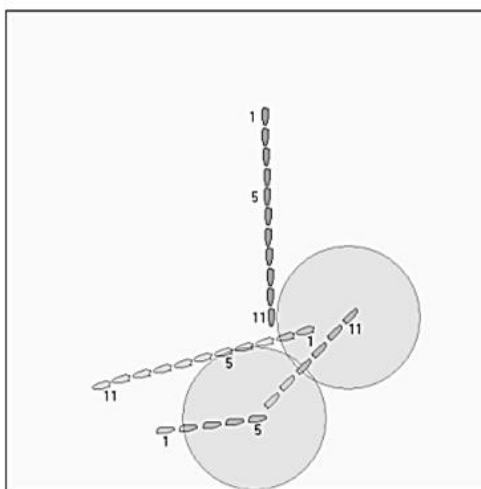


Рисунок 2 – Проигрывание маневра расхождения судна

Выводы. Таким образом, при локально-независимом управлении предложен способ расхождения судна с двумя опасными целями последовательными отклонениями с программной траектории движения, причем приведен пример расчета маневра расхождения с помощью компьютерной программы и приведены результаты его имитационного проигрывания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон: Гринь Д.С., 2015. - 312 с.
2. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
3. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А.И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
4. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
5. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.

ОРТОГОНАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ОБОБЩЕННОГО ПУАССОНОВСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Фусар И.Ю.

Национальный университет «Одесская морская академия»

(Украина)

Вступление. Проблема обеспечения безопасности судовождения является одной из важнейших, так как ее успешное решения ведет к уменьшению количества аварийных случаев, что снижает вред человеческой жизни и окружающей среде.

Повышение точности контроля места судна при плавании в стесненных водах является одним из существенных аспектов обеспечения надлежащего уровня безопасности судовождения.

При дефиците статистических материалов погрешностей навигационных измерений не удается с помощью стандартной процедуры определить закон их распределения, однако можно оценить центральные моменты распределения и, если гистограмма выборки имеет «утяжеленные хвосты», то можно использовать разложение плотности распределения погрешностей с помощью ортогональных полиномов Эрмита, не располагая ее аналитическим выражением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] рассмотрена модель формирования смешанных распределений погрешностей навигационных измерений, а в работе [2] предложены два типа смешанных законов распределения погрешностей измерения навигационных параметров. В работе [3] предложено использования обобщенного распределения Пуассона для описания случайных погрешностей.

Результаты анализа статистических материалов точности определения места судна с помощью приёмника спутниковой радионавигационной системы представлены в работе [4], которые показали, что предположение о распределении случайных погрешностей определения широты и долготы по закону Гаусса не является корректным и требует альтернативного подхода.

В работе [5] приведены результаты идентификации законов распределения погрешностей навигационных измерений, из которых следует, что погрешности измерений радиолокационных пеленгов и расстояний подчиняются в основном смешанным законам первого и второго типа.

Анализ рассмотренных работ показывает, что разнообразие законов распределения вероятностей случайных величин, особенностью которых является наличие утяжеленных хвостов, может быть унифицировано использованием ортогонального разложения с полученными значениями центральных моментов высших порядков.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является анализ возможности использования ортогонального разложения вместо плотности распределения обобщенного закона Пуассона.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Для оценки точности обсервации судна необходимо знать закон распределения векториальной погрешности, аналитический вид плотности которого определяется выражением законов распределения погрешностей измерений навигационных параметров.

В работе [1] показано, что закон распределения погрешностей навигационных измерений близок к закону Гаусса, поэтому плотность распределения $f(x)$ центрированной и нормированной случайной погрешности x можно представить ортогональным

разложением $f(x)$ в ряд Грама-Шарлье типа А, воспользовавшись результатами работы [6]:

$$f(x) = c_0 \varphi(x) + c_1 \varphi^{(1)}(x) + c_2 \varphi^{(2)}(x)/2! \dots + c_i \varphi^{(i)}(x)/i! \dots,$$

где $\varphi(x) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-x^2/2)$ - нормальная плотность нормированной и центрированной случайной величины. При этом выражения производных высших порядков от нормальной плотности $\varphi^{(i)}(x)$ через ортогональные полиномы Эрмита $H_i(x)$ имеют вид:

$$\varphi^{(i)}(x) = (-1)^i H_i(x) \varphi(x),$$

где $H_i(x) = (-1)^i \left\{ \frac{d^i}{dx^i} [\exp(-x^2/2)] \right\} \exp(-x^2/2)$.

В случае, когда случайной величина x является ненормированной, разложение имеет следующий вид [7]:

$$f(x) = c_0 \varphi(x) + c_1 \varphi^{(1)}(x) + c_2 \varphi^{(2)}(x)/2! \dots + c_i \varphi^{(i)}(x)/i! \dots, \quad (1)$$

где $\varphi(x) = (2\pi)^{-1/2} \sigma^{-1} \exp(-x^2/2\sigma^2)$ и $\varphi^{(i)}(x) = (-1)^i H_i(x/\sigma^2) \varphi(x)$,
причем σ - дисперсия исходной плотности $f(x)$.

Коэффициенты c_i в выражении (1) с нечетными индексами равны нулю, а для коэффициентов с четными индексами c_{2s} ($s=1, 2, \dots$):

$$\begin{aligned} c_4 &= \mu_4 / \sigma^4 - 3; \\ c_6 &= \mu_6 / \sigma^6 - 15\mu_4 / \sigma^4 + 30; \\ c_8 &= \mu_8 / \sigma^8 - 28\mu_6 / \sigma^6 + 210\mu_4 / \sigma^4 - 315; \\ c_{10} &= \mu_{10} / \sigma^{10} - 45\mu_8 / \sigma^8 + 630\mu_6 / \sigma^6 - 3150\mu_4 / \sigma^4 + 3780; \\ c_{12} &= \mu_{12} / \sigma^{12} - 66\mu_{10} / \sigma^{10} + 1485\mu_8 / \sigma^8 - 13860\mu_6 / \sigma^6 + 51975, \end{aligned}$$

где μ_{2s} - центральные моменты высших порядков закона распределения погрешностей.

Выражение (1) для ортогонального разложения плотности $f(x)$ с учетом полученных результатов принимает вид:

$$f(x) = (2\pi)^{-1/2} \sigma^{-1} \exp(-x^2/2\sigma^2) \left[1 + \sum_{s=2} \frac{c_{2s}}{(2s)!} H_{2s}(x/\sigma^2) \right], \quad (2)$$

в котором σ^2 и μ_{2s} вычисляются по исходной плотности $f(x)$, а выражения для четных полиномов Эрмита имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} H_4(y) &= y^4 - 6y^2 + 3; \\ H_6(y) &= y^6 - 15y^4 + 45y^2 - 15; \\ H_8(y) &= y^8 - 28y^6 + 210y^4 - 420y^2 + 105; \\ H_{10}(y) &= y^{10} - 45y^8 + 630y^6 - 3150y^4 + 4725y^2 - 945; \\ H_{12}(y) &= y^{12} - 66y^{10} + 1485y^8 - 13860y^6 + 51975y^4 - 62370y^2 + 10395. \end{aligned}$$

В приведенных выражениях $y = x/\sigma^2$.

Результаты сравнения нормированных плотностей $f(x)$ и их ортогонального разложения полиномами Эрмита $f(x)$ для смешанных законов обоих типов и обобщенного закона Пуассона представлены в работе [8]. Учитывая симметричность кривой плотности распределения, рассматривались только положительные значения погрешности ξ в пределах от 0 до 6σ , - практически весь интервал возможных значений погрешности,

который был разбит на 24 отрезка одинаковой длины (по $0,25\sigma$), и для середины каждого i -го отрезка вычислялись значение исходной плотности $f(\xi_i)$ и ее разложения $f(\xi_i)$.

В качестве критерия Θ , характеризующего соответствие ортогонального разложения $f(\xi_i)$ исходной нормированной плотности $f(\xi_i)$, выбрана сумма:

$$\Theta = \frac{1}{24} \sum_{i=1}^{24} \left\{ \frac{[f(\xi_i) - f(\xi_i)]^2}{f(\xi_i)} \right\}^{1/2},$$

которая характеризует относительное отклонение плотности $f(x)$ от ее разложения $f(x)$.

Для плотности каждого из трех законов распределения рассчитывался критерий Θ при различном числе составляющих разложения, т. е. вначале в ортогональном разложении $f(x)$ учитывали только первое слагаемое и рассчитывали эффективность $\Theta_1^{(n)}$. Затем вычисляли значение $\Theta_2^{(n)}$ сохраняя в разложении $f(x)$ два слагаемых. Аналогично находили значения критериев $\Theta_3^{(n)}$ и $\Theta_4^{(n)}$ для разложения с тремя и четырьмя слагаемыми. При сопоставлении значений $\Theta_1^{(n)}$ - $\Theta_4^{(n)}$ оказалось, что ортогональное разложение плотности для трех рассмотренных законов распределения обладает наилучшей сходимостью с самой плотностью при использовании только первого члена разложения (2).

В качестве примера в табл. 1 приведены значения критерия Θ для обобщенного закона Пуассона с учетом числа слагаемых разложения от одного до четырех.

Таблица 1 – Результаты расчета эффективности Θ_i

Закон распределения, существенный параметр	Θ_1	Θ_2	Θ_3	Θ_4
Обобщенный закон Пуассона, $c=5$	0,0250	0,0430	0,0670	0,0870

Поэтому оптимальное ортогональное разложение имеет следующее выражение:

$$f_1(y) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-y^2/2) [1 + (\mu_4 - 3)(y^4 - 6y^2 + 3)/24], \quad (3)$$

где $y = x/\sigma^2$.

В заключение рассмотрим плотность обобщенного закона Пуассона, порожденного законом Гаусса, с существенным параметром $c=5$ и соответствующее ей ортогональное разложение (3) с первым членом. Стандартная плотность распределения этого типа описывается следующим выражением [7]:

$$f(\xi) = \frac{\exp(-c)}{(2\pi)^{1/2} \sigma} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c^k}{k!} k^{1/2} \exp\left(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2}\right),$$

где σ и c - соответственно масштабный и существенный параметры распределения.

Так как дисперсия рассматриваемого распределения равна $\mu_2 = c^2$, то нормированная плотность обобщенного закона Пуассона имеет следующий аналитический вид:

$$g(y) = \frac{\exp(-c)}{(2\pi)^{1/2}} c^{1/2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c^k}{k!} k^{1/2} \exp\left(-\frac{cy^2}{2k}\right).$$

Производился расчет значения ортогонального разложения $f_1(y)$ упомянутой плотности, содержащего только одно первое слагаемое, и самой нормированной плотности $g(y)$, учитывая, что $\mu_4 = 3(c+c^2)/c^2$. Результаты расчетов разложения и плотности приведены в табл. 2.

Таблиця 2 – Значення щільності $g(y)$ і її ортогонального розкладу $f_1(y)$

y	0	0,25	0,50	0,75	1,0	1,25
$f_1(y)$	0,429	0,412	0,366	0,301	0,230	0,165
$g(y)$	0,382	0,370	0,333	0,282	0,227	0,173
y	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75
$f_1(y)$	0,112	0,073	0,047	0,030	0,020	0,012
$g(y)$	0,127	0,089	0,060	0,039	0,025	0,015
y	3,00	3,25	3,50	3,75	4,00	4,25
$f_1(y)$	0,0078	0,0046	0,0026	0,0014	0,0007	0,0003
$g(y)$	0,0092	0,0054	0,0031	0,0017	0,0009	0,0004
y	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75
$f_1(y)$	0,0001	0,00005	0,00002	0,000007	0,000002	0,00
$g(y)$	0,0002	0,0001	0,00006	0,00003	0,00001	0,000006

Аналіз таблиці показує, що ортогональне розкладання щільності обобщеного пуассоновського розподілу погрешностей навігаційних вимірювань, що містить тільки перший член, має хорошу збіжність з самою щільністю розподілу.

Висновки. В доповіді наведено ортогональне розкладання щільностей законів розподілу погрешностей навігаційних вимірювань. Показано, що оптимальним є ортогональне розкладання, що містить тільки перший член, наведено приклад ортогонального розкладання щільності обобщеного закону Пуассона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / В.Т. Кондрашихин - М.: Транспорт, 1989. - 230с. 1. Ткаченко А.С. Совершенствование методов контроля и прогноза места судна. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.13/ ОНМА. – Одесса, 2009. – 24 с.
2. Астайкин Д.В. Оценка точности координат судна при избыточных измерениях/ Астайкин Д.В., Сикирин В.Е., Ворохобин И.И., Алексейчук Б.М. – Saarbrucken, Deutschland/ Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 274 с.
3. А.С. Ткаченко, В.Г. Алексин. Применение обобщенных пуассоновских распределений для описания навігаційних погрешностей // Судовождение. – 2008. - № 15. – С. 185–189.
4. Monteiro Luis. What is the accuracy of DGPS? / Sardinia Monteiro Luis, Moore Terry, Hill Chris. // J. Navig. 2005. 58, № 2, p. 207-225.
5. Алексейчук Б.М. Идентификация закона распределения погрешностей измерений / Алексейчук Б.М., Пасечнюк С.С. // Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА, Вып. 27. – Одесса: «ИздатИнформ», 2016 - С.
6. Крамер Г. Математические методы статистики. – М.: Мир. – 1975. – 648 с.
7. Ворохобин И.И. Эффективность применения полиномов Эрмита для ортогонального разложения плотностей распределения навігаційних погрешностей/ Ворохобин И.И., Сикирин В.Е., Фусар И.Ю.// East European Scientific Journal, №11 (27), 2017, part 1.- С. 24-30.
8. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т.2. / Феллер В. – М.: Мир, 1984. – 752 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ СУДОВ РАЗНЫХ ТИПОВ

Цымбал М.Н.

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

Введение. Проблема обеспечения мореходной безопасности морских судов в определяющей мере зависит от их загрузки.

Спецификой грузовых операций навалочных судов являются повышенные требования к обеспечению общей продольной прочности, что обуславливает особенности технологии их проведения. При загрузке универсальных судов также имеется ряд особенностей, связанных с ротацией грузов, их укладкой и креплением, а также совместимостью партий груза. Размещение контейнеров при загрузке контейнеровозов дополнительно требует учета сил инерции качки. Поэтому оптимизация грузовых операций указанных типов судов имеют как общие черты, так и ряд специфических особенностей, чему и посвящена данная работа.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Общие требования к грузовым операциям навалочных судов рассмотрены в работе [1]. В публикации [2] рассмотрены вопросы формирования оптимальной загрузки навалочных судов, а процедура оптимизации загрузки судна тарно-штучными грузами предлагается в статье [3]. Формирование оптимального тензора загрузки контейнеровоза предложено в публикации [4].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является анализ общих требований и особенностей оптимизации загрузки навалочных, универсальных судов и контейнеровозов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Для моделирования загрузки судов разных типов необходимо учесть, в первую очередь, особенности загрузки каждого из типов с учетом их конструкции и специфики перевозимого груза.

Повышенные требования к обеспечению общей продольной прочности являются спецификой грузовых операций навалочных судов, чем обуславливаются особенности технологии их проведения. Грузовые операции навалочных судов производятся совместно с балластными операциями согласно технологической схеме проведения грузовых операций, которая представляет собой последовательность этапов проведения грузовых и балластных операций.

Количество этапов определяется удельным погрузочным объемом груза и числом одновременно загружаемых трюмов, причем в зависимости от числа трюмов и конструкции судна максимальное число этапов грузовых операций может достигать десяти.

Для каждого из этапов указываются одновременно обрабатываемые трюма и количество, подлежащего обработке груза в каждом, а также группа танков, задействованных в балластных операциях.

К особенностям перевозки генеральных грузов универсальными судами относятся: необходимость учета ротации портов и размещение партии груза в трюмах в соответствии с последовательностью заходов в порты. Также необходимо учитывать совместимость грузов различных партий, которые загружаются в один трюм. При загрузке судна следует производить укладку и крепление груза, причем при укладке зачастую следует ограничивать количество ярусов груза с учетом прочности его нижних рядов и местной прочности судна.

Особенностями загрузки контейнеровозов, которые усложняют расчет предварительного грузового плана, является необходимость учета ротации портов при

загрузке или разгрузке в нескольких портах и учет сил инерции, воздействующих на груз при качке. Если судно принимает груз, который будет выгружаться частями в нескольких последовательных портах, то на каждом переходе между портами его мореходное состояние будет разным, что поведет к изменению сил инерции, которым будет подвергаться груз во время перехода. Во время каждого перехода параметры устойчивости, посадки и прочности судно должны находиться в допустимых пределах, а возникающие силы инерции от его качки, не должны превосходить допустимых пределов. Поэтому при загрузке контейнеровоза с последующей разгрузкой в нескольких портах размещение груза должно производиться с учетом последовательности портов выгрузки, чтобы доступ к необходимым партиям груза был свободен, а также с учетом того, что все промежуточные состояния загрузки отвечали требованиям мореходности судна, а возникающие силы инерции находились в допустимых пределах.

Общим требованием при загрузке рассмотренных типов судов является необходимость обеспечения мореходной безопасности и допустимость сил инерции на качке на предстоящем переходе.

Загрузка навалочных, универсальных судов и контейнеровозов в терминах методов исследования операций можно рассматривать как оптимизационную задачу.

В зависимости от специфики порта, в котором производятся грузовые операции, и конструктивных особенностей судов проведение грузовых операций можно формализовать в виде различных оптимизационных задач. В частности, могут быть востребованы две следующие постановки оптимизационных задач, описывающих грузовые операции.

В первом случае как ограничения принимаются лимитирующие требования по посадке, устойчивости и прочности, а в качестве критерия оптимальности выбирается либо время проведения грузовых операций, которое надлежит минимизировать, либо количество принимаемого груза, которое должно обеспечить максимальную загрузку судна.

Вторая оптимизационная задача может быть сформулирована следующим образом. Ограничениями выступают требования по посадке, устойчивости, времени проведения грузовых операций и количество принимаемого груза, а в качестве критерия оптимальности выбираются параметры общей продольной прочности, которые следует минимизировать в процессе грузовых операций. В обоих случаях в качестве ограничений следует учитывать лимитирующие значения производственных параметров.

Предложенные два варианта оптимизационных задач не исчерпывают множество приемлемых для практики описаний процесса проведения грузовых операций.

Оптимизационная задача, описывающая процесс проведения грузовых операций судна, может быть записана следующим образом:

$$\begin{aligned} K(u_0) = \text{extr}K(u : u_0 \in U), \\ m_s \in M_s, \\ F_j < F_{jd}, \\ m_p \in M_p, \end{aligned} \quad (1)$$

где K - критерия оптимальности;

m_s , M_s - соответственно параметры, характеризующие посадку, устойчивость и прочность судна, и множество их допустимых значений;

m_p , M_p - соответственно производственные параметры и множество их допустимых значений;

F_j и F_{jd} - сила инерции и ее допустимое значение;

u и U - стратегия оптимизационной задачи и множество допустимых стратегий.

В выражении (1) первое равенство показывает, что при оптимальной стратегии U_0 , принадлежащей допустимому множеству U , критерий оптимальности K достигает экстремального значения, при условии соблюдения ограничений по состоянию мореходности судна (вторая строка выражения (1)), допустимости сил инерции (третья строка) и ограничений по производственным параметрам (четвертая строка того же выражения).

Альтернативными стратегиями u , из которых выбирается оптимальная стратегия u_0 , являются возможные загрузки судна (предварительные грузовые планы). Ограничения по мореходности, т. е. посадке, остойчивости и прочности характеризуются значениями моментов M_x , M_y и M_z , определяющих посадку и остойчивость судна, при этом также происходят изменения перерезывающих сил SF и изгибающих моментов BM .

Существуют аналитические зависимости указанных переменных от стратегии u , которые в общем виде записать следующим образом:

$$M_x = f_x(u),$$

$$M_y = f_y(u),$$

$$M_z = f_z(u),$$

$$SF = f_F(u),$$

$$BM = f_B(u).$$

В свою очередь, параметры m_s , подлежащие ограничению, зависят от перечисленных переменных, т.е.:

$$m_s = F_0(W_c, W_b, M_x, M_y, M_z, SF, BM).$$

Ограничения по производственным параметрам m_p учитывают специфику проведения грузовых в зависимости от типа судна и ранее рассмотренных особенностей его загрузки. Перечисленные ограничения имеют отношение к формированию оптимизационной задачи вместе с ограничениями, обеспечивающими мореходность судна.

Критерий оптимальности K также зависит от параметров стратегии загрузки u , причем аналитический вид такой зависимости необходимо определить для каждой постановки оптимизационной задачи. Получение оптимальной стратегии загрузки U_0 , при которой достигается экстремум критерия K , сводится к использованию одного из методов математического программирования, адекватно описывающего исходную постановку задачи.

Как показано в работе [2], оптимизационная задача загрузки навалочных судов может быть формализована в терминах линейного программирования и ее решение возможно симплекс-методом.

Постановка и решение оптимизационной задачи загрузки универсального судна тарно-штучными грузами представлены в работе [3]. Особенностью задачи является кусочно-линейный характер изменения значения критерия оптимальности и переменных в ограничениях. Поэтому для решения задачи использовались эвристические методы.

При оптимизации загрузки контейнеровоза, как показано в работе [4], модель оптимальной загрузки достигается формированием сложного тензора.

В этом случае при решении оптимизационной задачи следует учитывать связь между загрузкой судна и параметрами его качки, которые определяют характеристики возникающих угловых ускорений и влияют на величину сил инерции.

Выводы. В докладе рассмотрены особенности грузовых операций навалочных, универсальных судов и контейнеровозов, приведена формализация оптимизационной

задачи их загрузки, отмечены общие требования постановки задачи и особенности ее формализации и решения для каждого из рассматриваемых типов судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко Л.В., Козырь Л.А. Особенности эксплуатации балкеров. – Одесса: Латстар, 2002. – 78 с.
2. Цымбал Н.Н., Васьков Ю.Ю. Формирование оптимизационной задачи проведения грузовых операций навалочных судов // Судовождение. – 2004. - № 7. – С. 3 - 10.
3. Чепок А.О. Оптимизация загрузки судна тарно-штучными грузами в автоматизированных системах / Чепок А.О. // Проблемы техники: Научно-производственный журнал / ОНМУ, ХНУ – 2013. – № 4. – Одесса: Одесский национальный морской университет, 2013. – С. 44–51.
4. Власенко Е.А. Допустимая загрузка контейнеровоза/ Власенко Е.А.// Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V1(22), Issue: 186, 2018.- С. 82 - 86.

СЕКЦІЯ:

***ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ***

ГИПОТЕЗА СИММЕТРИИ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ

Абрамов Г.С.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Бражник А.М., Соколов А.Е., Абрамов А.Д.

*Херсонский национальный технический университет
(Украина)*

Исходными в построении и анализе информационных систем являются: принцип сохранения, принцип оптимальности и принцип однонаправленности времени [1]. Принцип сохранения и однонаправленность временных процессов - это критерии реализуемости, позволяющие избежать ошибок анализа и синтеза, а принцип оптимальности - это инструмент защиты от ошибок «простых» решений. Поэтому перед исследованием интеллектуальных систем, где приходится иметь дело с достаточно сложными процессами [2], необходимо тщательно проанализировать исходные критерии оптимальности.

Современное состояние вопроса – определяется завершенностью и строгостью методов, используемых при анализе и синтезе оптимальных систем [3]. Количество трудов и публикаций более чем велико [4], но есть существенное обстоятельство – подавляющее число современных методов обеспечивают чувствительность «в малом». Это естественно, так как в основу подходов были заложены идеи интегрального и дифференциального исчисления, но перед нами стоят задачи исследования иных интеллектуальных объектов, где незыблем только принцип оптимальности.

Цель работы - анализ особенностей критериев оптимальности и их общих принципов, что было бы полезно для использования при анализе и разработке информационных и интеллектуальных систем.

Изложение основного материала. Для скалярной функции цели $f(\mathbf{x})$, зависящей от вектора \mathbf{x} , необходимое условие оптимума имеет вид [5]

$$\text{grad}f(\mathbf{x}^*) = \mathbf{0} \quad (1)$$

При этом в окрестности точки минимума \mathbf{x}^* второе приближение является квадратичной формой и для поля градиента (1), справедливо уравнение

$$\text{div grad}f(\mathbf{x}) = \phi(\mathbf{x}), \quad (2)$$

при этом, естественно, поле градиента (1) потенциально [6], а линии равного уровня скалярного поля $f(\mathbf{x})$ замкнуты, что порождает центросимметричное поле, рис. 1.

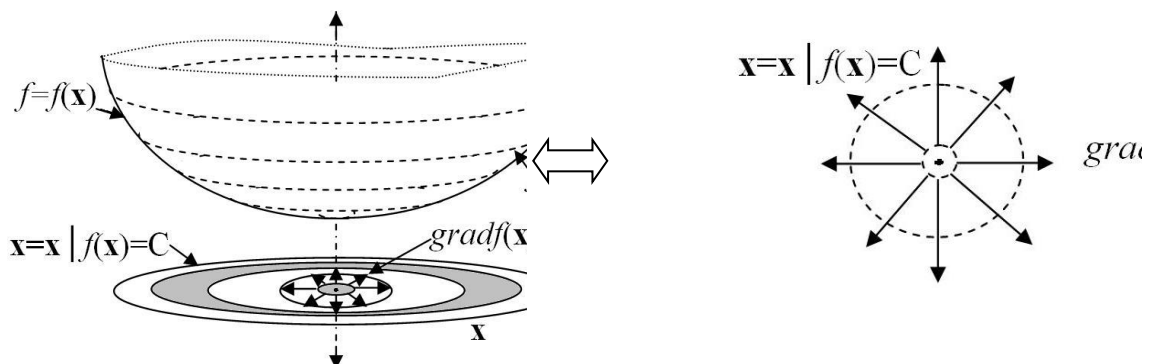


Рисунок 1 – Поле градиента в окрестности точки минимума.

Таким образом, в простой задаче минимизации функции [7], экстремум в своей окрестности связан с центральной симметрией поля.

Достаточное условие оптимума в данной задаче, является требованием положительной определенности симметрической матрицы второго приближения.

В более сложной задаче с ограничениями типа равенства

$$x^*, \lambda^* \rightarrow \min f(x^*); \quad (3)$$

$$\varphi(x) = 0.$$

использование критерия (1) не удастся из за возмущений, вносимых ограничениями Для решения задачи (3) вводится функция Лагранжа [7]

$$L(x, \lambda) = f(x) - \lambda \varphi(x). \quad (4)$$

При этом следует учесть, что множитель Лагранжа λ , по-сути является чувствительностью функции цели к ограничениям

$$\lambda = \frac{\partial f}{\partial \varphi}. \quad (5)$$

С учетом (5) можем записать необходимое условие оптимальности, как равенство градиента функции Лагранжа нулю, для задачи (3) в виде

$$\nabla_{x,\lambda} L(x, \lambda) = 0 \rightarrow \left. \begin{aligned} \frac{df(x)}{dx} - \frac{\partial f}{\partial \varphi} \frac{d\varphi}{dx} &= 0 \\ \varphi(x) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Так как

$$\frac{df(x)}{dx} = \frac{\partial f}{\partial x} \frac{d\varphi}{dx},$$

здесь появляется правая часть и справедлива симметрическая запись условия (6) в виде системы уравнений

$$\left. \begin{aligned} \frac{df}{dx} &= \frac{\partial f}{\partial x} \\ \varphi(x) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

На рис. 2, приведена иллюстрация формирования точки оптимума в задаче Лагранжа.

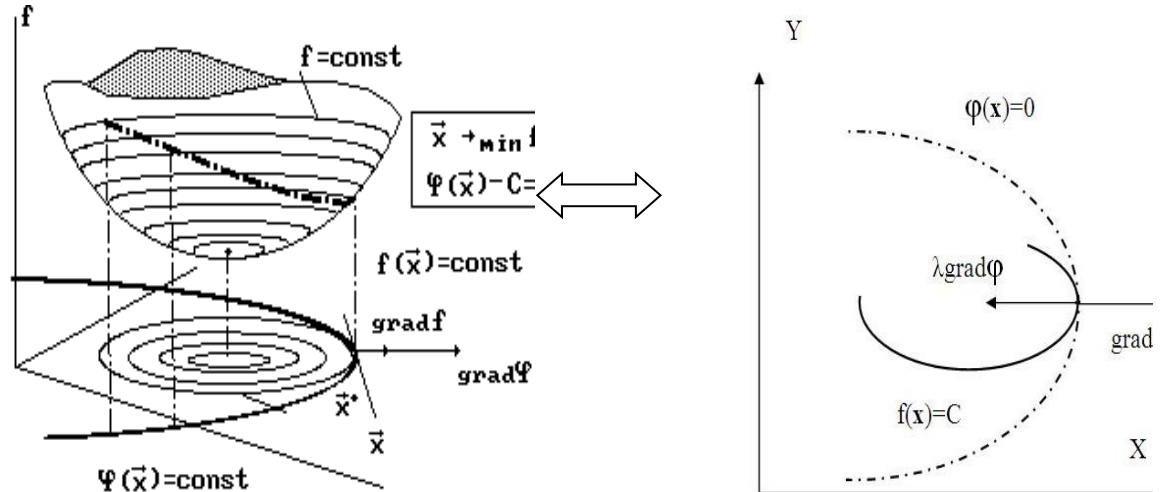


Рисунок 2 – Формирование симметрии в точке оптимума при ограничениях

Очевидно, что формирование оптимума связано с симметрической системой векторов $gradf$ и $\lambda grad\varphi$.

В случае зависимости функции цели от вектора условие оптимальности принимает вид

$$\left. \begin{aligned} \nabla f(\mathbf{x}) - \frac{\partial f}{\partial \varphi} \nabla \varphi(\mathbf{x}) &= \mathbf{0} \\ \varphi(\mathbf{x}) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

При этом с учетом (7) можем записать слагаемое $\lambda grad\varphi$ как условный градиент функции цели по ограничениям

$$\frac{\partial f}{\partial \varphi} \nabla \varphi(\mathbf{x}) = grad_{\varphi} f(\mathbf{x}).$$

При этом условие оптимальности представляется как условие равенства двух векторных полей

$$\left. \begin{aligned} gradf(\mathbf{x}) &= grad_{\varphi} f(\mathbf{x}) \\ \varphi(\mathbf{x}) &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Поле градиента целевой функции в (9), уравнивается полем условного градиента функции цели и образуется центросимметричная система векторов. Таким образом, и в этом случае также проявляется условие симметрии, как необходимое и достаточное условие.

Таким образом в задаче поиска экстремума функции, как с ограничениями, так и без ограничений, условия оптимальности неразрывно связаны с симметрией полей градиентов.

В случае оптимизации функционала решается вариационная задача. Так для простой вариационной задачи с подинтегральной функцией цели $F(x, \dot{x}, t)$

$$\left. \begin{aligned} x^*(t) &\rightarrow \min \int_0^T F(x, \dot{x}, t) dt; \\ x_0 &= x(0) \\ x_1 &= x(T) \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

необходимое условие слабого оптимума, в задаче (10) – уравнение Эйлера

$$\frac{\partial F}{\partial x} - \frac{d}{dt} \left(\frac{\partial F}{\partial \dot{x}} \right) = 0. \quad (11)$$

Несложно переписать уравнение (11) и получить уравнение, где в правой части стоит одномерный аналог дивергенции вектора производной или условной дивергенции. Действительно обозначив

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial F}{\partial \nabla x} = div grad_{\nabla x} F, \quad (12)$$

получаем, с учетом (12), условие оптимальности в виде уравнения

$$\frac{\partial F}{\partial x} = div grad_{\nabla x} F. \quad (13)$$

При этом, оптимальная траектория имеет центросимметричное поле градиента [7], рис. 3.

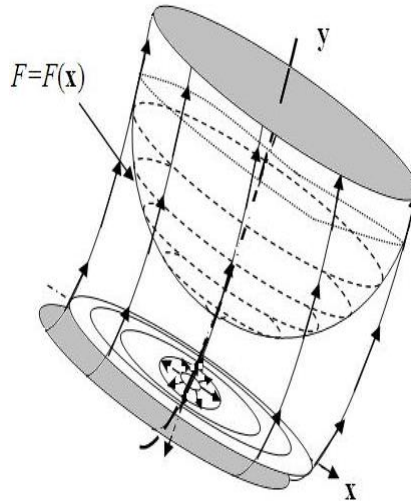


Рисунок 3 – Структура векторной трубки оптимальной траектории.

Полученное условие оптимальности (13) позволяет легко записать необходимые условия для многомерной задачи. Для условия оптимальности в двумерной задаче

$$\frac{\partial F}{\partial z} - \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)} \right) = 0. \quad (14)$$

Выделим в (14) условную дивергенцию по нормали к $z(x,y)$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial z}{\partial x} \right)} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial F}{\partial \left(\frac{\partial z}{\partial y} \right)} \right) = \text{divgrad}_{nz} F, \quad (15)$$

и получаем, с учетом (15), в окрестности экстремали условие оптимальности в виде уравнения с дивергенцией в правой части и имеем центральную симметрию поля градиента

$$\frac{\partial F}{\partial z} = \text{divgrad}_n F. \quad (16)$$

Таким образом, и уравнение (16), и все рассмотренные выше случаи показывают, что основную роль в формировании условий оптимальности играет симметрия.

Рассмотренные примеры позволяет выдвинуть гипотезу о первичности свойств симметрии в процессах возникновения оптимумов. Действительно, от простейшего случая до многомерных вариационных задач прослеживается наличие центральных векторных полей градиентов и условий оптимальности в виде уравнений, в правой части которых стоит условная дивергенция.

Естественно, выдвинутая гипотеза носит весьма общий характер, но в организационных системах, где часто не определена функция цели, это позволяет формировать условия оптимальности.

Выводы. В работе рассмотрены условия оптимальности в широко известных задачах оптимизации, показано наличие во всех условиях оптимальности симметрии полей градиентов и, основываясь на этом, выдвинута гипотеза о первичности свойств симметрии при формировании оптимальности явлений и процессов; предложена гипотеза о симметрии как основе оптимальности. Это открывает возможность обеспечения условий для реализации оптимальных информационных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский А.А Справочник по теории автоматического управления /под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. -712 с.
2. Stuart J. Russel and Peter Norvig Artifcal Intelligence, Second edition. – Prentice Hall Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2004. – 1408 p.
3. Сэйдж Э.П. Оптимальное управление системами: Пер. с англ./ Под ред. Б.И. Левина.-М.: Радио и связь, 1982.- 392 с.
4. Реклеймис Г. Оптимизация в технике / Г.Реклеймис, А.Рейвиндран, К. Рэгсдел Оптимизация в технике. Т.1 и 2, в 2-х т. –М.: Мир, 1986
5. Пшеничный Б.Н. Выпуклый анализ и экстремальные задачи / Б.Н. Пшеничный – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, - 1980. 320 с.
6. Несис Е.И. Методы математической физики. Учебн.пособие для студентов физ.-мат. Фак. Пед. Ин-тов. Е.И. Несис М., «Просвещение», 1977. 199с.
7. Алексеев В.М. Оптимальное управление /В.М. Алексеев, В.М. Тихомиров, С.В. Фомин – М.: наука, главная редакция физико-математической литературы, 1979.- 428 с.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОАЛЕСЦЕНЦИИ ЧАСТИЦ ОКИСЛОВ НА АСИМПТОТИЧЕСКОЙ СТАДИИ ПРОЦЕССА ВНУТРЕННЕГО ОКИСЛЕНИЯ ПЛАСТИН БИНАРНЫХ СПЛАВОВ

Абрамов Г.С.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Абрамов М.Г.

*Херсонский филиал Национального университета кораблестроения
(Украина)*

Введение. В предыдущих работах авторов [1–3] проведено экспериментальное и теоретическое исследование процесса внутреннего окисления в бинарных сплавах. Построена физическая и математическая модели процесса и выполнено моделирование всех стадий процесса от зарождения, роста и до коалесценции частиц окислов. Особый интерес представляет асимптотическая стадия процесса – коалесценция, которая для внутреннего окисления имеет ряд особенностей, и формирует, в конечном итоге, долговременные характеристики внутреннеокисленных сплавов, из которых наибольший интерес представляют жаропрочность, жаростойкость и износостойкость. Это определяет актуальность исследования асимптотической стадии процесса внутреннего окисления, так как её недостаточная изученность как в теоретическом, так и в экспериментальном отношении в определённой мере сдерживает и практическое использование процессов типа внутреннего окисления.

Анализ последних исследований. Рассмотрим кинетику изменения \bar{R} при больших временах процесса внутреннего окисления пластины. Литературные данные по этому вопросу противоречивы. Так имеется ряд экспериментальных работ, в которых подтверждается предсказываемый теорией Лифшица-Слёзова [4] кубический закон роста среднего радиуса со временем [5–7], Вместе с тем, есть многочисленные работы [8–10], указывающие на существование кинетических законов $\bar{R}^n = kt$, где показатель степени n имеет значения от 1,7 до 9. В исследованиях, где определена кинетика роста \bar{R} более быстрая, чем кубическая, по-видимому, изучалась ранняя стадия процесса, связанная с образованием и диффузионным ростом частиц за счёт вещества пересыщенного твёрдого раствора. Гораздо большие трудности встречает объяснение результатов, где получена кинетика роста \bar{R} более медленная, чем кубическая. Предложенные для объяснения кинетических законов роста частиц с $n > 3$ механизмы коалесценции, контролируемой не объёмной диффузией, а диффузией по границам зёрен, блоков и дислокационным трубкам [11] часто не спасают положения, т.к. получаемая в этих работах кинетика с $n = 4–5$ не в состоянии объяснить экспериментально измеренные кинетики с $n > 5$.

Постановка задачи. Исследовать особенности стадии коалесценции в процессе внутреннего окисления в отличие от асимптотической стадии распада пересыщенных твёрдых растворов. Провести сравнение теоретических результатов, результатов моделирования и эксперимента.

Основная часть. Моделирование процесса внутреннего окисления на примере пластины бинарного сплава [2] позволило объяснить кинетику изменения $\bar{R}(t)$. Из рис 1 видно, что после стадии бурного образования и роста частиц с кинетикой, «характеризующихся» $n \leq 2$ следует стадия медленного роста, которая затем сменяется коалесценцией частиц ($n = 3$).

На рис.1а прямой линией отмечен участок, соответствующий кубическому закону роста \bar{R} (касательная к правому хвосту кривой). На рис.1б показан момент перегиба кривой $\lg \bar{R} - \lg t$, то есть переход от более медленной кинетики к более быстрой.

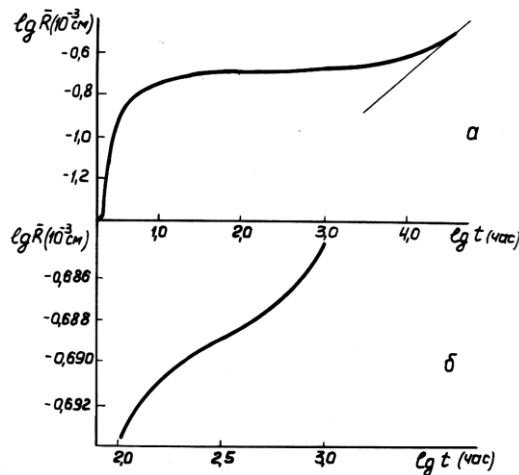


Рисунок 1 – Моделирование кинетики роста \bar{R} частиц на асимптотической стадии процесса внутреннего окисления пластины бинарного сплава.

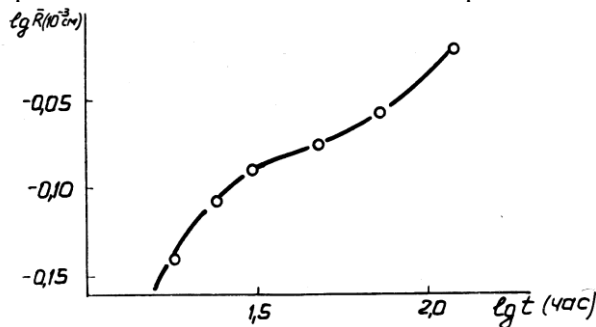


Рисунок 2 – Кинетика изменения \bar{R} в центре пластины сплава $Ni-1\%Cr$ при внутреннем окислении.

Медленная стадия процесса, на которой происходит практически полная стабилизация среднего радиуса частиц, не имеет места при распаде пересыщенных твёрдых растворов в изолированной системе. Экспериментально эта стадия наблюдается при внутреннем окислении сплава $Ni-1\%Cr$ (рис. 2).

О том, что на асимптотической стадии имеет место процесс коалесценции, свидетельствует и вид кривых функции распределения на рис.3.

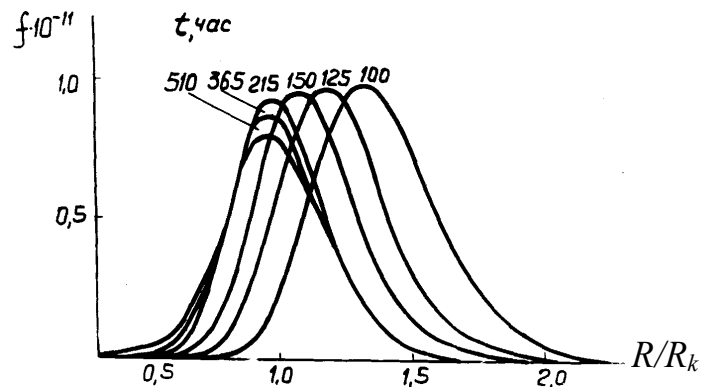


Рисунок 3 – Кинетика изменения функции распределения на асимптотической стадии процесса внутреннего окисления пластины бинарного сплава.

Видно, что с увеличением продолжительности процесса правый конец функции распределения стремится к точке с абсциссой $R/R_k = 1,5$ как это и следует из теории Лифшица-Слезова. У функции распределения, полученной моделированием процесса внутреннего окисления пластины бинарного сплава все же имеется небольшой «хвост», выходящий за координату $R/R_k = 1,5$. Это обстоятельство отмечалось в работе [4] и связано с определенным приближением аналитической теории коалесценции.

Покажем, что в системе с пересыщенным твёрдым раствором и растущими частицами второй фазы стадия стабилизации среднего радиуса связана с наличием диффузионного потока легирующего элемента к поверхностям пластины, на которых пересыщение равно нулю. В случае малого объёма частиц и больших временах процесса, когда весь объём сплава является двухфазным, уравнения диффузии в твёрдом растворе могут быть записаны следующим образом:

$$\frac{\partial \Delta_1}{\partial t} = D_{11} \frac{\partial^2 \Delta_1}{\partial x^2} + D_{12} \frac{\partial^2 \Delta_2}{\partial x^2} - C_1^\phi \frac{\partial V_\phi}{\partial t} \quad (1), \quad \frac{\partial \Delta_2}{\partial t} = D_{22} \frac{\partial^2 \Delta_2}{\partial x^2} - C_\phi \frac{\partial V_\phi}{\partial t} \quad (2)$$

$$\Delta_i(0, t) = \Delta_i(l, t) = 0; \quad \Delta_i(x, 0) = \Delta_i^0(x) \quad (3)$$

где $\Delta_i = C_i(x, t) - C_i^p$, ($i = 1, 2$) – пересыщение твёрдого раствора по i -му компоненту.

С помощью метода разделения переменных получим решение (2) с условиями (3):

$$\Delta_2(x, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \left[a_{2m} \exp(-\lambda_{2m} t) - \int_0^t \frac{db_{2m}}{d\tau} \exp(-\lambda_{2m}(t-\tau)) d\tau \right] \sin \frac{m\pi}{l} x \quad (4)$$

Здесь

$$a_{2m} = \frac{2}{l} \int_0^l \Delta_2^{(0)} \sin \frac{m\pi}{l} x dx; \quad b_{2m} = \frac{2}{l} C_2^\phi \int_0^l V_\phi \sin \frac{m\pi}{l} x dx; \quad \lambda_{2m} = D_{22} \left(\frac{m\pi}{l} \right)^2; \quad C_2^\phi V_\phi = \sum_{m=1}^{\infty} b_{2m} \sin \frac{m\pi}{l} x \quad (5)$$

Преобразуя свёртку в правой части (4), учитывая малые изменения объёма частиц во времени

$$\begin{aligned} \int_0^t \frac{db_{2m}}{d\tau} \exp(-\lambda_{2m}(t-\tau)) d\tau &= b_{2m}(t) - b_{2m}(0) \exp(-\lambda_{2m} t) - \lambda_{2m} \int_0^t b_{2m}(\tau) \exp(-\lambda_{2m}(t-\tau)) d\tau = \\ &= \frac{1}{\lambda_{2m}} \frac{db_{2m}}{dt} - \frac{1}{\lambda_{2m}^2} \frac{d^2 b_{2m}}{dt^2} + \dots - \left(\frac{1}{\lambda_{2m}} \frac{db_{2m}}{dt} \Big|_0 - \frac{1}{\lambda_{2m}^2} \frac{db_{2m}^2}{dt} \Big|_0 + \dots \right) \exp(-\lambda_{2m} t) + \\ &+ \frac{1}{\lambda_{2m}^2} \int_0^t \frac{d^n b_{2m}}{d\tau^n} \exp(-\lambda_{2m}(t-\tau)) d\tau \approx \frac{1}{\lambda_{2m}} \frac{db_{2m}}{dt} - \frac{1}{\lambda_{2m}} \frac{db_{2m}}{dt} \Big|_0 \exp(-\lambda_{2m} t) \end{aligned}$$

и замечая, что согласно (5) $\sum_{m=1}^{\infty} \frac{db_{2m}}{dt} \sin \frac{m\pi}{l} x = C_2^\phi \frac{\partial V_\phi}{\partial t}$, имеем

$$\Delta_2 \cong \sum_{m=1}^{\infty} \left\{ \left(a_{2m} + \frac{1}{\lambda_{2m}} \frac{db_{2m}}{dt} \Big|_0 \right) \exp(-\lambda_{2m} t) \sin \frac{m\pi}{l} x \right\} + \frac{C_2^\phi}{D_{22}} \int_0^x \int_0^x \frac{\partial V_\phi}{\partial t} dx dx \quad (6)$$

Далее, подставляя это решение в (1) и пользуясь теми же приёмами, что и для получения выражения (6), имеем

$$\Delta_1 \cong \sum_{m=1}^{\infty} \left(a_{1m} - p a_{1m} + \frac{1}{\lambda_{1m}} \frac{C_1^\phi}{C_2^\phi} \frac{db_{2m}}{dt} \Big|_0 \right) \exp(-\lambda_{1m} t) \sin \frac{m\pi}{l} x + p \Delta_2 + \frac{C_1^\phi}{D_{11}} \int_0^x \int_0^x \frac{\partial V_\phi}{\partial t} dx dx \quad (7)$$

где

$$\lambda_{1m} = D_{11} \left(\frac{m\pi}{l} \right)^2; \quad p = \frac{D_{12}}{D_{11}}$$

На асимптотической стадии процесса ($t \rightarrow \infty$) (6) и (7) преобразуются к следующему виду (с учётом $\lambda_{2m} \ll \lambda_{1m}$).

$$\Delta_2 \cong a_{21} + \frac{1}{\lambda_{21}} \frac{db_{21}}{dt} \Big|_0 \exp(-\lambda_{21}t) \sin \frac{m\pi}{l} x + \frac{C_2^\phi}{D_{22}} \int_0^x \int_0^x \frac{\partial V_\phi}{\partial t} dx dx \quad (8)$$

$$\Delta_1 \cong p\Delta_2 \Big|_{t \rightarrow \infty} + \frac{C_1^\phi}{D_{11}} \int_0^x \int_0^x \frac{\partial V_\phi}{\partial t} dx dx \quad (9)$$

С помощью (8) и (9) определим меру пересыщения $L(x, t)$, которая, как показано в [3], записывается следующим образом:

$$L(x, t) = \ln a_1^{\omega_1} a_2^{\omega_2} - \ln a_{1p}^{\omega_1} a_{2p}^{\omega_2} = \frac{2\gamma M}{\rho R_r T R_k} \quad (10)$$

Здесь ω_1 и ω_2 стехиометрические коэффициенты растущего соединения, соответственно, для компонентов 1 и 2; T – температура, R_r – газовая постоянная, γ – коэффициент поверхностного натяжения, M – молекулярный вес соединения, ρ – его плотность; a_i и a_{ip} ($i = 1, 2$) – соответственно, текущая и равновесная термодинамические активности i -го компонента в твёрдом растворе.

Используя разложение Вагнера: $a_1 = c_1 \exp(\varepsilon_{11}C_1 + \varepsilon_{12}C_2)$; $a_2 = c_2 \exp(\varepsilon_{21}C_1 + \varepsilon_{22}C_2)$ получаем из (10) для случая малого отклонения C_i от C_{ip} (что соответствует асимптотической стадии процесса):

$$L(x, t) = \gamma_1(C_1 - C_{1p}) + \gamma_2(C_2 - C_{2p}), \quad \gamma_1 = (\omega_1 + \omega_2 \varepsilon_{11} C_{1p} + \omega_2 \varepsilon_{21} C_{1p}) / c_{1p}; \quad \gamma_2 = (\omega_2 + \omega_2 \varepsilon_{22} C_{2p} + \omega_1 \varepsilon_{12} C_{2p}) / c_{2p}; \quad (11)$$

Подстановка в (11) выражений (8) и (9) и последующее дифференцирование по x , даёт

$$\frac{\partial^2 L}{\partial x^2} = \beta_1 \frac{\partial V}{\partial t} - \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 \beta_2 \exp(-\lambda_{21}t) \sin \frac{\pi}{l} x, \quad (12)$$

где

$$\beta_1 = \frac{C_2^\phi}{D_{22}} \left[(\gamma_1 p + \gamma_2) + \gamma_1 \frac{D_{22} C_1^\phi}{D_{11} C_2^\phi} \right]; \quad \beta_2 = (\gamma_1 p + \gamma_2) \left(a_{21} + \frac{1}{\lambda_{21}} \frac{db_{21}}{dt} \Big|_0 \right)$$

Первое слагаемое в первой части (12) характеризует уменьшение пересыщения за счёт наличия внутренних стоков (частицы второй фазы), а второе – внешних (поверхности пластины $x=0$ и $x=l$). Из (12) также видно, что оба эти слагаемые имеют разные знаки. Если мощность внутренних стоков больше, чем внешних, то $\partial^2 L / \partial x^2 > 0$, в противном случае $\partial^2 L / \partial x^2 < 0$. Поскольку на поверхностях пластины $L(0, t) = L(l, t) = 0$ и, в соответствии с этим $\frac{\partial^2 L}{\partial x^2} \leq 0$, то есть существует максимальная мощность внутренних стоков, при которой вторая производная меры пересыщения равна нулю. Исходя из этого, находим из (12):

$$\frac{\partial V_m}{\partial t} = \left(\frac{\pi}{l} \right)^2 \frac{\beta_2}{\beta_1} \exp(-\lambda_{21}t) \sin \frac{\pi}{l} x; \quad V_m = \frac{\beta_2}{\beta_1} \frac{1}{D_{22}} \sin \frac{\pi}{l} x (1 - \exp(-\lambda_{21}t)) \quad (13)$$

Из (13) следует, что при больших временах зависимость $V_m(t)$ и, соответственно, $\bar{R}(t)$ (при $N = const$) являются слабыми функциями времени, которые могут быть описаны

выражениями типа $\bar{R}^n = kt$ лишь весьма приближённо. При такой аппроксимации показатель степени n будет определяться величиной dV_m/dt – чем меньше dV_m/dt , тем больше n .

Анализ выражения (13) также показывает, что максимальная скорость роста суммарного объёма фазы зависит от величины диагонального коэффициента диффузии легирующего элемента D_{22} , толщины пластины l и удалённости сечения x , в котором рассматривается процесс, от поверхности пластины: dV_m/dt возрастает с уменьшением D_{22} и увеличением l и x . При $\frac{\partial V}{\partial t} < \frac{\partial V_m}{\partial t}$, $V(t)$ является ещё более слабой временной функцией, чем (13), но сделанные выводы качественно остаются верными и для этих случаев. Это подтверждается результатами численного моделирования.

Таким образом, присутствие в системе с пересыщенным твёрдым раствором и растущими частицами второй фазы свободных поверхностей, на которых пересыщение равно нулю, обуславливает наличие диффузионного потока вещества из пластины во внешнюю среду. Этот поток отнимает у растущих частиц часть вещества из твёрдого раствора, вследствие чего и замедляется кинетика их роста. Эффект нивелируется по мере уменьшения градиента пересыщения по сечению пластины. При этом система становится все более замкнутой: вещество растворяющихся мелких частиц поступает через твёрдый раствор на рост крупных (отсутствуют «потери» за счёт диффузии вещества из твёрдого раствора во внешнюю среду), то есть всё полнее реализуется процесс коалесценции, описываемый теорией Лифшица-Слэзова.

Кубический закон роста $\bar{R}(t)$, полученный по теории Лифшица-Слэзова, достигается при внутреннем окислении пластины со стороны значений $n > 3$, в то время как при распаде пересыщенного твёрдого раствора этот закон достигается со стороны значений $n < 3$. В этом состоит главная особенность асимптотической стадии процесса внутреннего окисления тонких пластин по сравнению с распадом пересыщенного твёрдого раствора в изолированной системе.

Во многих случаях, как представляется, экспериментальное обнаружение кинетики роста \bar{R} с $n > 3$ может быть следствием того, что исследуемые системы находились ещё на медленной стадии неустановившейся коалесценции и кубический закон роста \bar{R} мог быть найден на более поздней стадии процесса. С другой стороны, анализ экспериментальных работ [6-10] показывает, что далеко не всегда утверждение о кубическом законе роста \bar{R} следует из приводимых экспериментальных данных.

Вторая отличительная особенность процесса коалесценции при внутреннем окислении пластин состоит в том, что этот процесс индивидуален для каждого сечения диффузионной зоны. Каждое сечение зоны внутреннего окисления можно представить как отдельную систему, «степень замкнутости» которой зависит от величины градиентов пересыщения по отношению к соседним сечениям. В каждом сечении протекают все стадии формирования двухфазной структуры: зарождение, рост и коалесценция частиц второй фазы; начало каждой стадии для соседних сечений сдвинуто по времени и этот сдвиг тем больше, чем дальше рассматриваемые сечения от центра поверхности (чем ближе к центру пластины). Изучая кинетику изменения параметров структуры двухфазной области, необходимо фиксировать сечение зоны внутреннего окисления, в котором производятся измерения, так как различные сечения зоны внутреннего окисления в одно и то же время могут находиться на различных стадиях эволюции структуры двухфазной области: зарождения, роста и коалесценции.

Процесс диффузионного перераспределения компонентов между сечениями пластины приводит в конечном итоге к выравниванию \bar{R} в различных сечениях.

Экспериментальные данные о распределении \bar{R} в различных сечениях внутреннеокисленного сплава $Ni-1\%Cr$ и кинетике изменения распределения $\bar{R}(x)$ показывают тенденцию к выравниванию \bar{R} по сечению пластины.

Таблица 1

$\frac{x}{l}$	$R, \text{ мкм}$		$\frac{\Delta R}{\Delta t} \cdot 10^2 \frac{\text{мкм}}{\text{час}}$	$\frac{\bar{R}_{48}}{\bar{R}_{30}}$
	$t = 30\text{ч}$	$t = 30\text{ч}$		
0,10	0,55	0,76	1,17	1,40
0,25	0,74	0,84	0,55	1,13
0,50	0,83	0,87	0,22	1,05
$\frac{\bar{R}_{0,50}}{\bar{R}_{0,10}}$	1,51	1,14	—	—

Из табл. 1, построенной по экспериментальным данным внутреннего окисления пластины бинарного сплава $Ni-1\%Cr$, видно, что скорость роста \bar{R} значительно выше в приповерхностных сечениях пластины, чем в центральном сечении. Нижняя строка таблицы иллюстрирует выравнивание \bar{R} : отношение средних размеров частиц в центральном и приповерхностном сечениях пластины уменьшается со временем и приближается к единице. Различие \bar{R} в разных сечениях зоны внутреннего окисления при больших временах обуславливает и различие в пересыщении твёрдого раствора в этих сечениях. В соответствии с законом Гиббса-Томсона в сечении с меньшим \bar{R} пересыщение твёрдого раствора выше, чем в сечении с большим \bar{R} . При моделировании это хорошо прослеживается на этой стадии процесса, когда $\bar{R} = R_k$.

Как следует из экспериментальных данных по внутреннему окислению сплавов [1, 2] при больших временах окисления объем фазы в центральном сечении пластины асимптотически приближается к некоторой постоянной величине. Здесь существенно то обстоятельство, что асимптотическое приближение к постоянному объёму фазы происходит сверху, со стороны больших значений объёма фазы. Это свидетельствует о том, что переход к процессу установившейся коалесценции связан с некоторым подрастворением частиц второй фазы. Аналогичный эффект наблюдается и при моделировании процесса внутреннего окисления. На рис. 4, 5 экспериментальные результаты и результаты моделирования представлены в координатах $1/V_\phi - 1/R$. Видно, что асимптотической стадии предшествует стадия, которая может быть аппроксимирована линейной зависимостью $1/V_\phi - 1/R$. Затем на обеих кривых имеется минимум и асимптотическое приближение к постоянному значению $1/V_\phi$. Физической причиной этого явления также является незамкнутость системы по легирующему элементу в процессе внутреннего окисления.

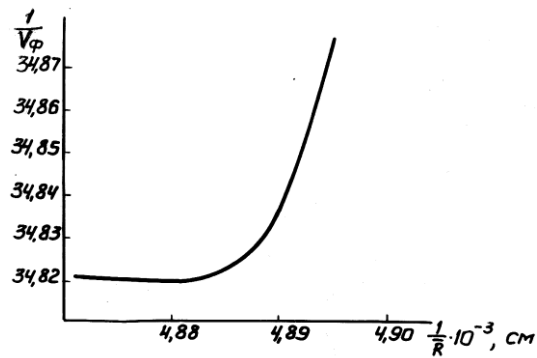


Рисунок 4 – Моделирование зависимости $1/V_\phi$ от $1/\bar{R}$ на асимптотической стадии процесса внутреннего окисления.

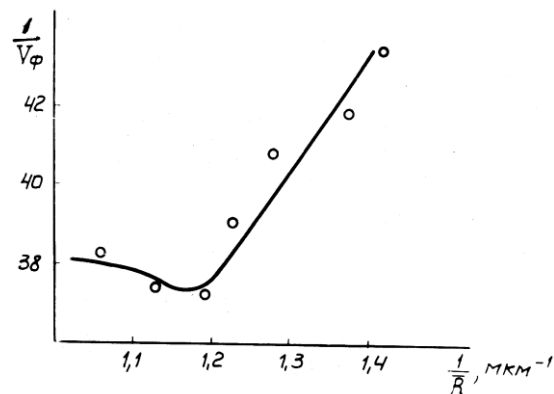


Рисунок 5 – Зависимость $1/V_\phi$ от $1/\bar{R}$ в центральном сечении пластины сплава $Ni-1\%Cr$
 $l = 500\text{мкм}$, $T = 1150^\circ\text{C}$

Выводы. При рассмотрении асимптотической стадии внутреннего окисления пластин обнаружено, что стадии коалесценции, хорошо описываемой в рамках теории Лифшица-Слёзова, предшествует достаточно длительная стадия замедленного роста частиц, которая не имеет места при распаде пересыщенных твёрдых растворов в изолированных системах. Показано, что замедленный рост частиц обусловлен наличием потока легирующего элемента из пластины во внешнюю среду, причём скорость роста частиц понижается с увеличением коэффициента диффузии легирующего элемента и уменьшением толщины пластины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абрамов Г.С., Абрамов М.Г. Моделирование процесса внутреннего окисления и экспериментальные результаты., Вестник ХНТУ, 2010, Вып.3 (39), С. 10-15.
2. Абрамов Г.С. Моделирование асимптотической стадии процесса внутреннего окисления., Вестник ХНТУ, 2011, №2 (41), С.432-435.
3. Абрамов Г.С., Абрамов М.Г., Бардачов Ю.Н. Моделирование формирования двухфазных областей в процессе внутреннего окисления бинарных сплавов., Вестник ХНТУ, 2014, №3 (50), С.192-202.
4. Лифшиц И.М.,Слёзов В.В. О кинетике диффузионного распада пересыщенных твёрдых растворов. ЖЭТФ, 1958, т.35, в.2(8), С.479-492.
5. Нечипоренко Е.П., Слёзов В.В. и др. Коалесценция в двухфазных сплавах. ФТТ, 1972, Т.14, вып.5, С.1469-1474.

6. Footner P.K., Alcook C.B. Growth kinetics of dispersed thoria in Ni and Ni-Cr alloys. *Met. Trans.*, 1972, V.5, №8, P.717-720.
7. Dalal H., Grant N.J. Thoria stability in TD-NiCr at high-temperatures in the presence of chromium in solution. *Met. Trans.*, 1973, V.4, №1, P.381-382.
8. Иванов В.Е., Нечипоренко Е.П., Криворучко В.М. и др. Коалесценция частиц Al_2O_3 в молибдене при высоких температурах. *Изв. АН СССР. Неорган. матер.*, 1970, №6, в.8, С.1427-1431.
9. Сергеенкова В.М., Березуцкий В.В. О скорости роста дисперсных частиц в никеле. *Порошк. металлургия*, 1967, №7, С.84-88.
10. Сергеенкова В.М., Березуцкий В.В. Влияние природы окислов на скорость роста дисперсных частиц в никеле. *Порошк. металлургия*, 1967, №8, С.54-59.
11. Слёзов В.В. Коалесценция пересыщенного твёрдого раствора в случае диффузии по границам блоков или дислокационным линиям., *ФТТ*, 1967, т.9, в.4, С.1187-1191.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ АНПА З ГРЕБНИМ ГВИНТОМ В ПОВОРОТНІЙ НАСАДЦІ

Алоба Л.Т., Грудініна Г.С.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
(Україна)

Вступ. На даному етапі розвитку підводних технологій все більше уваги приділяють рушійно-стерновому комплексу «гвинт – поворотна насадка». Даний рушійно-стерновий комплекс (РСК) досить ефективно зарекомендував себе для автономних ненаселених підводних апаратів (АНПА). Такий комплекс встановлюється на поворотній колонці, що забезпечує поворот комплексу в необхідне по відношенню до апарата положення, та забезпечує перекладку на кут від 0 градусів до 360 [1].

Основний матеріал. В даній роботі проводиться дослідження гідродинамічних характеристик поворотної гвинтової колонки у складі рушійно-стернового комплексу автономного ненаселеного підводного апарата. До таких характеристик належать: зміна упору гребного гвинта та зусилля на гребному валу при зміні кута потоку, що набігає.

Для отримання необхідних характеристик застосовано методику математичного моделювання плоского руху автономного ненаселеного підводного апарата в системі Simulink. Виконано удосконалення математичної моделі прямолінійного руху апарату доповненням її рівняннями, що дозволяють імітувати роботу рушійно-стернового комплексу «гребний гвинт – поворотна насадка» у скошеному потоці води.

В наслідок зміни кута потоку, що набігає на гребний гвинт, значно змінюються гідродинамічні характеристики РСК.

Так, при перекладанні насадки на кут δ_n симетричність її обтікання потоком рушія порушується, що призводить до появи складової швидкості потоку \vec{U}_n , усереднений напрям якої може бути прийнято перпендикулярним до осі насадки. Тоді, вісь потоку комплексу, відповідно до рівності $\vec{U}_\delta = \vec{U} - \vec{U}_n$, відхиляється від осі гребного валу в ту ж сторону що і насадка на деякий кут δ_c . Цей кут залежить від відносної довжини насадки \bar{l}_n і може бути виражений наступним чином:

$$\delta_c = \theta_n \delta_n = (1 - a_n \delta_n) \delta_n, \quad (1)$$

де $-a_n$ коефіцієнт апроксимації, який для насадок без стабілізатора, визначається за виразом [2]:

$$a_n = 0,04838 - 0,067865 \bar{l}_n + 0,023328 \bar{l}_n^2, \quad (2)$$

Проектування комплексу «гвинт – поворотна насадка» здійснюється виходячи із задоволення одночасно вимог рухомості і керованості апарата. Діаметр гребного гвинта (ГГ), коефіцієнти розширення насадки визначаються з розрахунку рухомості, а відносна довжина і розміри насадки – з вимог керованості. Якщо оптимальна відносна довжина ходової насадки дорівнює 0,55-0.65, то відносну довжину поворотної насадки збільшують до 0.8-1.0 [3]. Конструктивно, комплекс показано на рисунку 1.

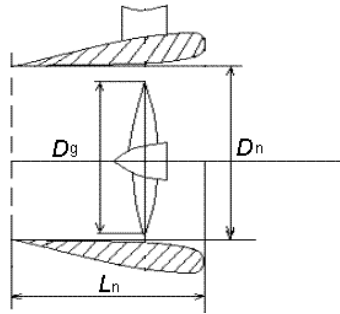


Рисунок 1 – Рушійно-стерновий комплекс «гвинт – поворотна насадка»: D_n – внутрішній діаметр насадки; D_g – діаметр гвинта; L_n – довжина насадки

При перекладанні насадки (рис. 2) упор комплексу \vec{P}_k розкладається на дві складові: реакцію відхиленого на кут δ_c потоку \vec{P}_δ , і додаткову реакцію \vec{R}_δ , що виникає при набіганні частини потоку на відхилений профіль поворотної насадки. Тому [4]:

$$\vec{P}_\delta = \vec{P}_k - \vec{R}_\delta . \quad (3)$$

Проектування рівності (3) на діаметральну та горизонтальну площини (рис.2) дозволяє отримати наступний результат [5, 2]:

$$P_x = P_\delta \cos \delta_c = P_k (1 - \sin^2(\theta_n \delta_n)), \quad (4)$$

$$P_y = P_\delta \sin \delta_c = P_k \sin(\theta_n \delta_n) \cos(\theta_n \delta_n). \quad (5)$$

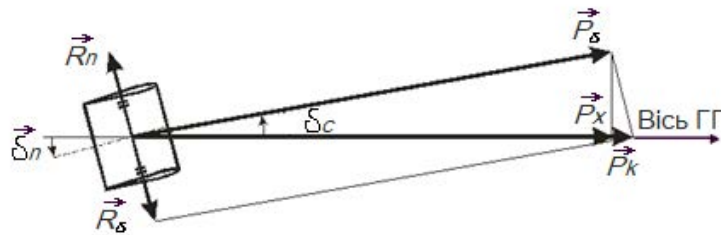


Рисунок 2 – Схема сил, що створюються рушієм під час перекладання насадки

Для перевірки працездатності даної математичної моделі розроблено Simulink-модель та виконано дослідження впливу скошеного потоку води, що набігає на РСК типу «гребний гвинт – поворотна насадка», для АНПА з наступними характеристиками: маса – 60 кг; швидкість ходу – 1 м/с; діаметр гребного гвинта – 160 мм; діаметр поворотної насадки – 166.4 мм; відносна довжина поворотної насадки – 1.0.

На рисунку 3 представлено результат моделювання руху АНПА на плоскій циркуляції з перекладкою насадки на кут 35° .

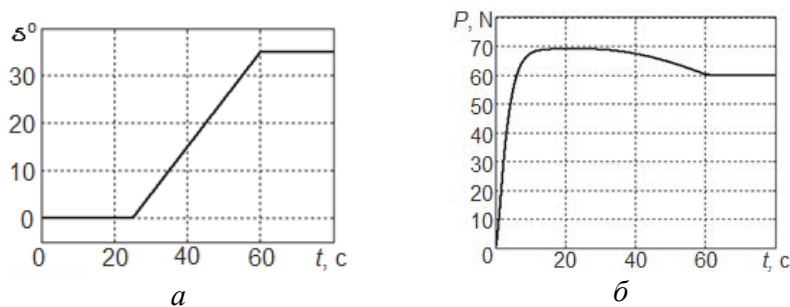


Рисунок 3 – Результати моделювання руху АНПА під час перекладання насадки на кут 35° : а – кут перекладки керма; б – сила упору ГГ

Висновки. Розроблено математичну модель функціонування рушійно-стернового комплексу АНПА типу «гребний гвинт – поворотна насадка» у скошеному потоці, що набігає, та досліджено в системі Simulink зміну його силових характеристик на плоскій циркуляції АНПА в горизонтальній площині.

Встановлено, що упор рушійно-стернового комплексу АНПА типу «гребний гвинт – поворотна насадка» у скошеному потоці, що набігає, є нелінійною залежністю від кута набігання потоку води та швидкості руху АНПА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бражко А.С. Король, Ю.М. (2013). Моделирование работы гребного винта в насадке в косом набегающем потоке. Збірник наукових праць НУК, 1, 12-16.
2. Бажанкин Ю.В. (2011). Анализ взаимодействия гребного винта с рулевым органом судна. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта, 29, 11-15.
3. European Project MORPH: next generation of underwater robotics for ocean exploration tested in the Azores. Retrieved from: <http://vicorob.udg.edu/fp7-european-project-morph-next-generation-of-underwater-robotics-for-ocean-exploration-tested-in-the-azores/>
4. Блінцов С.В., Грудініна, Г.С. (2008). Застосування математичної моделі руху для побудови оптимальної за швидкістю системи керування для компенсації зовнішніх збурень. Збірник наукових праць НУК, 3, 77-83.
5. Алоба Л.Т., Блінцов С.В. Грудініна Г.С. (2017). Математичне моделювання динаміки автономного підводного апарата на плоскій циркуляції. Збірник наукових праць НУК, 4, 53-60.

СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АНПА КАК АГЕНТОМ ГРУППЫ

Алоба Л.Т.

Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова
(Украина)

Введение. В современных условиях, роль и значение группового управления автономным необитаемым подводными аппаратами (АНПА) постоянно возрастают. Одной из основных проблем создания систем группового управления АНПА для решения современных задачи исследования морских пространств является разработка высокоэффективных систем автоматического управления групповым переходом (САУ-ГП). В морской глубине постоянно возникают факторы, которые невозможно предвидеть при разработке программы исследования. Поэтому САУ-ГП АНПА должны быть адаптивными и достаточно умными, и каждый АНПА [1], использовался многоагентный подход чтобы адаптировать уровень автоматизации к изменениям в периферийных ситуациях и для обеспечения согласованного группового движения.

Постановка задачи. В данной статье выполнено исследование по созданию интеллектуальной САУ-ГП СГД АНПА как агентом группы, движущихся в непосредственной близости друг к другу, в режиме ГП, в частности реализации алгоритмов адгезии и когезии.

Результаты. Моделирование навигации АНПА в прибрежных и морских условиях окружающей среды вместе с приемлемыми данными датчиков является основным требованием в разработке эффективных алгоритмов управления. Для оценки степени угрозы столкновений между агентами группы АНПА предлагается строить в составе трех специальных блоков: модель навигационной обстановки (МНО) вокруг соответствующего АНПА и идентификатор навигационных угроз (ИНУ) который вычисляет навигационных угроз для АНПА и, собственно, блока САУ одиночным АНПА, выполняющим переход в составе группы аппаратов.

Как показано на рис. 1, инициализация АНПА - (введение задания на ГП $\{\vartheta_c, \varphi_c, h_c\}$) и опрос длительности завершения миссии ГП и координат места АНПА $\{T_{дл}; (\gamma_k, \lambda_k)\}$ в любое время миссии являются первым шагом.

Данные значения подаются в МНО, который состоит из СВС и вычислитель производных (ВП). Здесь опрос, программное сравнение и вывод ϑ и φ а затем последовательно давать опрос СВС, для точной навигационной системы и локализации, определения местоположений, отслеживания пути, руководства и управления для обеспечения определения координата по принципу счисления пути дистанции X и вычисление производные dX/dt АНПА-соседей и передача этой информации в ИВУ.

Данные программные значения для обеспечения определения координата по принципу счисления пути дистанции X и вычисление производные dX/dt АНПА-соседей с выхода МНО и подаются в ИНУ. В ИВУ определяется степень опасности выявленной навигационной угрозы. Для начального случая нет АНПА-соседей, который может создать угрозы, поскольку на выходе ИНУ нет предупреждения угроз, и затем не срабатывает. ГП действует разными условиями $u1$:

- X1 – когда все хорошо и нет АНПА-соседей, или угрозы и АНПА движется по заданным скорости и курсу
- X2 – при ошибке курса будет вычисление сигналов управления φ
- X3 – при ошибке скорости будет вычисление сигналов управления ϑ

- X4 – при одночасному появленні помилок курсу і швидкості буде обчислення сигналів управління φ і ϑ

- X5 – з урахуванням АНПА-сусіди, коли АНПА-сусід виявлений, ІНУ спрацьовує і буде попередження прогрози. ГП регулює на основі позиції АНПА-сусіди що діють двома способами/

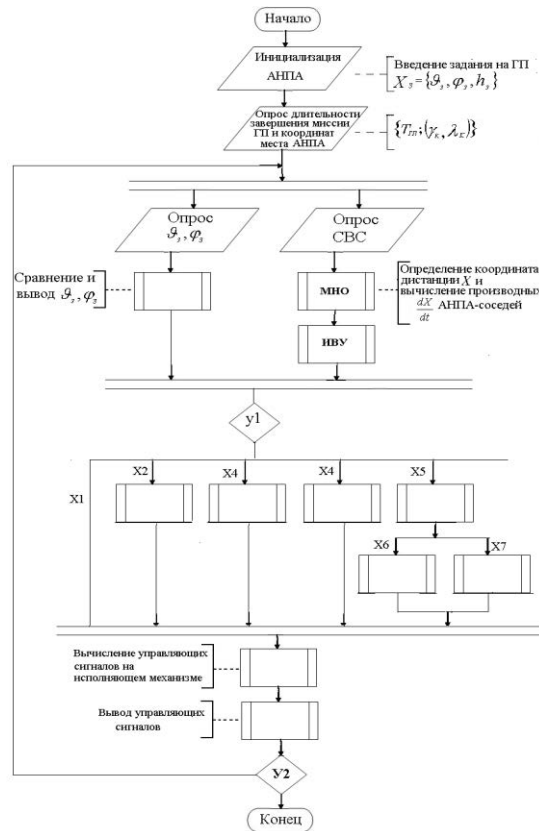


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма нечеткой логики блока моделирования навигационной обстановки для АНПА как агента группы

При условии X6, когда АНПА-сосед находится в рабочей зоне, но очень близко к АНПА (в пределах расстояния, то есть в опасной зоне), что может вызвать столкновение. Регулятор нечеткой логики (РНЛ), описывает протокол управления с помощью правил “Если-тогда”, таких как «если расстояние очень близко к АНПА-соседу. Сигнал будет отправлен в САУ-ГП, который будет работать над программой, и подает на исполнительный механизм системы АНПА, что осуществляет управление движительно-рулевым комплексом (ДРК) АНПА, который обеспечивает его движение в заданном направлении и маневрирует АНПА отодвинуться от АНПА-соседа, чтобы избежать столкновения на основе нечетких правил. Этим процессом называется адгезия.

При условии X6, когда АНПА-сосед движется в рабочей зоне АНПА, но далеко от него, т.е. удаляется от рабочей зоны. Система нечеткого регулятора вырабатывает управляющий сигнал в соответствии с выбранным алгоритмом регулирования в САУ-ГП, которая будет работать над программой, а затем АНПА приблизится к АНПА-соседу, чтобы поддерживать целостность системы, чтобы не потерять связь, которая повлияет на группу. Эта система называется когезией.

Вычисление управляющих сигналов всех случаев в условиях на исполнительный механизм, а затем вывод управляющих сигналов

Будет обработка данных процесса и после этого и при условии y2, если АНПА все еще имеет рабочее время ГП, $T_{гп}$ и выполняя задания, система продолжает, как и выше

постоянно в цикл. В конце данного рабочего времени рабочее время ГП, $T_{гп}$, когда АНПА больше не будет выполнять никаких задач, миссия будет завершена.

Блок САУ, целесообразно синтезировать с использованием методов нечеткой логики [2,3] как наиболее просто реализующих условия безопасного группового движения. Применение нечеткого САУ-ГП для этих целей требует лишь использования небольшого количества локальных правил, которые связывают требуемую скорость движения АНПА, а также угловое отклонение и угловую скорость АНПА [4].

Предполагая, что идёт миссия группы АНПА в рамках наблюдения, слежения или поиска затонувших объектов при развёртывании АНПА. Будет сделан синтез одного АНПА как агент группы. Вокруг этого АНПА находятся соседние АНПА, которые могут вызвать угрозу для него, поскольку они могут приближаться к нему, и во избежание столкновения, ему приходится маневрировать вправо или влево в зависимости от стороны, на которой появляются соседи или препятствия.

Самый близкий из соседей - АНПА показывает угрозу АНПА и будет, имеет дела с соседом - АНПА первым и поэтому игнорировать другие. То же самое, применимое ко всем обнаруженным соседям слева, носа и кармы, то есть сигнал в S_1 , будет передан в ВП как в (рис. 2).

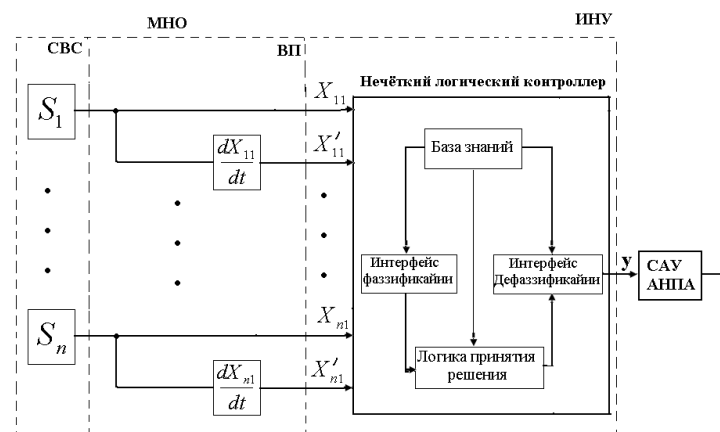


Рисунок 2 – Блок моделирования навигационной обстановки АНПА как агентом группы: МНО – модель навигационной обстановки, СВС – сенсоры внешней среды, ВП – модуль вычисления производных ИНУ – идентификации навигационных угроз.

СВС также критерий коэффициент изменения расстояний $\left(\frac{dX_{11}}{dt}, \dots, \frac{dX_{41}}{dt} \right)$ относительно АНПА, которому даст сближение и удаление.

АНПА (агент) оборудуется на корпусе навигационными сенсорами внешней среды (СВС) в количестве n , где $4 \leq n \leq 12$.

Если все аппараты действуют в плоскости, x_i - расстояние от АНПА до соседнего по курсу i ; x_{min} - минимально возможная безопасная дистанция до соседнего АНПА, x_{max} - максимально допустимая дистанция до соседнего АНПА:

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

$$\text{когезия когда } A_{GC} = \{x_i \leq x_{max} \mid i=1, \dots, S\}, \quad (2)$$

$$\text{и адгезия когда } A_{GA} = \{x_i \geq x_{min} \mid i=1, \dots, S\}, \quad (3)$$

Синтез блоков основан на нечеткой логической системе, которая состоит из точных входов, точных выходов и нечетких правил. Предложен синтез для определения расстояний между АНПА-соседями и производными, таким образом, настраивать систему и маневрировать избегание столкновений между соседними АНПА во время операций.

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

$$\begin{aligned} S1 &\Rightarrow \inf \{X_{11}, X_{12}, X_{13}, \dots X_{1n}\} = X_{11} \\ S2 &\Rightarrow \inf \{X_{21}, X_{22}, X_{23}, \dots X_{2n}\} = X_{21} \\ S3 &\Rightarrow \inf \{X_{31}, X_{32}, X_{33}, \dots X_{3n}\} = X_{31} \\ S2 &\Rightarrow \inf \{X_{41}, X_{42}, X_{43}, \dots X_{4n}\} = X_{41} \end{aligned}$$

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

В дальнейшем система управления будет реализована на базе нечетких регуляторов типа Мамдани с дефазификацией управляющей переменной методом центра тяжести и в системе Simulink будет проведена симуляция работы АНПА.

Выводы. Синтезирована интеллектуальная система автоматического управления АНПА как агентом группы подводных аппаратов-роботов, движущихся в непосредственной близости друг к другу, в режиме группового перехода.

Моделировано согласованное групповое движение АНПА.

Был предложен синтез для определения расстояний между аппаратами и производными расстояний, таким образом настраивать систему и маневрировать избегание столкновений между соседними аппаратами во время операций.

Составлена блок-схема алгоритма нечеткой логики блока моделирования навигационной обстановки для АНПА как агента группы

ЛИТЕРАТУРА

1. Блинцов В.С., Алоба Л.Т., Тхы Д.Ф. Современные задачи группового управления движением автономных необитаемых подводных аппаратов / Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв НУК. – 2016. – 3(465). – С. 91-99.
2. Hao Ying, Fuzzy Control and Modeling: Analytical Foundations and Applications, Wiley-IEEE Press, 2000, ISBN: 9780470544730, URL: <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?bknumber=5263877>.
3. Girish Lakhekar, L.M. Waghmare. Dynamic Fuzzy Sliding Mode Control of Underwater Vehicles. Nov 2015. https://www.researchgate.net/publication/282318226_Dynamic_Fuzzy_Sliding_Mode_Control_of_Underwater_Vehicles.
4. Distance Keeping for Underwater Vehicles – Tuning Kalman Filters Using Self-Oscillations https://bib.irb.hr/datoteka/412520.Miskovic_et_al_OCEANS09_final_paper.pdf.

ЩОДО СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ РОБОТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ НАДВОДНОЇ ТА ПІДВОДНОЇ ОБСТАНОВКИ У ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ВОДАХ УКРАЇНИ

Блінцов В.С., Куценко П.С.

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

Майданюк П.В.

*Управління Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України в
Миколаївській області
(Україна)*

Соколов В.В.

*Державне підприємство «Виробниче об'єднання Південний машинобудівний завод імені О.М.
Макарова»
(Україна)*

Вступ. Територіальні води України активно використовуються всіма видами водного транспорту, на українському шельфі проводиться активна видобувна діяльність, прибережні акваторії широко використовуються в рекреаційних цілях [1]. Таке антропогенне навантаження на територіальні води держави вимагає розробки і вжиття заходів щодо спостереження за їх екологічним станом та за використанням у встановлений законами України спосіб.

Крім того, у територіальних водах України розташована велика кількість об'єктів морської критичної інфраструктури - морські видобувні газоконденсатні платформи, морські та річкові порти та технічні засоби їх навігаційного забезпечення тощо. Ці та інші об'єкти потребують постійного контролю за їх технічним станом та станом навколишнього водного та повітряного середовища.

Очевидно, що сучасний розвиток морських та інформаційних технологій дає змогу створювати дистанційні та, зокрема, роботизовані технічні системи для організації такого моніторингу.

Актуальність досліджень. На цей час розвиток інформаційних технологій та технічних засобів збору, обробки й передачі інформації дає змогу будувати розгалужені за структурою та довготривалі за часом системи спостереження за морським середовищем [2]. При цьому існує необхідність спостереження одночасно за надводною і повітряною морською обстановкою, за підводною обстановкою та на обстановкою на морському дні. Магістральним шляхом розв'язку такого завдання є розробка і створення інтегрованої системи моніторингу обстановки у вказаних середовищах, яка б спиралась на сучасні досягнення у галузях морської робототехніки та інформаційних технологій. Створення такої інтегрованої системи вимагає об'єднання зусиль науковців з багатьох галузей знань та є завданням загальнодержавного значення.

Постановка задачі. Для організації інформаційних каналів, які б забезпечували стеження за морською надводною і підводною обстановкою у реальному часі, необхідно побудувати систему стаціонарних і рухомих сенсорів повітряної, надводної та підводної навігаційної обстановки, сенсорів гідрофізичних та гідрохімічних параметрів водного та повітряного середовища, а також створити систему оперативної комунікації з центром обробки вказаної інформації, що б шляхом інтеграції інформаційних та керуючих потоків забезпечила досягнення головної мети системи.

До головних прикладних наукових завдань розробки такої системи слід віднести:

розробку узагальненої структури та складу апаратних і програмних засобів системи;
розробку алгоритмів функціонування системи у нормальних та аварійних режимах її роботи;

розробку та обґрунтування вимог до конструктивних параметрів та експлуатаційних характеристик основних робототехнічних складових системи.

Результати досліджень. Структура апаратної частини інтегрованої системи роботизованого моніторингу морської обстановки пропонується у вигляді наступних складових:

підсистема стаціонарних надводних і підводних вузлів спостереження за морською обстановкою (стаціонарні агенти інтегрованої системи);

підсистема мобільних роботизованих платформ як носіїв сенсорів повітряної, надводної та підводної навігаційної обстановки, сенсорів гідрофізичних та гідрохімічних параметрів водного та повітряного середовища (рухомі агенти інтегрованої системи);

підсистема прийому та обробки даних, архівації та використання отримуваної інформації (наземний стаціонарний та/чи мобільний центр управління);

підсистема забезпечення радіо- та/чи супутникового зв'язку між стаціонарними і мобільними агентами системи та стаціонарним і мобільним її центрами управління;

підсистема оперативного керування стаціонарними і мобільними агентами інтегрованої системи.

До стаціонарних агентів інтегрованої системи пропонується включити стаціонарно встановлені на морському дні гідроакустичні станції та радіогідроакустичні буї, оснащені акустичними, гідрофізичними та гідрохімічними сенсорами водного середовища.

До надводних рухомих агентів інтегрованої системи пропонується включити безпілотні літальні апарати (БПЛА - літаки, гелікоптери та дирижаблі), за допомогою яких можна забезпечувати спостереження за повіреною та морською надводною обстановкою в оптичному та радіолокаційному діапазонах, а також забезпечувати радіозв'язок стаціонарних та мобільних агентів системи зі стаціонарним і мобільним центрами управління інтегрованої системи.

До підводних рухомих агентів інтегрованої системи пропонується включити безекіпажні автономні та прив'язні (телекеровані самохідні та буксировані) підводні апарати, за допомогою яких забезпечується оперативний збір даних про підводну обстановку на великих за площею акваторіях та обстеження у реальному час підводних об'єктів, які утворюють загрозу навколишньому морському середовищу, судноплавству тощо). Крім того, до складу агентів цієї групи слід віднести дрейфуючі автономні підводні радіогідроакустичні буї, які оперативно можуть доставлятися у задану точку морської акваторії для виявлення джерел гідроакустичних шумів та встановлення їх координат.

До підсистеми забезпечення радіо- та/чи супутникового зв'язку між стаціонарними і мобільними агентами системи та стаціонарним і мобільним її центрами управління, додатково до вимог щодо необхідної надійності та пропускну здатності, висуваються жорсткі вимоги до криптографічного та технічного захисту інформаційних каналів [3].

До складу наземного стаціонарного центру управління інтегрованої системи належить приймально-передавальна апаратура (для комунікації з агентами та керування ними) та апаратно-програмні засоби для документування отримуваної інформації, її обробки та архівації, а також для генерування прогнозованої інформації щодо трендів загроз у територіальних водах держави.

Мобільний центр управління інтегрованою системою моніторингу морської обстановки може бути розташований на судні чи на літаку і призначений для її функціонування за призначенням в екстремальних умовах експлуатації (масштабна екологічна катастрофа тощо). До його складу входять приймально-передавальна апаратура (мобільний варіант) для оперативного прийому інформації та передачі керуючих впливів на агенти системи та апаратно-програмні засоби (мобільний варіант) для генерування

оперативних управлінських рішень щодо ліквідації загроз, які виникли у територіальних водах держави.

Важливою для ефективного застосування та наукоємною для реалізації є підсистема оперативного керування стаціонарними і мобільними агентами інтегрованої системи. Це обумовлено високими вимогами до якості та достовірності інформації, яка передається до центру управління системи.

До стаціонарних агентів вітчизняного виробництва, у першу чергу, слід віднести автономні радіогідроакустичні станції [4], а до дрейфуючих - спеціальні радіогідроакустичні буї [5]. Наукова складова у створенні систем автоматичного керування такими агентами інтегрованої системи роботизованого моніторингу полягає у синтезі спеціальних підводних роботизованих засобів для їх доставки у задану точку морської акваторії (автономні радіогідроакустичні станції) та розробці систем автоматичної стабілізації на заданій глибині (дрейфуючі радіогідроакустичні буї).

До мобільних агентів вітчизняного виробництва віднесемо телекеровані самохідні та буксировані підводні апарати-роботи, які дають змогу виконувати оперативний гідроакустичний та відеопошук підводних об'єктів на значних за площею акваторіях та детальне їх відео-, фото- та приладове обстеження [6]. Наукова складова при створенні таких агентів інтегрованої системи роботизованого моніторингу полягає у необхідності синтезу високоточних регуляторів та інтелектуальних систем автоматичного керування їх просторовим рухом, що необхідно для отримання достовірної інформації про підводну обстановку [7].

Зовнішній вигляд вказаних типів мобільних агентів вітчизняного виробництва наведено на рис. 1.

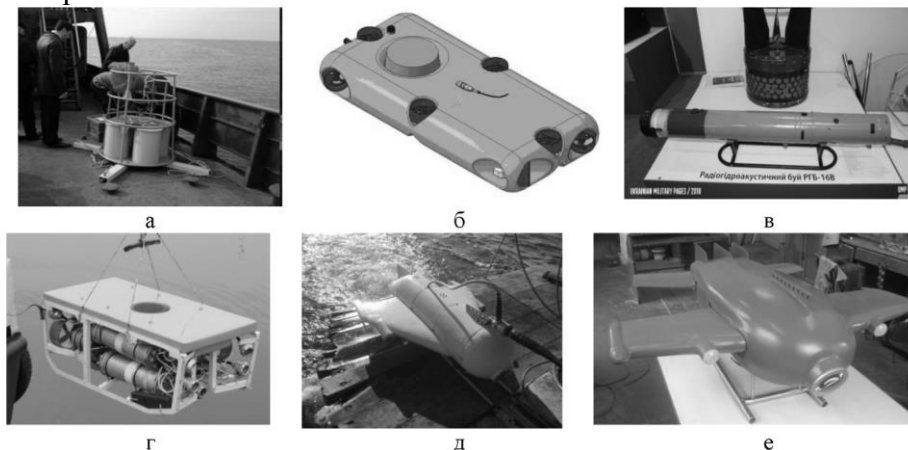


Рисунок 1 – Вітчизняні стаціонарні та мобільні агенти інтегрованої системи моніторингу морської обстановки: а, б - відповідно, автономна радіогідроакустична станція «Олімп» та підводний апарат-робот «ВСПН» для її установки на морське дно; в - радіогідроакустичний буй РГБ-16В; г - телекерований самохідний підводний апарат «Гідрограф»; д - буксировані підводні апарати «Глайдер» і «Глайдер-2»

У доповіді наводяться результати аналізу режимів роботи інтегрованої системи роботизованого моніторингу надводної та підводної обстановки у територіальних водах України, обговорюються алгоритми функціонування системи у нормальних та аварійних режимах її роботи, а також розглядаються питання управління проектами створення систем контролю доступу на акваторії, де розташовані об'єкти морської критичної інфраструктури.

Висновки. Впровадження інтегрованої системи роботизованого моніторингу надводної та підводної обстановки забезпечить оперативний контроль за екологічним станом територіальних вод України, захист життя людей, підтримку системи оборони та безпеки на морі, вимірювання та прогноз змін навколишнього водного середовища,

ефективне використання його мінеральних ресурсів, дасть змогу відстежувати зміни клімату тощо.

Вітчизняні засоби роботизованого моніторингу морської обстановки можуть бути використані як базове обладнання при розробці пілотного проекту загальнодержавного значення, першочерговими завданнями якого мають бути завдання природоохоронного та оборонного призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Винников В.В. Проблемы комплексного развития морского транспорта Украины: Монография. - Одесса: ОНМА, 2005. - 300 с.
2. Marine Monitoring Systems. Understand your complete environment. <http://axystechologies.com/wp-content/uploads/2016/08/AXYS-Marine-Systems-Overview-Brochure.pdf>
3. Blintsov, O. Development of informationally-protected System of Marine Water Area Monitoring [Text] / O. Blintsov, P. Maidaniuk // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017. - №6/9(90). - P. 10-16. doi: 10.15587/1729-4061.2017.118851
4. Блінцов, В.С. Підводна роботизована технологія установки корисного вантажу на морське дно [Текст] / В.С. Блінцов, А.М. Войтасик // Міжнародний науково- виробничий журнал «Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія» - К.: КНУБА №4, 2016. - С. 50-59.
5. Українська розробка - радіогідроакустична система «Ятрань» для виявлення підводних рухомих об'єктів. <https://myrotvorets.news/ukrainska-rozrobka-radiohidroakus/> (Назва з екрану).
6. Управління успішними проектами створення складної техніки: Монографія / Г. В. Бабкін, В. С. Блінцов, С. А. Дружинін, С. Г. Кійко, Н. Р. Книрик, К. В. Кошкін, Д. М. Крицький, С. С. Рижков, С. О. Слободян, Т. А. Фаріонова. – Миколаїв: Видавництво Торубари В. В., 2017. – 336 с.
7. Blintsov, O. Devising a method for maintaining manageability at multidimensional automated control of tethered underwater vehicle. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, Vol. 1/9, Pp. 4-16, doi: 10.15587/1729-4061.2017.93291

АЛГОРИТМІЧНІ МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ЗОРОВОГО ОБРАЗУ ОТОЧУЮЧОЇ ОБСТАНОВКИ В ІНТЕГРОВАНІХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ

Васюхін М.І., Касім А.М.

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України
(Україна)*

Бень А.П.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Однією з проблем при створенні інтегрованих геоінформаційних систем реального часу (ІГІС РЧ) залишається адекватний синтез структури цифрового образу динамічної оточуючої обстановки у різних сегментах простору, в яких контролюється рух різнотипних об'єктів. Такі системи придатні для застосування в авіації, точному землеробстві, судноплавстві, оборонній сфері, управлінні супутниками та ін.

Головною задачею ІГІС РЧ є відображення на картографічному фоні зображень ідентифікованих рухомих об'єктів за вхідним потоком навігаційних даних [1-10]. До таких об'єктів можна віднести безпілотні та пілотовані літаки цивільної авіації [1-3, 5-7], що летять за своїми коридорами, космічні апарати, які рухаються відомими орбітами, машинно-тракторні агрегати прецизійного землеробства з функцією паралельного водіння [2, 8], судна морського флоту тощо [2, 9]. Як правило, маршрути цих об'єктів визначено заздалегідь, на відміну від військових мобільних об'єктів, рух яких не обмежується наперед встановленою траєкторією.

В рамках функціонування ІГІС РЧ кожен з цих об'єктів подає певний кодовий сигнал, наприклад, «Я свій літак», за яким можна визначити його координати і вивести на фоні електронної карти асоційоване з ним зображення у вигляді складного ідентифікаційного символу, що вказує тип об'єкта.

Актуальність досліджень. В морському судноводінні найбільш складною задачею є точне управління судном, наприклад, в процесі перекачування нафти зі свердловини, що знаходиться в морі. Причому точність керування і, відповідно, руху за траєкторією залежить від системи динамічного позиціонування, яка входить до складу ІГІС РЧ.

Виконання морських операцій по швартовці суден в порту, на відкритих рейдах та їх відшвартовка супроводжується дією параметричних збуджень. Для збереження високих експлуатаційних характеристик системи за умов впливу зовнішніх параметрів необхідно використати підхід, який ґрунтується на впровадженні навігаційних пристроїв підтримки прийняття рішення при маневруванні.

В роботах [1, 4] для організації процесу відображення оточуючої рухомі об'єкти обстановки пропонується метод реперних точок на прикладі системи проведення урядових кортежів по міських магістралях. Сутність цього методу полягає у реалізації процедур динамічного відображення символів наземних рухомих об'єктів, траєкторія яких формується за так званими «реперними» точками. На електронній карті заданого масштабу такими точками можуть бути центри місць дислокації певних об'єктів, точки перетину доріг, контрольні пункти та ін.

Відповідно до змісту методу реперних точок зміна напрямку руху символу об'єкта здійснюється з прив'язкою до заданих вузлів траєкторії, а список номерів усіх вузлів та відповідні адреси екрану (індивідуального або колективного користування) попередньо заносяться в пам'ять регенерації.

В основу зазначеного методу покладено принцип організації процесу введення-виведення динамічної інформації шляхом встановлення на фоні електронної карти не жорстких маршрутів у вигляді неперервних фрагментів траєкторії зі скінченною множиною точок, а задання тільки вузлових точок цієї траєкторії замість досить великої кількості операцій послідовного введення даних кожної точки запланованого маршруту. Перевагою методу є те, що при заздалегідь визначених вузлах маршрутів є можливість внести їх відразу в пам'ять регенерації, тобто апіорі нанести на карту окремим шаром.

Раніше орієнтація та переорієнтація символу у вузловій точці здійснювалась за методом базових матриць [1, 5], згідно з яким вибиралось 16 положень символу для визначення його приблизної орієнтації. На той час така цифра була пов'язана з тим фактом, що людина практично не розрізняє напрямку повороту в середньому нижче 11,5 градусів, в чому вбачався вихід для економії обчислювальних ресурсів, зокрема, постійної та оперативної пам'яті. Виходячи з цього, всі напрямки руху, що потрапляли в кутовий сегмент, утворений на основі кута основного напрямку з зсувом в межах $\pm 11,25$ градусів, прирівнювалися до основного напрямку.

Вважаючи, що напрямку руху символу об'єкта може відповідати одному з 16 напрямків, обчислювалось значення кута поточного напрямку за правилом: якщо величина азимута потрапляла в сегмент, обмежений променями 11,25 градусів за і проти годинникової стрілки від одного з обраних основних напрямків, то зображення символу орієнтувалося за цим обраним напрямком [1, 3].

Однак, такий підхід, маючи відхилення від справжньої орієнтації, дає невелику похибку у точності візуалізації обстановки при використанні дрібно- та середньомасштабних карт, що частково задовольняє вимоги, але є неприпустимим для високоточних систем. Крім того, обмежена кількість орієнтованих зображень символу негативно впливала на плавність його повороту.

Ключовим питанням при реалізації повороту зображення символу є визначення координат вузла, навколо якого цей поворот має здійснюватись. Стосовно до морського судна, що реалізує криволінійний рух, такий вузол моряки-практики називають полюсом повороту (ПП) [9]. Полюс повороту – точка на лінії *діаметральної площини* (ДП) в межах судна або за його межами, навколо якої відбувається обертання корпусу. Вона має визначальне значення для оцінки ширини смуги, що займає судно. Тому постає питання розрахунку її реального положення, щоб адекватно відобразити зміни обстановки на екрані оператора ІГІС РЧ.

Проведений аналіз існуючих в цій сфері алгоритмічних та програмно-апаратних засобів, а також оцінка наукових досліджень вітчизняних та зарубіжних дослідників стосовно визначення ПП дозволяє зробити наступні висновки:

- наведено змістовні моделі оцінки стану ПП, отримані на підставі особистого виробничого досвіду виконання практичного маневрування, однак формалізацію змістовних моделей не зроблено;

- вдосконалено алгоритми розрахунку положення ПП при декількох поперечних силах і отримано формалізовану модель розрахунку його положення з індикацією судноводів на контурі ватерлінії;

- наведено формули розрахунку положення ПП при маневруванні у вузьких проходах при різній ширині займаної смуги руху, однак алгоритми розрахунку абсциси ПП не розроблені;

- зазначено, що положення абсциси ПП можна визначати за тангенціальними швидкостями носа і корми при наявності датчиків векторів швидкості в цих точках, але не запропоновано методик проведення такого розрахунку.

Постановка задачі. В роботі поставлено за мету адаптувати метод реперних точок до відображення як наземної обстановки в суміжних областях застосування, так і морської

та повітряної обстановки для підвищення рівня прийняття рішень оператором ІГІС РЧ, обравши в якості вузлових точок, відповідно, відмітки глибин або позначки висот.

Результати досліджень. Існує два види руху тіл: поступальний, при якому всі точки тіла рухаються паралельними траєкторіями і мають однакову швидкість, та обертальний, коли точки тіла мають різну швидкість, і існує така точка, швидкість якої дорівнює нулю, яка інтерпретується як полюс повороту [9].

Знання того, де знаходиться ПП, надзвичайно важливе для судноводія при маневруванні в обмежених умовах, оскільки геометричні розміри судна співвідносні з акваторією для маневрування, відстанями до небезпек і знаків навігаційного обрамлення. У більшості випадків при такому маневруванні судна судноводій вдаються до окомірної оцінки ситуації руху і формують керуючі дії інтуїтивно, що вимагає наявності великого досвіду управління судном і доброї морської практики [9]. Використовуючи інформацію блоку СППР в складі ІГІС РЧ про розташування ПП судна, судноводій зможе керувати процесом руху судна більш точно і безаварійно.

На екрані оператора ІГІС РЧ координати ПП мають співпадати з відповідними вузловими точками, якими задається апріорна траєкторія руху.

Контроль правильності відображення руху в околі вузлових точок визначається розбіжністю реальних (фактичних, наданих датчиками) і розрахункових координат об'єктів. Координати вузлових точок пов'язані також з пам'яттю регенерації і координатами екрану [4-7], тому візуалізація динаміки символу здійснюється шляхом введення масиву вузлових точок з подальшою його заміною списком відповідних адрес точок екрану.

В рамках ІГІС РЧ виведення множини символів рухомих об'єктів на екран запропоновано здійснювати наступним чином. Для відображення декількох динамічних символів на екрані оператора створюється запит до бази даних, що містить масив зображень символів, кожен з яких закріплений за визначеним маршрутом. База даних про маршрути об'єктів, що складається з масиву ламаних ліній, які, в свою чергу, задаються послідовністю координат ланок ламаних (x_i, y_i) і швидкістю v_i на кожній з ділянок ламаної, взаємодіє з базою даних символів щоразу під час формування динамічної сцени оточуючої обстановки [4].

Для реалізації руху кожного символу, що бере участь в динамічній сцені, його координатам присвоюється нове значення $(x + v_{i,x}, y + v_{i,y})$, з урахування швидкості переміщення реального об'єкта у просторі. Одночасно з виведенням символу за новими координатами в місцевизначеній ділянці карти відбувається «стирання» попереднього зображення символу шляхом відновлення заздалегідь збереженої ділянки картографічного фону з буферу. Виконання цих операцій займає час, що дорівнює 20 мс.

Нижче у вигляді псевдокоду пропонується алгоритм зображення дискретних рухів символів між вузловими точками траєкторії:

Введення даних за маршрутами: координати ланок, обмежених вузловими точками, і поточні швидкості руху по кожній заданій траєкторії.

Зіставлення кожного маршруту по символу, яке полягає в логічному зв'язуванні номеру маршруту з вилученим з бази даних зображенням символу.

Обчислення частот (зі збереженням їхніх значень в окремих змінних) як величин, обернено пропорційних складовим вектора швидкості по осях X та Y : $k_x = v_x^{-1}$; $k_y = v_y^{-1}$.

Обнуління змінних, що відповідають за положення символу: $x=0$; $y=0$.

Цикл за маршрутами:

Інкрементування змінних циклу: $I=I+1$; $J=J+1$.

ЯКЩО $I > k_x$ ТО $I=0$; $x=x+1$ ІНАКШЕ перехід до п. 6.

ЯКЩО $J > k_y$ ТО $J=0$; $y=y+1$ ІНАКШЕ перехід до п. 6.

Виведення символу на екран за поточними координатами (x, y) .

Видалення попереднього зображення символу.

В наведеному алгоритмі переміщення визначеної кількості символів на екрані для збільшення плавності руху символів обчислюється кількість змін кадру (кроків) k_x , k_y (одна процедура зміни кадру відбувається за 20 мс). Далі слідує перевірка умов виконання нерівностей: $k_x v_{ix} > 1$, $k_y v_{iy} > 1$. Через k_x змін кадру відносно осі X виконується присвоєння $x = x + 1$, а через k_y кроків відносно осі Y відбувається зміна ординати на 1 піксель: $y = y + 1$. Потім одна за одною викликаються процедури стирання попереднього зображення символу і виведення нового зображення за розрахованими координатами.

Вказаний алгоритмічний метод виявився зручним у використанні в динамічній сцені оточуючої обстановки з великою кількістю символів, представлених складними зображеннями [7]. Однак закладений в ньому алгоритм не забезпечує здійснення повороту зображення символу, а також не передбачає паралельне виконання операцій формування, виведення, обробки і аналізу картографічних даних [10].

Тому пропонується метод відображення лінійно-обертального переміщення складного символу за вузловими точками траєкторії, представленого в блоці символної пам'яті повним набором матриць орієнтованих зображень. Згідно з цим методом рух символу заданого динамічного об'єкта починається із завдання початкової точки траєкторії, зчитаної з масиву координат вузлів. З прив'язкою до першого вузла у відведеному буфері запам'ятовується двомірний масив пікселів, що описує ділянку картографічного фону, яка на наступному кроці покриватиметься зорієнтованим у визначеному напрямку зображенням символу.

Після цієї процедури у розрахованому місці карти відтворюється зображення символу з орієнтацією, яка відповідає напрямку руху по ділянці траєкторії від першого до другого вузла. Далі зчитуються наступні координати об'єкта, що містяться у повідомленнях радіолокаційних або супутникових навігаційних систем, і розраховується кількість кроків до точки, представлені цими координатами, після чого викликається процедура відновлення ділянки картографічного фону в звільненому від символу місці, а потім пересилається у буфер двомірний масив пікселів наступної ділянки картографічного фону, що відповідає новому місцеположенню символу.

Аналогічні дії повторюються ітераційно для кожного наступного вузла траєкторії доти, поки не буде досягнуто фінішний вузол.

Аналіз алгоритму перерахунку світових координат в екранні та динаміки зміни курсу судна при маневруванні показує, що помилка перерахунку координат не залишається постійною. Вона змінюється залежно від місця розташування супутникової антени по відношенню до центру тяжіння (ЦТ), географічних координат і курсу, яким рухається судно.

Координати центра тяжіння (φ_G, λ_G) розраховуються за наданими супутниковою системою даними φ_G та λ_G при курсі K в межах $0^\circ \leq K \leq 90^\circ$, рис. 1, і при умові $\varphi_a \geq 0, \lambda_a \geq 0$, за наступними залежностями:

$$\varphi_G = \varphi_a + \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 = \varphi_a + \Delta\varphi_G \quad \text{та} \quad \lambda_G = \lambda_a - \Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2 = \lambda_a + \Delta\lambda_G, \quad (1)$$

де $\Delta\lambda_1$ – проекція відстані точки прийому антени Ан від діаметральної площини ℓ_y на вісь λ , в милях; $\Delta\lambda_2$ – проекція відстані точки розташування антени ℓ_x від центру тяжіння по ДП на вісь λ , в милях; $\Delta\varphi_1$ – проекція відстані точки прийому антени від діаметральної

площини l_y на вісь φ , в милях; $\Delta\varphi_2$ – проекція відстані точки розташування антени l_x з ЦТ по ДП на вісь φ , в милях; $\Delta\lambda_G$ і $\Delta\varphi_G$ – поправки координат ЦТ.

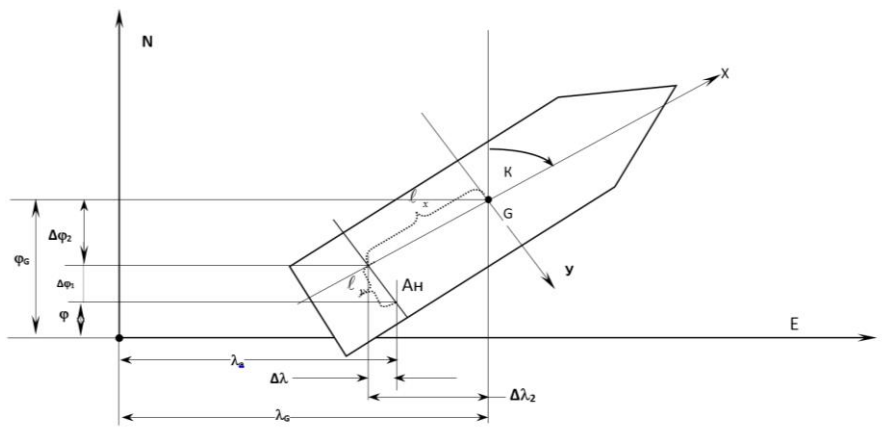


Рисунок 1 – Схема проведення обсервації до центру тяжіння судна

В розгорнутому вигляді рівняння (1) можна записати так:

$$\Delta\lambda_1 = l_y \cdot \cos K ; \Delta\lambda_2 = l_x \cdot \sin K \quad (2)$$

$$\Delta\varphi_1 = l_y \cdot \sin K ; \Delta\varphi_2 = l_x \cdot \cos K \quad (3)$$

Тоді, після підстановки (2) і (3) в (1), отримаємо

$$\lambda_G = \lambda_a - l_y \cdot \cos K + l_x \cdot \sin K \quad (4)$$

$$\varphi_G = \varphi_a + l_y \cdot \sin K + l_x \cdot \cos K \quad (5)$$

Останні залежності використано в програмних засобах синтезу структури зорового образу оточуючої обстановки в інтегрованих геоінформаційних системах реального часу при створенні модуля розрахунку реального полюса повороту судна. До програмного забезпечення підтримки маневрування морського судна, рис. 2, також входять модулі розрахунку координат супутникової антени та перерахунку координат антени на центр ваги.

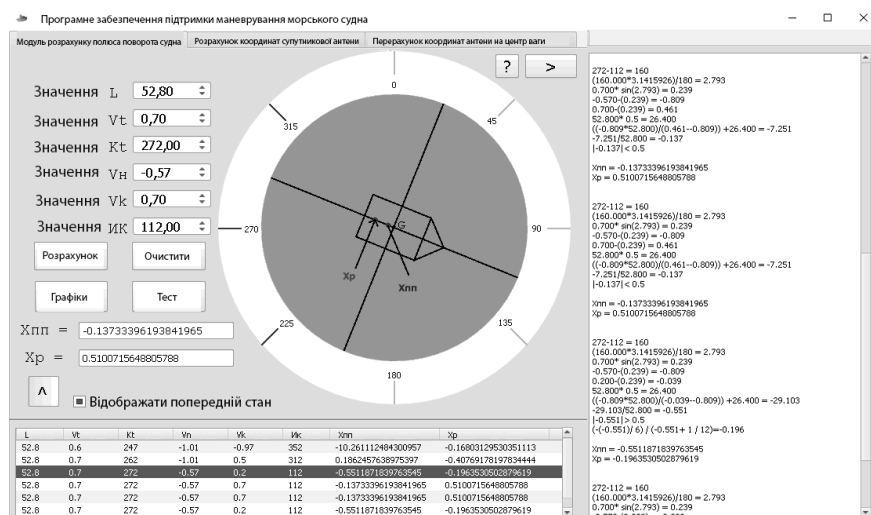


Рисунок 2 – Ілюстрація ітераційного процесу розрахунку абсциси полюса повороту морського судна

На відміну від традиційного оглядово-порівняльного способу управління рухом, який ґрунтується на зоровому сприйнятті оператором пеленгів і відстаней до орієнтирів та прийняття рішень з управління судном на основі виміряних оком значень, створення

високоточних інтелектуальних систем управління рухом суден вимагає знаходження параметрів процесу маневрування методами та засобами сучасних навігаційних пристроїв у складі ІГІС РЧ. Серед таких параметрів є дані про абсцису полюса повороту. Рішенням такої задачі є синтез структури навігаційної системи визначення положення ПП.

Через сформований зоровий цифровий образ оточуючої динамічної обстановки при управлінні судном судноводій має можливість спостерігати у реальному часі за ходом і зміною ситуації та приймати на підставі відображеної інформації адекватні оперативні рішення.

Висновки. 1. Розроблено алгоритмічні методи і пакет прикладних програм синтезу структури зорового образу оточуючої обстановки в інтегрованих геоінформаційних системах реального часу, які сприяють підвищенню рівня інтерпретації сформованої у реальному часі динамічної сцени і, відповідно, рівня сприйняття людиною-оператором оточуючої обстановки, що, у свою чергу, веде до покращення якості прийнятих рішень з дистанційного і бортового управління рухом об'єктів різного просторового базування в будь-якій предметній області.

2. Запропоновано підхід присвоєння координат вузлових точок траєкторії, який в процесі формування динамічної сцени, що містить зоровий цифровий образ оточуючої обстановки, враховує координати тільки вузлових точок опису ділянок заданої траєкторії, закріпленої за кожним асоційованим символом рухомого об'єкта, що дозволяє виключення з обчислювального процесу процедур призначення і збереження координат проміжних точок між вузлами, якими покривається окрема ділянка цієї траєкторії.

3. Реалізовано процедуру покрокового переміщення складних символів рухомих об'єктів на ділянці траєкторії між двома сусідніми вузлами, яка забезпечує плавне лінійне переміщення символу динамічного об'єкта на картографічному фоні обраної ділянки місцевості зі зміною кадру за час 20 мілісекунд.

4. Вдосконалено модель процесу лінійно-обертального переміщення символу морського об'єкта, яка включає обчислення світових координат місцеположення судна та його відображення на картографічному фоні за перетвореними екранними координатами у вузловій точці траєкторії, яка співпадає з полюсом повороту зображення символу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васюхин М.И. Алгоритмические и программно-аппаратные методы и средства построения интерактивных геоинформационных комплексов оперативного взаимодействия: Дис. д-ра техн. наук: 05.13.13 / Институт кибернетики НАН Украины. – К., 2002. – 414 с.

2. Палагін О.В., Васюхін М.І., Касім А.М., Іваник Ю.Ю., Долинний В.В. Методи та засоби побудови динамічних сценаріїв у навігаційних геоінформаційних системах // Перспективи розвитку автоматизованих систем управління військами та геоінформаційних систем: збірник матеріалів науково-практичної конференції (Львів, 29 січня 2015). – Львів: АСВ, 2015. – С. 185–200.

3. Васюхін М.І., Головка Б.Б., Касім А.М. Навігаційно-керувальні геоінформаційні системи реального часу: монографія. – Київ: Видавництво ТОВ «НВП» Інтерсервіс», 2015. – 279 с.

4. Касим А.М. Метод реперных точек в создании динамических сцен // Наукоємні технології: матеріали науково-технічної конференції студентів та молодих учених. – К.: НАУ, 2007 – С. 12.

5. Васюхин М.И., Касим А.М., Капштык О.И. Алгоритмы построения зрительных сцен в аэронавигационных геоинформационных системах реального времени // Управляющие системы и машины. – 2008. – №3(215). – С. 79–84.

6. Касим А.М. Метод организации движения сложного символа на экране геоинформационных аэронавигационных комплексов реального времени // Інженерія

програмного забезпечення '2005: матеріали конференції аспірантів і студентів. – К.: НАУ, 2005. – С. 193–197.

7. Васюхин М.И., Бородин В.А., Касим А.М., Капштык О.И. Метод ускоренного поворота изображений динамических объектов, представляемых в виде сложных символов на экране геоинформационного аэронавигационного комплекса реального времени // АВИА-2007: матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. – К.: НАУ, 2007. – Т.1. – С. 21.28–21.31.

8. Касім М.М. Високоточні методи отримання супутникових навігаційних даних для задач прецизійного водіння / М. М. Касім, М. І. Васюхін, А. М. Касім // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2016. – №1 (14). – С. 299–309.

9. Бень А.П., Паламарчук И.В. Принципы построения систем поддержки принятия решения судоводителя в рамках концепции e-Navigation // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2015. – № 2 (13). – С. 4-9.

10. Васюхин М.И. Средства построения крупномасштабных электронных карт для геоинформационных систем различного назначения / М.И. Васюхин, А.М. Касим, В.В. Долинный, М.М. Касим // Проблеми інформаційних технологій. – №2 (022). – 2017. – С.26–35.

РОЗРОБКА СТРУКТУРИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОСТОРОВОГО РУХУ ВАНТАЖНОГО САМОХІДНОГО ПІДВОДНОГО НОСІЯ З КОРИСНИМ ВАНТАЖЕМ

Войтасик А.М.

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

Вантажний самохідний підводний носій (ВСПН) за допомогою чотирьох горизонтальних та чотирьох вертикальних електрорушійних пристроїв (ЕРП) здатен реалізувати операції доставки, установки, розгортання та згортання корисного вантажу (КВ) на морському дні та забезпечити при цьому стабілізацію власного просторового положення за допомогою баластно-вирівнюючої системи (БВС) [1]. Корпус ВСПН з'єднано з судном-носієм за допомогою кабель-троса (КТ), задачами якого є забезпечення електроживлення носія та його інформаційного обміну з постом енергетики та керування.

В даній роботі в якості КВ було розглянуто систему автономної радіогідроакустичної станції (АРГАС) типу «Олімп-3К». Дана система розподіляється на два модулі, які сполучені між собою за допомогою кабельного зв'язку. Оскільки під час транспортування КВ його застосування не передбачається, пропонується розмістити його в двох вантажних відділеннях, що дозволить захистити вартісне обладнання від пошкодження та зберегти гідродинамічні властивості комплексу «ВСПН – КВ». Система захвату КВ (СЗКВ) реалізує дистанційний захват, утримання та відчеплення КВ [2, 3].

Виходячи з особливостей комплексу «ВСПН – КВ», математичну модель (ММ) його просторового руху пропонується організувати за структурою, яку представлено на рис. 1.

ММ рушійного комплексу (РК) за вектором керуючих впливів \vec{u}_P розраховує вектори керуючих сил \vec{F}_P та моментів \vec{M}_P , дія яких приводить корпус ВСПН до руху [4]. В якості рушійних пристроїв (РП) використано модель гребного гвинта, упор якого залежить від швидкостей поступальних рухів ВСПН, що враховується зворотним зв'язком у вигляді вектора \vec{V}_{PMP} .

На рух корпусу ВСПН впливають сили \vec{F}_B та моменти \vec{M}_B виштовхування, а також сила тяжіння \vec{F}_G . Дані сили та моменти розраховуються ММ впливів плавучості та тяжіння (ВПТ). Вектори сил \vec{F}_{UC} та моментів \vec{M}_{UC} , розраховані ММ ВПТ враховують наявність модулів з КВ на борту ВСПН та їхній вплив на його динаміку руху [5].

Матрицю сил та моментів ваги та плавучості модулів КВ можна представити у вигляді

$$T_{UC} = \begin{bmatrix} \vec{F}_{UC} & \vec{M}_{UC} \end{bmatrix}^T = \sum_i T_u, \quad u = 1, 2, \dots, n;$$

$$T_u = \begin{bmatrix} \vec{F}_u & \vec{M}_u \end{bmatrix}^T; \quad \vec{F}_u = m_u g; \quad \vec{M}_u = \vec{r}_u \times \vec{F}_u,$$

де T_u – матриця сил та моментів, створюваних наявністю КВ; n – кількість модулів КВ; m_u – маса, створена наявністю модулів КВ; \vec{F}_u – проекції сили, створеної наявністю КВ на осі зв'язаної системи координат (ЗСК) ВСПН; g – прискорення вільного падіння; \vec{r}_u – координати точки розташування модулів КВ в ЗСК ВСПН; \vec{M}_u – проекції моменту, створеного наявністю КВ на осі ЗСК ВСПН.

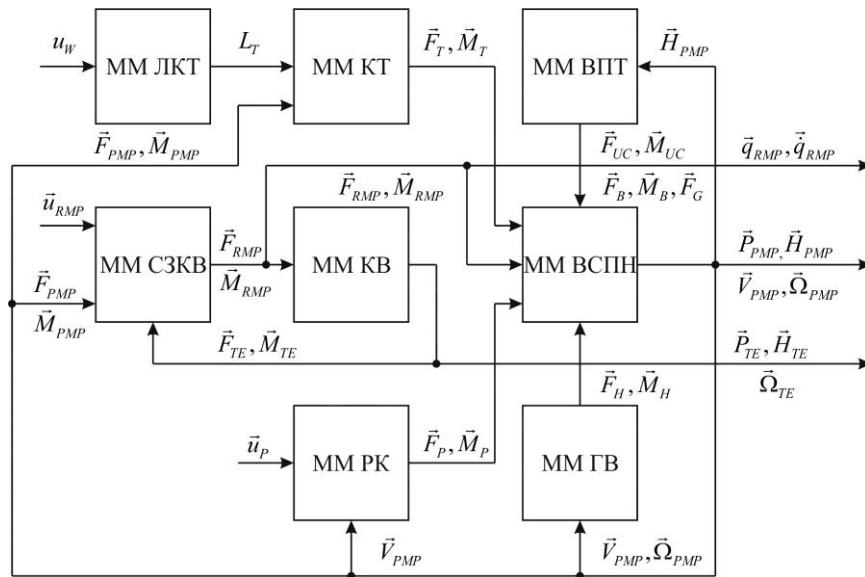


Рисунок 1 – Структура ММ просторового руху ВСПН з КВ

Розподіл сил та моментів плавучості залежить від вектора просторової орієнтації корпусу $\vec{H}_{PMP} = [\theta \quad \varphi \quad \psi]^T$, де θ, φ, ψ – відповідно кути крену, курсу та диференту корпусу ВСПН. ММ гідродинамічних впливів (ГВ) враховує опір води рухові корпусу ВСПН. Гідродинамічні впливи позначено векторами сил \vec{F}_H та моментів \vec{M}_H , які квадратично залежать від швидкостей поступальних \vec{V}_{PMP} та обертових $\vec{\Omega}_{PMP}$ переміщень ВСПН. ММ КТ розраховує вектори сил \vec{F}_T та моментів \vec{M}_T натягу ходового кінця КТ на рух ВСПН. Довжина випущеної частини КТ L_T контролюється лебідкою кабель-троса (ЛКТ) за допомогою сигналу u_w .

ММ СЗКВ за вектором керуючих впливів \vec{u}_{RMP} , а також рівнодіючими сил \vec{F}_{PMP} та моментів \vec{M}_{PMP} ВСПН визначає вектори сил \vec{F}_{RMP} та моментів \vec{M}_{RMP} , які спричиняють рух КВ відносно корпусу ВСПН. А вектори сил \vec{F}_{TE} та моментів \vec{M}_{TE} , розраховані ММ КВ впливають на динаміку руху СЗКВ.

Виходами ММ ВСПН з КВ є вектори положення ($\vec{P}_{PMP}, \vec{P}_{TE}$), просторової орієнтації ($\vec{H}_{PMP}, \vec{H}_{TE}$), швидкостей обертових рухів ($\vec{\Omega}_{PMP}, \vec{\Omega}_{TE}$) відповідно ВСПН та КВ, вектори кутів повороту \vec{q}_{RMP} та швидкостей обертання \vec{q}_{RMP} обертових ланок СЗКВ, а також вектор швидкостей поступальних рухів ВСПН \vec{V}_{PMP} .

Висновок. Структуру математичної моделі вантажного самохідного підводного носія розроблено шляхом врахування впливу корисного вантажу на динаміку руху носія. Модель пропонується застосовувати для синтезу та дослідження систем автоматичного керування апаратами такого типу. Подальші наукові дослідження у напрямку автоматизації просторового руху вантажного самохідного підводного носія доцільно виконувати шляхом удосконалення методу оберненої динаміки, яка б забезпечувала високу динамічну точність керування в умовах структурної та параметричної невизначеностей моделі об'єкта керування та під впливом невизначених збурень від кабель-троса.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блінцов В.С. Підводна роботизована технологія установки корисного вантажу на морське дно [Текст] / В.С. Блінцов, А.М. Войтасик // Міжнародний науково-виробничий журнал «Підводні технології. Промислова та цивільна інженерія» – К.: КНУБА №4, 2016. – С. 50-59.
2. Блінцов В.С. Сучасні задачі автоматичного керування самохідною прив'язною підводною вантажною системою [Текст] / В.С. Блінцов, А.М. Войтасик // Збірник наукових праць НУК. – 2017. – № 3. – С. 49-55.
3. Войтасик А.М. Сучасні задачі автоматизації керування підводним апаратом-роботом спеціального призначення [Текст] / А.М. Войтасик // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2016. – №5 (467). – С. 53-59 (Для службового користування).
4. Blintsov O. Development of the mathematical modeling method for dynamics of the flexible tether as an element of the underwater complex. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, Vol. 1/7, Pp. 4–14, doi: 10.15587/1729-4061.2017.90291.
5. Blintsov O. Devising a method for maintaining manageability at multidimensional automated control of tethered underwater vehicle. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017, Vol. 1/9, Pp. 4–16, doi: 10.15587/1729-4061.2017.93291.

ЧИСЕЛЬНЕ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ПРО РУХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ СХОДЖЕННІ З ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ

Горалік Є.Т., Крюков М.М.

Державний університет інфраструктури і технологій
(Україна)

Вступ. Плоско-паралельний рух широко розповсюджений в техніці. Важливим є випадок плоско-паралельного руху твердих тіл при їх сходженні з опорних поверхонь, наприклад, транспортних засобів або штучних вантажів, що ковзають по напрямних, рухаються по рольгангах, стрічкових транспортерах, тощо. Також актуальною є задача про рух рятувальної шлюпки вільного падіння при її сходженні з напрямних.

При дослідженні плоско-паралельного руху тіл, його зазвичай представляють як суму двох рухів: поступального разом з вибраною точкою тіла (полюсом) та обертального навколо цієї точки [1]. При цьому реальні тіла в багатьох випадках з достатньою точністю можуть моделюватися однорідним стрижнем.

Основна частина. Найбільш цікавим, складним і малодослідженим етапом руху тіла при його сходженні з опорної поверхні є перша фаза падіння з наростаючим кутом нахилу (тангаж) [2, 3] з моменту, коли центр мас опиняється над краєм опори (крайнім роликком рампи) до моменту сходу з опори заднього кінця стрижня (рис. 1).

Розглянемо саме цей етап - сходження з горизонтальної опори однорідного стрижня масою m довжиною L , що мав в початковий момент горизонтальну швидкість V_0 в полярній системі координат (r, φ) (рис. 1).

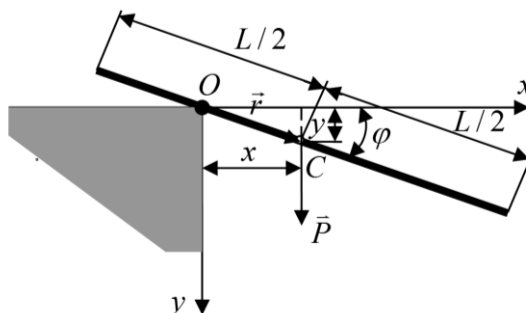


Рисунок 1 – Сходження однорідного стрижня з опори

Переміщення центру мас стрижня за край опори на довжину відрізка $r = OC$ під дією сили тяжіння $P = mg$ викликає появу обертального моменту

$$M = Px = mgr \cos \varphi.$$

Під дією цього обертального моменту стрижень обертається з кутовим прискоренням у вертикальній площині.

Для складання диференціальних рівнянь руху тіла застосуємо рівняння Лагранжа другого роду. При цьому силами тертя знехтуємо.

В якості узагальнених координат приймемо радіус $r = OC$ - відстань від центру мас стрижня до краю опори і полярний кут φ між горизонтальною віссю x і напрямком OC - віссю стрижня.

В даному випадку рівняння Лагранжа другого роду мають вигляд:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\delta T}{\delta \dot{r}} \right) - \frac{\delta T}{\delta r} = Q_1,$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}} \right) - \frac{\delta T}{\delta \varphi} = Q_2,$$

де T – кінетична енергія тіла, $\dot{r} = \frac{dr}{dt}$ – модуль радіальної швидкості центру мас, $\dot{\varphi} = \frac{d\varphi}{dt}$ – модуль кутової швидкості стрижня, $\ddot{\varphi} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$ – модуль кутового прискорення стрижня, Q_1 і Q_2 – узагальнені сили.

Кінетична енергія стрижня при його плоско-паралельному русі визначається з виразу:

$$T = \frac{I_{zc} \dot{\varphi}^2}{2} + \frac{mV_c^2}{2},$$

де I_{zc} – момент інерції стрижня відносно центру мас, V_c – модуль вектора швидкості центру мас.

З урахуванням відомих формул для моменту інерції стрижня відносно центру мас $I_{zc} = \frac{mL^2}{12}$ і модуля вектора швидкості точки в полярній системі координат $V = \sqrt{\dot{r}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2}$ отримаємо наступний вираз для кінетичної енергії стрижня:

$$T = \frac{mL^2}{12} \cdot \frac{\dot{\varphi}^2}{2} + \frac{m(\dot{r}^2 + r^2 \dot{\varphi}^2)}{2}.$$

Знайшовши вирази для похідних, що входять у ліві частини рівнянь, отримаємо:

$$\frac{\delta T}{\delta \dot{r}} = m\dot{r}; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\delta T}{\delta \dot{r}} \right) = m\ddot{r}; \quad \frac{\delta T}{\delta r} = mr\dot{\varphi}^2$$

$$\frac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}} = (I_{zc} + mr^2)\dot{\varphi}; \quad \frac{d}{dt} \left(\frac{\delta T}{\delta \dot{\varphi}} \right) = (I_{zc} + mr^2)\ddot{\varphi}; \quad \frac{\delta T}{\delta \varphi} = 0;$$

Визначимо узагальнену силу Q_1 по координаті $q_1 = r$. Розглянемо можливе переміщення системи, зумовлене можливим приростом узагальненої координати δr .

Сума елементарних робіт всіх активних сил, прикладених до системи на цьому переміщенні дорівнює

$$\delta A = P \delta r \sin \varphi = mg \delta r \sin \varphi$$

З іншого боку

$$\delta A = Q_1 \delta q_1 = Q_1 \delta r.$$

Отже,

$$Q_1 = mg \sin \varphi;$$

Так само визначимо узагальнену силу Q_2 по координаті $q_2 = \varphi$.

Розглянемо можливе переміщення системи, зумовлене можливим приростом узагальненої координати $\delta \varphi$.

Сума елементарних робіт всіх активних сил, прикладених до системи на цьому переміщенні дорівнює

$$\delta A = M \delta \varphi = mgr \cos \varphi \delta \varphi$$

З іншого боку

$$\delta A = Q_2 \delta q_2 = Q_2 \delta \varphi.$$

Отже,

$$Q_2 = mgr \cos \varphi;$$

Підставимо отримані вище вирази у рівняння Лагранжа і отримаємо наступну розв'язувальну систему диференціальних рівнянь другого порядку

$$\ddot{r} - r\dot{\varphi}^2 = g \sin \varphi, \quad (1)$$

$$\left(\frac{L^2}{12} + r^2\right)\ddot{\varphi} = gr \cos \varphi.$$

Для формулювання задачі Коші для отриманої системи диференціальних рівнянь (1) необхідно додати початкові умови

$$r(0) = 0, \dot{r}(0) = V_0, \varphi(0) = 0, \dot{\varphi}(0) = 0. \quad (2)$$

Приведемо отриману систему диференціальних рівнянь до нормальної форми Коші

$$\begin{aligned} \frac{dy_1}{dt} &= y_2, \\ \frac{dy_2}{dt} &= y_1 y_4^2 + g \sin y_3 \\ \frac{dy_3}{dt} &= y_4, \\ \frac{dy_4}{dt} &= g \frac{y_1 \cos y_3}{a + y_1^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Тут $y_1 = r$, $y_2 = \dot{r}$, $y_3 = \varphi$, $y_4 = \dot{\varphi}$, $a = \frac{L^2}{12}$.

Початкові умови мають вигляд

$$y_1(0) = 0, y_2(0) = V_0, y_3(0) = 0, y_4(0) = 0. \quad (4)$$

Запишемо задачу Коші (3), (4) у векторній формі

$$\frac{d\vec{Y}}{dt} = \vec{F}(t, \vec{Y}), \quad \vec{Y}(0) = \vec{Y}_0, \quad (5)$$

де $\vec{Y} = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}^T$.

Оскільки точний або наближений аналітичний розв'язок задачі (5) знайти важко, будемо розв'язувати її за допомогою чисельного методу Рунге-Кутта четвертого порядку точності [4].

На основі запропонованого підходу проведено серію чисельних експериментів для визначення часу скочування стрижня, швидкості центру мас, кутів повороту та кутової швидкості стрижня при різних значеннях початкової швидкості центру мас в діапазоні від 1 до 9 м/с та довжини стрижня в діапазоні від 1 до 10 м.

На основі отриманих розрахункових даних побудовані графіки залежностей кута повороту і кутової швидкості від початкової швидкості центру мас та довжини стрижня, які представлені на рис. 2, 3. Зі збільшенням початкової швидкості, як видно з представлених даних, кут повороту і кутова швидкість в момент сходження з опори зменшуються. Відповідні залежності описуються вгнутими (монотонно спадними) кривими. При цьому значення вказаних параметрів, зі збільшенням довжини стрижня зростають.

Вплив початкової швидкості на величину кута повороту стрижня при сходженні з опорної поверхні (Рис.2) зростає зі зменшенням його довжини. Так значення кутів повороту стрижня довжиною 9,8 м при зростанні початкової швидкості від 1 до 9 м/с зменшуються з 38,5 до 15,6 градусів, тобто майже в два з половиною рази. При зміні швидкості у тому ж діапазоні кути повороту стрижня довжиною 5 м зменшуються з 30 до 9,6 градусів, тобто більше ніж у три рази, а у стрижня довжиною 1 м з 8,7 до 1,5 градусів, тобто у 5,8 рази.

Так само зростає зі зменшенням довжини стрижня вплив початкової швидкості на кутову швидкість його обертання при сходженні з опори (Рис.3). При зміні початкової швидкості у вище вказаному діапазоні значення кутової швидкості для стрижнів довжиною 9,8 м, 5 м і 1 м змінюються відповідно з 45,2 до 23,6 град/с (у 1,9 рази), з 42,9 до 15,3 град/с (у 2,8 рази) і з 10,8 до 1,8 град/с (у 6 раз).

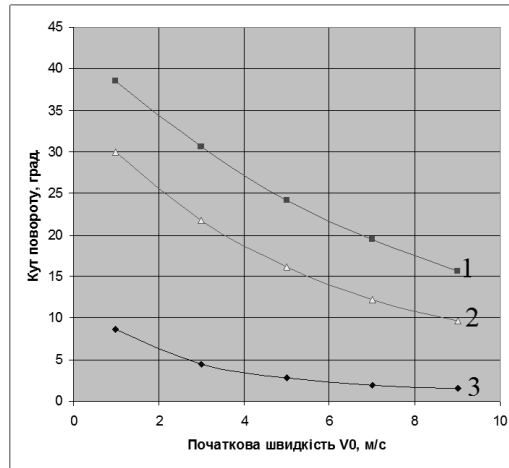


Рисунок 2 – Залежність кута повороту стрижня від його початкової швидкості:
1 – $L = 9,8$ м, 2 – $L = 5$ м, 3 – $L = 1$ м.

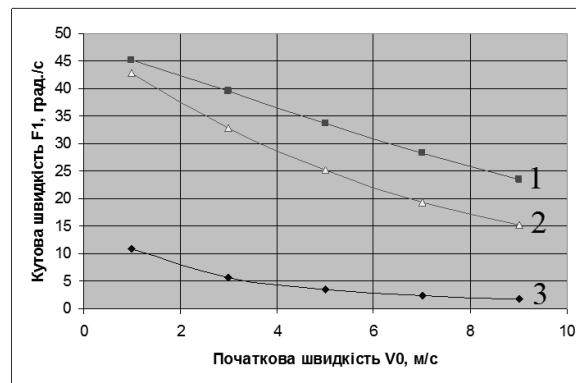


Рисунок 3 – Залежність кутової швидкості обертання стрижня від початкової швидкості:
1 – $L = 9,8$ м, 2 – $L = 5$ м, 3 – $L = 1$ м.

Висновок. Таким чином, запропонований підхід дозволяє за допомогою чисельних експериментів на основі отриманої розв'язувальної системи звичайних диференціальних рівнянь вибирати раціональні параметри руху транспортного засобу, що сходиться з опорної поверхні. Такий підхід може бути використаний також для дослідження руху конкретного транспортного засобу з відомим розташуванням центру мас і моментом інерції при сходженні з горизонтальної та похилої опорної поверхні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Теоретична механіка: підруч. для студ. вищ. навч. техн. закл. / кол. авторів; за заг. ред. І.В.Кузьо. – Харків: Фоліо, 2017. – 780 с.
2. В.Е.Микитюк, Д.А.Миронов. Параметри движения шлюпки свободного падения перед приводнением / Матеріали I Міжнар. наук.-техн. конф. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці» Миколаїв: - НУК, 2010. – С. 84-89.
3. Микитюк, В.Е. Расчет параметров движения шлюпки свободного падения при аварийном сбросе [Текст] / В.Е.Микитюк, Д.А.Миронов // Матер. Конф. “Безопасность мореплавания и ее обеспечение при проектировании и постройке судов”. – Николаев: НУК, 2007. – С. 99-100.
4. Березин И.С., Жидков Н.П. Методы вычислений. – М.: Физматгиз, 1962. – Т.2. - 639 с.

ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Грешнов А.Ю., Барабанова Ю.Е., Галь А.Ф.

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

Введение. Современное состояние мирового морского хозяйства характеризуется довольно развитой инфраструктурой, состоящей из судов коммерческого флота и других плавучих сооружений [1, 2]. К морской инфраструктуре относятся береговые предприятия для приемки и отправки перемещаемых грузов, в виде морских портов, гидротехнические сооружения океанотехники (стационарные и плавучие буровые установки), точечные причалы, морские каналы, морские туннели и мосты, маяки и другие навигационные сооружения для обеспечения судоходства. К объектам морской инфраструктуры относятся транспортные ветроэнергетические установки, а также эксклюзивные технические системы, представляющие собой комплексы гидротехнических сооружений по защите части суши, подвергаемые затоплению со стороны моря. Морская инфраструктура включает в себя автомобильные и железнодорожные подъезды к морским портам, элеваторы (морские, речные), склады на территории морских портов, контейнерные терминалы, береговые и подводные нефтегазохранилища. Следует отметить, что с учетом мнения некоторых специалистов, к морской инфраструктуре можно отнести береговые и космические радионавигационные системы определения географических координат судов, подводные трубопроводы, а также стационарные гидроакустические системы подводной связи и наземные системы радиосвязи. Следует отметить, что в состав морской инфраструктуры входят также службы обеспечения безопасности человека в море.

Актуальность исследований. Современные информационные системы и их элементы, используемые в портах Украины, имеют ряд недостатков, что в свою очередь требует разработки и реализации проектов и программ их модернизации и реконструкции на основе известных методологий проектного менеджмента.

Результаты исследований. Из проведенного анализа авторы отмечают наличие в логистических информационных системах следующих проблем:

- Недопущение объективных ошибок;
- Недопущение субъективных ошибок;
- Проблема интерфейса (сопряженности);
- Проблемы учета географических координат получателя товара;
- Проблема экологии;
- Проблема утилизации;
- Проблема кодирования и идентификации товара;
- Проблема инженерной логистики.

Главной проблемой морской инфраструктуры является создание и разработка цифровых систем обработки, хранения и передачи информационных потоков.

Для первичной разработки таких систем авторы попытались проработать необходимые технологические процессы и операции, для анализа хранения информации и выработки команд для управления техническими средствами систем перемещения ресурсов и работы всей информационной системы в целом.

Для начала исследования этой важной проблемы авторами сформулированы следующие задачи:

Создание единой информационной системы судна, которая содержит такие подсистемы как: контроля остойчивости; контроля размещения груза; контроля уровня

топлива в топливных цистернах; контроля уровня перевозимых нефтепродуктов в танках; контроля дифферента и бортового крена и др.

Разработка информационно-логистической системы регулирования мультимодальной транспортировки грузов морем, состоящая в анализе информации систем поставщиков грузов и доставки их морем в пункты назначения. При этом система выполняет анализ информации от информационных систем баз морских портов со стороны поставщиков грузов, в результате которого осуществляется выбор судна – перевозчика и маршрута следования судна в район нахождения пункта назначения груза. При подходе судна-перевозчика к морским портам, расположенным в районе (Регионе) пункта нахождения груза, система анализирует информацию от информационных систем этого района о возможностях приема судна, перевозимого груза и возможности его грузообработки в этом морском порту. Одновременно поступает информация о возможностях других перевозчиков груза к пункту назначения, в частности автомобильным или железнодорожным транспортом. В этом случае, система рекомендует судоводителю морской порт с оптимальной по времени грузообработкой, малым расходом топлива и минимальными финансовым затратам.

Разработка информационная системы контроля осадки судна на фарватере и определения количества груза на судне путем учета его осадки, крена и дифферента, а так же информации о характеристиках судна и особенности перевозимого груза. Система должна иметь ряд (более трех) датчиков (типа подводного сканера) размещенных на дне фарватера, позволяющих сканировать часть судна, находящуюся под водой. Эта система должна быть расположена непосредственно перед заходом в морской порт. По известным теоретическим зависимостям можно получить информацию о загрузенности судна в момент прохождения по фарватеру в районе пункта контроля. Система должна определить возможность обслуживания судна в этом порту. В результате анализа информации о загрузенности судна, его типе, классе, виде груза, система определяет возможность захода судна в порт из расчета возможностей и загрузенности порта. Система рассчитывает время нахождения судна в порту, портовые и навигационные сборы и другие сборы, необходимые для обслуживания судна.

Разработка информационной система морского порта. Система должна содержать ряд основных и вспомогательных подсистем, которые предназначены для поиска, сбора, хранения и анализа в цифровом виде информации о деятельности основных и вспомогательных подразделений морского порта.

Разработка информационной система аварийно-спасательных служб. Эта система должна обеспечивать обработку информации, поступающей от судов терпящих бедствие или находящихся в аварийной ситуации. Информация об аварии, состоянии судна и его географические координаты, навигационный опасности, метеорологические условия в данный момент времени, а также прогноз погоды на период времени, необходимого для спасения судна или людей, находящихся на судне. Система должна передавать информацию Государственным службам и предприятиям частной собственности. Эта система должна иметь информацию о ранее произошедших авариях на судах данного типа, существующих мерах по устранению таких аварий, их результативности и последствиях.

Разработка информационной системы точечного причала для приема и отгрузки нефтегазопродуктов, а так же перевалки контейнеров.

Разработка информационной системы точечного причала для обслуживания судов типа FLO/FLO. Эта система позволит контролировать и анализировать информацию об осадке судов данного типа и регулировать прием или откачку заборной воды из балластных цистерн.

Разработка информационной системы подводных трубопроводов. Система обрабатывает информацию о техническом состоянии элементов подводных трубопроводов

и обеспечивает регулируемое перемещение нефтегазопродуктов по подводным трубопроводам.

Разработка информационной системы стационарной и плавучей буровой установки. Эта система анализирует информацию о работе элементов буровой установки и осуществляет штатное функционирование всех режимов работы этой установки, включая дистанционное управление работой подводного блока вентилей (манифольдов) подводного трубопровода.

Разработка национальных стандартов Украины в соответствии с нормами и требованиями Евросоюза. Создание научных положений и механизма преобразования информации по стандартам качества продукции, проведению технологических операций, в том числе логистического менеджмента, с учетом представления информации в цифровом виде в режиме реального времени.

Выводы. Рассмотренные выше задачи не исчерпывают всю сферу объектов морской инфраструктуры и их информационных систем. Особое внимание нужно уделить решению проблемы сопряжения в информационных системах. Отдельно следует рассмотреть и исследовать проблему механического сопряжения в объектах морской инфраструктуры, таких как железнодорожные морские паромы и другие подобные морские сооружения. В последнее время актуальной становится задача складирования и хранения груза под водой с учетом обеспечения безопасного судоходства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон України «Про морські порти України» Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2013, № 7, ст.65.
2. Харитонов Ю.Н. Объекты портовой инфраструктуры Украины: состав судов и плавсредств портофлота [Текст] / Ю.Н. Харитонов, В.И. Шалухин – Судостроение и морская инфраструктура – Миколаїв: НУК № 1(1), 2014., С.23-27.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУДНА

Капшальян П.В., Рожков С.А., Тимофеев К.В., Терновая Т.И.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Существуют достаточно эффективные методы поиска неизвестных параметров модели. Это градиентные методы, где используя измеренные компоненты вектора состояния и на основе градиентной процедуры, находятся значения коэффициентов, минимизирующих отклонение вектора состояния объекта и модели. Вторым частным подходом, целесообразность которого диктуется структурой модели, является корневой метод, где оценка корней уравнения строится по известной структуре коэффициентов. Наиболее простым является метод безпоисковой идентификации, где решается система уравнений с известными значениями вектора состояния, его производных и возмущения [1 – 4]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2\eta_1}{dt^2} + a_1 \frac{d\eta_1}{dt} + a_0\eta_1 &= \overline{E}_1 \cos \beta_1 \sin(\omega_1 t_1) = C_1 \\ \frac{d^2\eta_2}{dt^2} + a_1 \frac{d\eta_2}{dt} + a_0\eta_2 &= \overline{E}_2 \cos \beta_2 \sin(\omega_2 t_2) = C_2 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Обозначив измеренные значения процесса качки, можно записать:

$$\left. \begin{aligned} s_{12}a_1 + s_{13}a_0 &= C_1 - s_{11} \\ s_{22}a_1 + s_{23}a_0 &= C_2 - s_{21} \end{aligned} \right\} \Leftrightarrow \mathbf{S}\mathbf{a} = \mathbf{c}; \quad (2)$$

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{23} \end{pmatrix}; \quad \mathbf{a} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_0 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{c} = \begin{bmatrix} C_1 - s_{11} \\ C_2 - s_{21} \end{bmatrix}.$$

Решение уравнения (2) является только шагом идентификации параметров модели. Причиной возникновения ошибок оценивания параметров, как правило, являются ошибки измерения и оценки возмущений. Выполняя процедуру устранения ошибки как последовательное приближение с осреднением оценки, получим (3):

$$\mathbf{a}_i^* \rightarrow \min |\eta - \eta_m| \quad i = \overline{1, n} \quad (3)$$

Таким образом, основываясь на естественных условиях движения судна при волнении, можно построить линейную модель динамики судна, позволяющую регистрировать движения судна по осям судовой системы координат [5 – 7].

Применение линейной модели возможно только в определенном диапазоне возмущений. Тем не менее, простота структуры модели позволяет накапливать линейные модели в зависимости от величины возмущений, что компенсирует ее недостатки. При построении модели использована модификация метода Рунге – Кутты первого порядка [2, 3, 6, 7]. Для модели динамики судна, выделив отсчеты $x(t - \Delta t) = x_{n-1}$, $x(t) = x_n$, $x(t + \Delta t) = x_{n+1}$ по координате x использована модель (5).

$$(p^2 + a_{22}p + d_{22})\eta_i = \overline{E} \cos \beta \sin(\omega_i t) \quad (5)$$

Рассмотренная в работе методика идентификации является компромиссом между частотными методами и методами пространства состояний. Благодаря тому, что определение каждого из элементов матрицы объекта производится раздельно, алгоритм представляет собой последовательность шагов идентификации частных моделей (рис. 1).

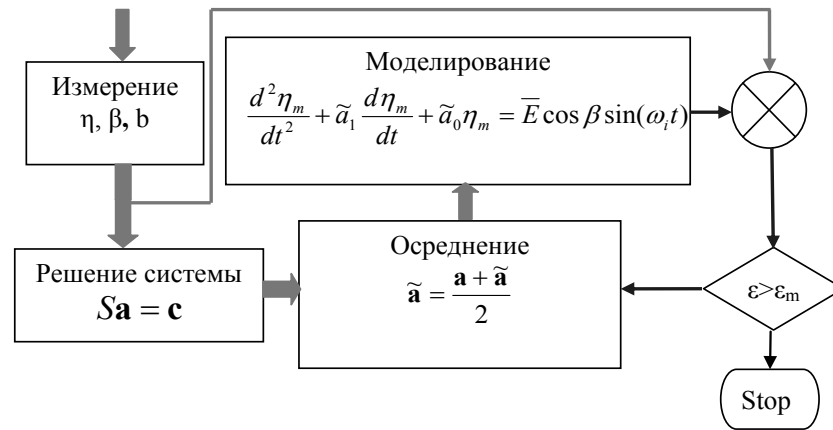


Рисунок 1 – Структура метода идентификации

Оценивая первую и вторую производные как (6) и (7)

$$\frac{dx}{dt} \approx \frac{x(t) - x(t - \Delta t)}{\Delta t} \quad (6)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} \approx \frac{\frac{x(t + \Delta t) - x(t)}{\Delta t} - \frac{x(t) - x(t - \Delta t)}{\Delta t}}{\Delta t} = \frac{x_{n+1} - 2x_n + x_{n-1}}{\Delta t^2} \quad (7)$$

модель (5) принимает вид:

$$x_{n+1} - 2x_n + x_{n-1} + ax_n \Delta t - ax_{n-1} \Delta t + bx_n \Delta t^2 = C(t) \Delta t^2 \quad (8)$$

Обозначив

$$2 - a\Delta t - b\Delta t^2 = D_1; \quad 1 - a\Delta t = D_0, \quad (9)$$

получаем решение дифференциального уравнения:

$$x_{n+1} = D_1 x_n - D_0 x_{n-1} + C(t) \Delta t^2 \quad (10)$$

На рис. 2 приведены переходные процессы по осям продольного (а) и поперечного (б) кренов судна. Для моделирования движения судна с учетом бортовой качки введём гармоническую составляющую в правую часть модели (рис. 3) [6, 7].

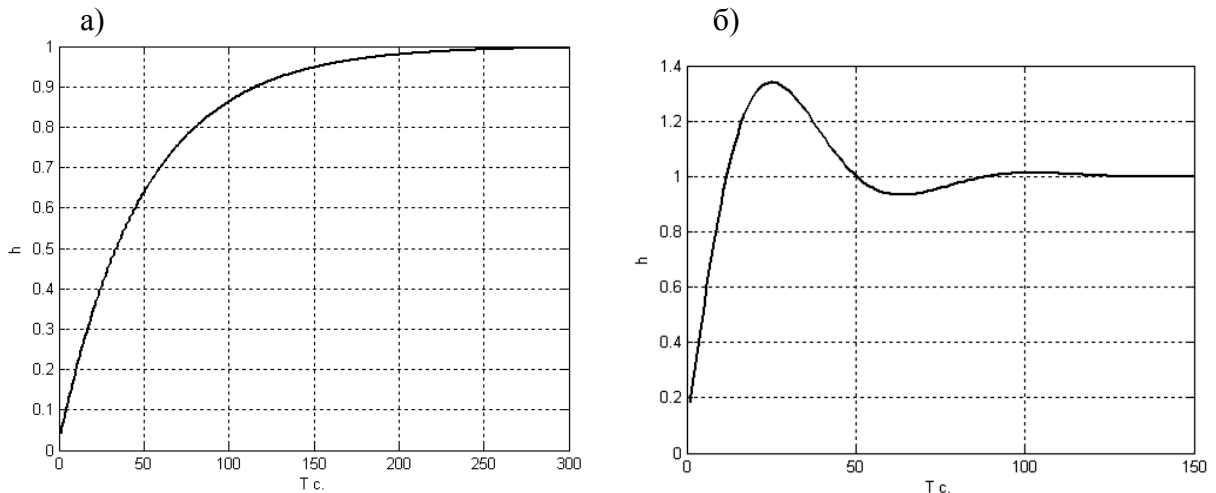


Рисунок 2 – Переходные процессы по осям килевого и бортового кренов судна

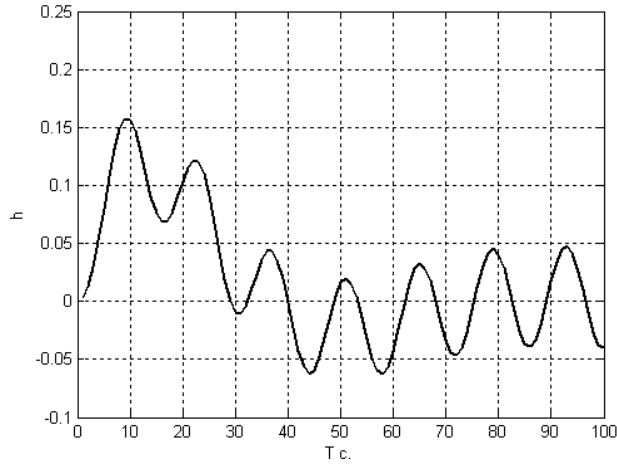


Рисунок 3 – Реакция модели судна на бортовую нерегулярную качку

При решении задачи идентификации используем уравнение объекта и модели в форме с выделенными коэффициентами модели:

$$\begin{aligned} a(x_{n-1}\Delta t - x_n\Delta t) - b(x_n\Delta t)^2 &= x_{n+1} - 2x_n + x_{n-1} - C(t)\Delta t^2; \\ a_m(x_{m_{n-1}}\Delta t - x_{m_n}\Delta t) - b_m(x_{m_n}\Delta t)^2 &= x_{m_{n+1}} - 2x_{m_n} + x_{m_{n-1}} - C(t)\Delta t^2. \end{aligned} \quad (11)$$

Обозначим

$$\begin{aligned} z &= (x_{n-1}\Delta t - x_n\Delta t); & s &= -b(x_n\Delta t)^2; & l &= x_{n+1} - 2x_n + x_{n-1} - C(t)\Delta t^2; \\ z_m &= (x_{m_{n-1}}\Delta t - x_{m_n}\Delta t); & s_m &= -b_m(x_{m_n}\Delta t)^2; & l_m &= x_{m_{n+1}} - 2x_{m_n} + x_{m_{n-1}} - C(t)\Delta t^2 \end{aligned} \quad (12)$$

Компоненты уравнения (12) измеряемы, следовательно, можно записать уравнения модели и реальное уравнение динамики объекта в виде (13):

$$\begin{aligned} az + bs &= l; \\ a_m z_m + b_m s_m &= l_m \end{aligned} \quad (13)$$

Для определения оценки коэффициентов модели, используя методику безпоискового алгоритма идентификации с адаптивной моделью (БАИАМ) [2–4], построим систему уравнений:

$$\left. \begin{aligned} a_m z + \Delta a z + b_m s + \Delta b s &= l \\ a_m z_m + b_m s_m &= l_m \end{aligned} \right\} \rightarrow a_m \Delta z + \Delta a z + b_m \Delta s + \Delta b s = \Delta l \quad (14)$$

Параметры Δz , z , Δs , s и Δl измеряемы, и a_m , b_m – известны, тогда после двух циклов измерения получим систему уравнений (15):

$$\left. \begin{aligned} \Delta a z_1 + \Delta b s_1 &= \Delta l_1 - a_m \Delta z_1 - b_m \Delta s_1 = c_1 \\ \Delta a z_2 + \Delta b s_2 &= \Delta l_2 - a_m \Delta z_2 - b_m \Delta s_2 = c_2 \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

Используя систему уравнений (15), определим оценку ошибки параметров модели:

$$\begin{pmatrix} z_1 & s_1 \\ z_2 & s_2 \end{pmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta a \\ \Delta b \end{bmatrix}. \quad (16)$$

Полученные оценки ошибки модели (16) позволяют оценить параметры модели

$$a = a_m + \Delta a, \quad b = b_m + \Delta b.$$

Графики ошибки модели и процесс идентификации приведены на рис. 4, где в момент T_u выполнен алгоритм идентификации, а дальнейший процесс определен точной моделью.

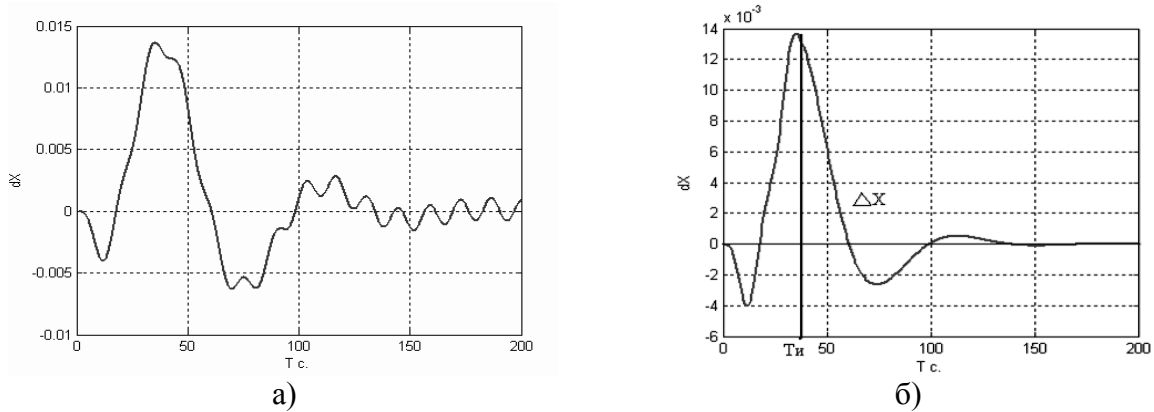


Рисунок 4 – График отклонения движения модели от движения объекта:
 а) при ошибке модели; б) график отклонения после момента идентификации T_u

После завершения переходного процесса математическая модель точно описывает движение судна.

Выводы. Для идентификации всей модели судна, учитывая размерность пространства состояний, следует провести 36 шагов идентификации. Однако, несмотря на большой объем работы, сам процесс идентификации достаточно простой и хорошо согласуется с условиями движения судна.

Процесс идентификации может быть автоматизирован при наличии данных от гиросплатформы судна, где требуется только оценка бальности волнения и угла фронта волн β .

ЛИТЕРАТУРА

1. Гудвин Г. К. Проектирование систем управления / Г. К. Гудвин, С. Ф. Гребне, М. Э. Сальгадо. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. –911 с.
2. Красовский А.А. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. –712 с.
3. Пупков К.А. Методы классической и современной теории автоматического управления: Учебник в 5-и тт.; 2-е изд., перераб. и доп. Т.5: Методы современной теории автоматического управления / Под ред. К.А. Пупкова, Н.Д. Егупова. – М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 784 с.
4. Штейнберг Ш. Е. Идентификация в системах управления. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 80 с.
5. Гофман А.Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна. Справочник. –Л.: Судостроение, 1988. –360 с.
6. Perez, T. and T. I. Fossen (2009). A Matlab Toolbox for Parametric Identification of Radiation–Force Models of Ships and Offshore Structures. Modeling, Identification and Control MIC–30(1), 1–15. Open source, <http://www.mic-journal.no>
7. Thor I. Fossen Advanced Motion Handbook of Marine Craft Hydrodynamics and Motion Control, First Edition. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2011. – 575p.
8. Tristan Perez. Ship Motion Control: Autopilots with rudder roll stabilisation and combined rudder–fin stabilisers. – (Advances in industrial control). London, Leipzig: Springer, 2005 – 300p. ISBN–10: 1852339594

МОДЕЛИРОВАНИЕ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ВРК, В СРЕДЕ AVL BOOST

Колесник Д.В.

*Морское инженерное бюро
(Украина)*

Предложено использование программного комплекса AVL BOOST™ для моделирования дизеля, работающего на ВРК.

Ключевые слова: винторулевая колонка, судовая пропульсивная установка, математическое моделирование, AVL BOOST™.

В последнее время всё чаще в качестве судовых движителей используются винторулевые колонки (ВРК), которые в отличие от традиционной пропульсивной установки позволяют поворачивать гребной винт на 360°, направляя тем самым упор в любую сторону. Это обеспечивает значительное улучшение маневренности судна.

В качестве привода ВРК, как правило, используются дизели. В отличие от пропульсивной установки с винтом фиксированного шага, в установке с ВРК нагрузка дизеля зависит не только от скорости судна и частоты вращения гребного винта, но ещё и от угла разворота ВРК.

Представляет интерес исследование зависимости параметров приводного дизеля от угла разворота ВРК. Для этого предполагается разработать математическую модель дизеля, работающего на ВРК.

В качестве примера мы будем рассматривать среднеоборотный дизель Wartsila 6L20 мощностью 1200 кВт при 1000 об/мин и ВРК Schottel SRP1012, которые получили широкое распространение на современных судах внутреннего и смешанного (река-море) плавания.

Для моделирования дизеля предполагается использовать пакет AVL BOOST™, который является очень мощным программным комплексом для моделирования 2-х и 4-тактных двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Он позволяет рассчитать полный рабочий цикл двигателя, включая процесс сгорания. Исследование проводится на кафедре СЭУ и ТЭ ОНМУ, обладающего лицензией на использование AVL BOOST™.

С помощью математической модели предполагается определить нагрузку на валу дизеля, а также отклонение его основных показателей при значительных углах разворота ВРК.

THE PROBLEMS OF EFFECTIVE DEVELOPMENT OF NATIONAL SEA TRANSPORT FROM THE STANDPOINT OF GLOBALIZATION OF ECONOMIC RELATIONS

Lavrushchenko Yu.O.

*Institute of market problems and economic & ecological researches of the National Academy of Sciences of Ukraine
(Ukraine)*

Introduction. The organizational and economic mechanism of complex development of sea transport [3, 6] should provide and stimulate the optimality of positioning of the merchant fleet and ports of Ukraine in the world market space taking into account the factors of globalization [1, 8] and the integration of economic relations. Thus the entrepreneurial problems of competitive stability on quality of transportation process, economy and adequacy on technical and economic level should be solved. Two approaches to the formation of a regional maritime transport complex should be distinguished. One is focused on achieving a deep and sustainable specialization in the face of limited labour resources. The opposite strategy is considered necessity of complex development of enterprises of various kinds of activity. In this condition for a long time was the maritime transport infrastructure of Ukraine. In certain proportions were presented shipping, port and ship repair business. This approach has been disrupted as a result of the reform errors. The potential of the merchant fleet has been lost. Insufficiently grounded structural and organizational transformations in ship repair and machine-building farms were carried out.

Topicality. In the article the author considers problems of effective development of national sea transport from a position of globalization of economic relations and participation of the country in international division of labour. It is necessary to pay attention to the character of formation of macroeconomic and entrepreneurial results of fleet and commercial ports development.

The processes of globalization of economic relations predetermine both general and specific tasks and goals of the national economy in effective positioning in the international division of labor [1, 5]. In this aspect the maritime merchant fleet, being the economic subsystem of the state must perform a number of principal functions. The traditional task of the merchant fleet development was to ensure commercial efficiency of operation.

Formulation of the problem. The principles of achievement of functional and economic stability of sea transport enterprises are considered taking into account international conventions of freight independence of priority cargo flows. And also highlight one of the most important tasks for the development of the national transport system-the achievement of freight independence of foreign trade operations and the solution of commercial problems-maximizing the currency profit.

Comparison of macroeconomic indicators of development of Ukraine allows to draw certain conclusions. The shipment of goods is unbalanced with the change of the main factors that determine the development of the transport system. If we compare the amount of foreign trade and GDP, we can conclude that the export industries are reviving. However, the most important problem in addition to lost freight revenue is economic security of the country in the implementation of integration strategies. Absence of an integrated approach to transport provision of alternative routes of energy resources delivery and sustainable positioning of grain of Ukrainian producers in the regions of constant demand leads to increased risks effective implementation of national interests.

The problem of complex development of the majority of sea trade ports is insufficient concentration of cargo flows, and consequently, low specialization, that also hinders efficiency of participation of such ports in the transit business. Only with sufficient concentration can be profitable specialized cargo terminals, which are based on high-performance hoisting-transport machines.

It can be concluded that neither economic growth, nor the geo-strategic position and level of transit of Ukraine have led to a significant increase in the volumes transportation of goods by the transport system of the country.

Research results. The integrated development of maritime transport means the conformity of its parameters with the main macroeconomic indicators, the extent of participation in international exchange and in-system compliance of capacities and cash flows. Maximizing synergy potential in the form of multimodal transport corridors and logistic distribution systems should fully ensure the economic security of Ukraine.

Priority should be given to the development of a set of political, economic, organizational and legal measures that determine Ukraine's position in world shipping and ensure the independence of national foreign trade in the freight market. Simultaneously with the elaboration of the shipping policy it is necessary to determine the basic ports and choose the strategy of restructuring and institutionalization in the property system of diverse functional activities.

The processes of deepening the international division of labour are the basis of the world integration processes covering different markets, among which the special place belongs to the navigable one [4]. They are accompanied by the internationalization of capital, the diffusion of scientific and technical solutions in the system of openness of national economies. Under these conditions, the development of national maritime transport subsystems is of fundamental importance from the standpoint of the stability of meso-economic structures. The integrated development of maritime transport means the conformity of its parameters with the main macroeconomic indicators, the extent of participation in international exchange and in-system compliance of capacities and cash flows. The world community maximizes synergistic potential in the form of multimodal transport corridors and logistic commodity-conducting systems [3, 6].

The nature of the state's relations to the development of maritime transport should be determined by the fact that the merchant fleet belongs to an important instrument of foreign policy strategy [2]. At the same time, Ukraine has passed the frontiers of economic security of loss of status of the sea power. Despite the growth of tonnage of the merchant fleet, the control over the courts of national and «convenient» flags has been lost. Marine labor resources provide operational activity of foreign shipowners.

It is important to define the economic development objectives of the maritime transport complex of Ukraine on the adequacy criteria for national needs and external factors. Limitations in the choice of directions and parameters of production capacity formation are reduced to conformity of basic potential and integration processes [7].

It is necessary to pay attention to the fundamental importance for the integrated aspirations of Ukraine in the marine complex. Its role is not realized sufficiently, therefore the target national program of stability of functioning of merchant fleet, seaports, shipbuilding base and service units of the complex is not developed. Management of sustainable development of the transport component of the marine complex should be carried out in accordance with the method given (Formula 1). Then The parameters of stability of the sea transport complex should be regulated on Based on the principle of capacity adequacy on macroeconomic results.

$$\sum^T D_N T_{\text{Э}} p_{ctc} \alpha_{ti} \geq \sum^T Q_{B\text{ЭC}} \cdot C_{ST} \alpha_{ti} + \sum^{T_2} K_{pj} \alpha_{tj} \quad (1)$$

where T – the estimated period of the strategic program of development of the merchant fleet by the criterion of providing the national cargo base within participation in integration technologies;

D_N – the parameters of the deadweight, which enable the IMO Conventions to function sustainably in the interests of national ports as well as in the free sectors of the freight market;

$T_{\text{Э}}$ – competitive operational period to the maximum of fleet performance and reliability of operation;

p_{ctv} – time-charter equivalent, taking into account the dynamism of the freight market;

α_{ti} – the coefficient of discounting of cash flows of functional activity of the fleet;

$Q_{BЭС}$ – the volume of sea transportations regulated by the IMO Convention and the principles of development of logistic commodity-conducting systems;

C_{ST} – cost (average costs) determined by the estimated capacity of the transport capacity;

$T_{\text{ч}}$ – period of development, during which the investment flows on formation of development of the national merchant fleet change;

K_{pj} – capital expenditures for years of transport capacity building;

α_{tj} – accumulation.

At the same time the pace and stages of the strategy of normalized development of the national marine complex are regulated by the following factors: geopolitical situation of the country and priority of separate functions of sea transport; the attitude of state bodies to solving the problem of transport independence in the general context of the country's sovereignty; real social, economic and production opportunities for the development of the maritime transport complex.

Conclusions. Transport infrastructure is the driving force of the Ukrainian economy, which allows Ukraine to realize its economic opportunities.

The program of work of shipping enterprises of sea transport should take into account the market proportions of transport services, as well as complexity development of world shipping and the state of the freight market. In terms of common national interests, despite the increased degree of economic risks, the resumption of full-fledged merchant shipping on the basis of competitive shipping companies becomes the most urgent task [9].

Strategic directions of restoration of transport potential of the maritime complex of the country are:

1) use of national shipbuilding base for formation of carrying capacity of shipping companies of the flag of the state at normal tax lending until the financial stability of the enterprises is achieved;

2) wide use of alternative forms of ownership and diversity of sources of financing of investment programs;

3) application of a liberal system of depreciation, which allows both reimbursement of spent funds for the formation of fixed capital and its normal reproduction;

4) optimization of the sea transport management scheme according to the criteria of economic and functional stability of enterprises on the world freight market;

5) use of cargo preferences for national shipowners within the world practice;

6) adherence to technical policies that enable enterprises to improve their technical and economic level and competitiveness in the management of freight independence of foreign trade.

REFERENCES

1. Vinnikov V.V. (2005). Problemy kompleksnogo razvitiia morskogo transporta. [Problems of integrated development of maritime transport]. Monografiia / Institut problem rynka i ekonomiko-ekologicheskikh issledovaniy NANU, Odesk. Nacion. Morskaia akademiia.- O.. Feniks [in Russian].

2. Kotlubai, O. M. (2004). Ekonomichni mehanizmi rozvitku torgovel'nogo moreplavannia v Ukraini [Economic mechanisms of development of merchant shipping in Ukraine]. Odesa, IPREED NAN UKRAINI.

3. Lukianovych N.V. (2009). Morskoi transport v myrovoi ekonomyke [Maritime transport in the global economy]. M.: Morknyha [in Russian].

4. Makohon Yu.V. (2010). Ukraina – derzhava morskhaia [Ukraine is a maritime country]: Monografiia [Yu.V. Makohon, H.H. Harkusha, A.V. Hruzyn; pod red. Yu.V. Makohon]. Donetsk: Yzd-vo „Noulydzh” [in Russian].

5. Miloslavskha S.V., Pluzhnikov K.I. (2001). Mul'timodal'nye i intermodal'nye perevozki [Multimodal and intermodal transportation]. M.: RosKonsul't [in Russian].

6. Paik R., Nil, B. (2006). Korporativnye finansy i investirovanie [Corporate Finance and Investing]. SPb.: Piter [in Russian].
7. Pluzhnikov K.I. (1999). Transportnoe ekspedirovanie [Transport forwarding]. M.: Roskonsul't [in Russian].
8. Primachev N.T., Primachev, A. N. (2005). Principy integracii v torgovom sudohodstve [Principles of Integration in Merchant Shipping]. Odessa: Feniks [in Russian].
9. Primachev N.T. Vovk, O. J. (2001). Effektivnost' funkcional'noi deiatel'nosti predpriatii morskogo trasnporta [The effectiveness of the functional activities of enterprises of maritime transport]. Odessa.: IPREED NAN UKRAINI [in Russian].

ВПЛИВ СВІТОВОЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ НА РОЗВИТОК ОСВІТИ ТА НАУКИ

Любич О.О.

*Державна навчально-наукова установа «Академія фінансового управління»
(Україна, м. Київ)*

Вступ. Інформатизація суспільства спрямована на підвищення інтегрального інтелекту всієї цивілізації, здатного передбачити і управляти розвитком людства. Освітня система в такому суспільстві має бути системою випереджаючої. Перехід від консервативної освітньої системи до випереджаючої повинен базуватися на формуванні інформаційного простору «освіта-наука» за рахунок широкого використання інформаційних технологій та впровадження нових інфраструктурних рішень.

Актуальність досліджень. Майбутня євроінтеграція України потребує узгодження національної стратегії розвитку із вимогами ЄС і міжнародними зобов'язаннями зі сталого розвитку загалом та екологічними зобов'язаннями зокрема. Застосування новітніх ІТ-технологій для розвитку освіти та науки має спиратися на відповідні концепції Женевської Декларації принципів [1], серед яких в контексті наших досліджень, слід привернути особливу увагу на ствердженні, що зараз ми вступаємо в нову еру величезних можливостей — еру інформаційного суспільства і розширеного людського спілкування.

ЄС докладає зусиль, щоб допомогти громадянам прийняти ці зміни та отримати користь від поглиблення єдиного цифрового ринку з середини 1990-х років. Хоча ці зусилля безсумнівно сприяли створенню більш інтегрованої цифрової економіки та більш інклюзивному цифровому суспільству в Європі, робота з адаптації до нових реалій є постійною, оскільки темпи прогресу прискорюються. За оцінками Світового економічного форуму, загальна глобальна вартість цифрової трансформації для суспільства та промисловості перевищить 100 трильйонів доларів США до 2025 року. Сприяння розвитку цифрової економіки та суспільства є одним з головних поточних пріоритетів ЄС [2]. Стратегія цифрового єдиного ринку спрямована на розкриття цифрових можливостей для людей і бізнесу та підвищення позицій Європи як світового лідера в цифровій економіці [3].

Виклад основного матеріалу. Метою Стратегії сталого розвитку «Україна – 2020» є впровадження в Україні європейських стандартів життя та вихід України на провідні позиції у світі [4]. Відомо, що інформаційні та комунікаційні технології позитивно впливають на продуктивність та економічне зростання. Протягом останніх декількох десятиліть використання можливостей, створених цифровою революцією, стає все більш важливою умовою для процвітання сучасних економік. У процесі створення нових бизнес-моделей та технологій цифровізації має ефект сніжної кулі, і більше, напевно, прийде, оскільки ці руйнівні зміни продовжують трансформувати економіку та суспільство раніше непередбаченими темпами та непередбаченими способами. На сьогодні цифрова економіка (digital economy) являє собою окремий науковий напрям. У полі зору дослідників такі питання, як вплив цифровізації на ефективність економічної системи взагалі та її наслідків щодо сталого розвитку економіки, а також на дослідженнях у цій сфері на рівні окремих країн і регіонів.

Цифрова економіка базується на інформаційно-комунікаційних та цифрових технологіях, стрімкий розвиток та поширення яких вже сьогодні впливають на економіку, науку та освіту, трансформуючи її від такої, що споживає ресурси, до економіки, що створює ресурси. Саме дані є ключовим ресурсом цифрової економіки, вони генеруються та забезпечують електронно-комунікаційну взаємодію завдяки функціонуванню електронно-цифрових пристроїв, засобів та систем (табл. 1).

Таблиця 1 – Рейтингові показники України у Глобальному звіті про розвиток інформаційних технологій [5]

Навички (Skills)	33 (139)	5.6	1-7 (best)
Якість системи освіти (Quality of the education system)	54 (139)	4.0	1-7 (best)
Якість математичної та природничо-наукової освіти (Quality of math and science education)	38	4.6	1-7 (best)
Валовий показник охоплення загальною середньою освітою (Secondary education enrollment rate gross, %)	51		99.2
Рівень грамотності дорослого населення (Adult literacy rate, %)	9		99.8

У січні 2018 р. Уряд затвердив постанову «Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018—2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації», у якій висвітлені основні цілі цифрового розвитку [6]. Цифровий розвиток передбачає виконання комплексу завдань, що позитивно вплинуть на економіку, бізнес, суспільство та життєдіяльність країни в цілому. Основними цілями цифрового розвитку є:

- прискорення економічного зростання та залучення інвестицій;
- трансформація секторів економіки в конкурентоспроможні та ефективні;
- технологічна та цифрова модернізація промисловості та створення високотехнологічних виробництв;
- доступність для громадян переваг та можливостей цифрового світу;
- реалізація людського ресурсу, розвиток цифрових індустрій та цифрового підприємництва.

Концепція передбачає здійснення заходів щодо впровадження відповідних стимулів для цифровізації економіки, суспільної та соціальної сфер, усвідомлення наявних викликів та інструментів розвитку цифрових інфраструктур, набуття громадянами цифрових компетенцій. Важливим складником цифрової трансформації економіки України є цифровізація освітніх процесів та набуття цифрових компетенцій громадянами на шляху до поглиблення європейської інтеграції (Табл.2).

Таблиця 2 – Ключові тенденції сучасної освіти

Компонент	Зміст або функції
Дистанційна вища освіта	Можливість здобуття вищої освіти он-лайн, що сприяє рівності й збільшенню освіченої частки суспільства
Поглиблене або індивідуальне навчання	Онлайн-спецкурси для підвищення кваліфікації та індивідуальне репетиторство – другий важливий аспект
Мобільні додатки	Дають можливість вивчати теми в ігровій формі з короткими відеофрагментами та елементами мотивації; це сприяє легшому здобуттю знань
Профільні ресурси	Можливість обміну досвідом спеціалістів усього світу, що сприяє підвищенню кваліфікації окремих спеціалістів і дає можливість об'єднуватися в міжнародні команди
Онлайн-бібліотеки й лекторії	Величезні бази літератури великою мірою полегшують навчання та сприяють економії матеріальних та часових ресурсів

Компонент	Зміст або функції
Трансляції конференції	Можливість стежити за актуальними тенденціями в певній сфері, не витрачаючи значний обсяг часу на пошук та аналіз матеріалів

Цифровою освітою є об'єднання різних компонентів і найсучасніших технологій завдяки використанню цифрових платформ, впровадженню нових інформаційних та освітніх технологій, застосуванню прогресивних форм організації освітнього процесу та активних методів навчання, а також сучасних навчально-методичних матеріалів.

Освіта та наука є головною теоретичною основою і структурним фактором забезпечення економічного розвитку держави. Визнаючи економіку знань, що розкриває нову роль і місце інтелекту людини в сучасному суспільстві. Знання сьогодні є вирішальним чинником економічного розвитку, інструментом інновацій, конкуренції та економічного успіху.

Динамізм і рівень розвитку освіти відповідають за забезпечення інтенсивного економічного зростання при переході до «нової» економіки, заснованої на знаннях, (неоекономіки), за диференціацію між економічно розвиненими і країнами, що розвиваються; головним джерелом і вирішальним фактором такого зростання є якість освіти. І ключове значення в цьому процесі має саме людський потенціал і, перш за все, освіченість, компетентність, творчі можливості людей і умови їх реалізації.

Зважаючи на визначене, ключовими аспектами управління інтелектуальним потенціалом має бути: створення дієвої системи мотивації науковців; виявлення та залучення ресурсів (інтелектуальних, інвестиційних інформаційних) для виконання наукових досліджень і розробок; використання потенційних можливостей розвитку науки.

До відзначених аспектів слід віднести також: заходи з формування системи мотивації та стимулювання наукових працівників, особливо молодих учених; створення баз даних з метою виявлення незадіяних ресурсів; підготовки та підвищення кваліфікації наукових кадрів; створення та оцінки об'єктів інтелектуальної власності; формування та розвиток мережевого освітнього, наукового, інноваційного та культурного простору на основі інформаційно-комунікаційних технологій.

Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» встановлює [7], що Держава забезпечує: інтеграцію вітчизняного сектору наукових досліджень і науково-технічних (експериментальних) розробок в Європейський дослідницький простір; забезпечення доступу до науково-технічної інформації та літератури на усіх видах носіїв; встановлення взаємовигідних зв'язків з іншими державами для інтеграції вітчизняної та світової науки, входження вітчизняної науки до Європейського дослідницького простору. «Європейський дослідницький простір - система програм та політичних інструментів, що об'єднують інституційне середовище досліджень і розробок країн-учасників Європейського Союзу та асоційованих країн з метою розвитку міжнародного науково-технічного співробітництва, вільного трансферу знань, мобільності дослідників.

Для забезпечення ефективної участі України в європейському дослідницькому та інноваційному просторі важливим є розвиток власної наукової цифрової інфраструктури відповідно до пріоритетних напрямів, в яких очікується високотехнологічне зростання або прорив.

Висновки. Інформатизація науки та освіти надасть доступ до світових інформаційних ресурсів; прискорює глобалізацію; сприяє удосконаленню форм і змісту навчального процесу, інтеграції навчальної, дослідницької та виробничої діяльності. Нові інфраструктурні проекти відкривають шлях як до отримання досвіду у застосуванні створених нових знань, так і залучення додаткових джерел фінансування. Розвиток наукової цифрової інфраструктури (для закладів науки та освіти) є також визначальним для

забезпечення відкритого доступу до наукових даних та знань, подальшої комерціалізації наукових досліджень, створення інновацій, продуктів та послуг. Нові знання та розробки, здійснені за рахунок фінансування з державного бюджету, повинні бути у відкритому доступі та стати здобутком суспільства в цілому.

Підключення українських наукових цифрових інфраструктур до Європейської хмари відкритої науки та Європейської інфраструктури даних дасть поштовх до вирішення актуальних українських наукових завдань з мінімальним використанням державних ресурсів.

Реалізація перелічених заходів має сприяти одержанню синергетичного ефекту за рахунок підвищення ефективності інтелектуального потенціалу наукової сфери, його матеріально-технологічного рівня, організаційно-управлінських структур, сфер застосування знань і рівня захисту інтелектуальної власності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Женевська Декларація принципів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://apitu.org.ua/wsis/dp>.
2. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI\(2018\)614734](http://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=EPRS_BRI(2018)614734).
3. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-towards-common-european-data-space>
4. Про стратегію сталого розвитку «Україна - 2020». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.president.gov.ua/documents/18688.html>.
5. The Global Information Technology Report 2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.weforum.org/reports/the-global-information-technology-report-2016>.
6. Розпорядження КМУ від 17.01.2018 № 67-р «Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/67-2018-%D1%80>.
7. Закон України «Про наукову і науково-технічну діяльність» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/848-19>.

ЕДИНИЧНЫЙ ФОТОН, ЕГО СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Настасенко В.А.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Работа относится к сфере квантовой физики, связанной с основами материального мира и к моделированию протекающих при этом процессов и явлений, в частности – к определению формы, структуры и параметров фотона.

В настоящее время о фотоне известно, что он является одной из мельчайших элементарных частиц семейства Бозонов и относится к группе калибровочных бозонов. Он является истинно нейтральной частицей, античастица которой экспериментально и теоретически не определена. Количество типов – 1. Время жизни – стабильно, однако в свободном состоянии фотон способен существовать только в вакууме и в оптически прозрачной среде, при движении в них со скоростью света.

Фотон теоретически обоснован М.Планком в 1900 г. и А.Эйнштейном в 1905 – 1917 г.г., а экспериментально обнаружен в 1923 г. Согласно классической квантовой механике фотону, как и другим квантовым частицам, характерен корпускулярно-волновой дуализм. Поэтому он одновременно проявляет свойства частицы и волны и участвует в электромагнитном и гравитационном взаимодействиях.

Как волна фотон представляет квант (γ) электромагнитного излучения (в узком смысле – квант света) в виде поперечных электромагнитных волн с круговой правой или левой поляризацией. Спиральность ± 1 , магнитный момент равен 0.

Принято считать, что как элементарная частица, фотон не имеет массы, она равна 0 (современные исследования сводят ее к величине $< 10^{-22}$ эВ/ c^2). Электрический заряд также равен 0 (современные исследования сводят его к величине $< 10^{-35} e$, где e – элементарный заряд электрона). Его зарядовая четность -1, спин $1 \hbar$, количество спиновых состояний 2 в рамках правой и левой поляризаций, а изотопический спин равен 0. Среди других свойств фотона, как частицы семейства бозонов, также считают равными 0 следующие параметры: цветовой заряд, барионное число, лептонное число, странность, очарование, прелесть, истинность и гиперзаряд, что свидетельствует о его возможной связи с кварком.

Однако пока еще современная наука рассматривает фотон как фундаментальную элементарную частицу, не обладающую структурой и размерами. В настоящее время представление фотона сводится к шарикю минимальных размеров, не ясно, каких. При этом срабатывает инерция мышления ученых за счет переноса традиционных знаний и принципов макромира на квантово-механический уровень материального мира. Шар в макромире является наилучшей формой для соотношения его поверхности и объема, что обуславливает оптимизацию условий теплообмена и равномерное распределение энергии. Он исключает также концентрацию тепловых и силовых напряжений, создает максимальную величину и равномерные условия поверхностного натяжения, и др.

Однако на квантово-механическом уровне принципы и приоритеты построения объектов материального мира иные, что обусловлено спецификой квантовых скачков, для которых шар с плавными формами и изменением размеров не может быть реальной структурой. Поэтому на квантовом уровне шар становится слоисто-ступенчатым, что снижает корректность традиционного представления фотона в виде шарика и требуется устранение указанного недостатка.

Целью выполняемой работы является поиск возможных параметров формы и размеров фотона. Ее научную новизну составляет углубление знаний о фотоне и об основах

строения материального мира в виде составляющих его элементарных частиц, к которым относится фотон.

Анализ состояния проблемы и поиск путей ее решения. Решение проблемы определения реальных параметров фотона является важной и актуальной задачей для развития науки в целом, поскольку ведет к лучшему пониманию основ материального мира и строения Вселенной. На этой базе возможно углубление теории строения света и развитие теории построения других элементарных частиц, в частности – кварков. Однако проблемой является отсутствие реальных знаний о форме и параметрах фотона. Нет также ясности о возможных прототипах фотона.

Таким образом, отсутствие ранее известной явной, или подобной исходной информации и правил ее преобразования в конечную, сводит решение данной задачи к 5-му уровню сложности, связанному с научными открытиями. Процедуры поиска таких решений и составления их моделей являются нечеткими и неопределенными, поэтому сложно поддаются формализации, что существенно затрудняет выполнение работы.

Однако полного отсутствия правил и информации для нахождения научных открытий и решения поставленной в данной работе задачи – не существует, поскольку важными исходными положениями являются:

- 1) непротиворечивость процесса поиска уже известным законам природы;
- 2) логичность развития научных знаний от простых составляющих элементов к более сложным;
- 3) общие принципы структурирования уровней материального мира;
- 4) принцип минимальности изменения явлений и действий на квантовом уровне, подтверждением которого является принцип Паули.

Для упрощения поставленной задачи в ней были выделены 2 исходные подзадачи:

А – определение формы и структуры фотона;

Б – определение размерных параметров фотона.

Исходной принята гипотеза, что возможный путь решения данной задачи связан с минимальным квантом пространства Вселенной, поскольку он и фотон относятся к одинаковому уровню малости материального мира. Однако полной аналогии кванта пространства Вселенной и фотона – не существует, поскольку первый – неподвижная пространственная структура, что противоречит возможности существования фотона.

Обоснование формы и параметров фотона и построение его общей физико-математической модели.

При решении поставленных подзадач А, Б учитывали, что минимальный квант пространства Вселенной, в рамках дуализма материального мира, имеет свою частоту колебаний. Минимальность параметров кванта пространства позволяет связать его с минимально возможной во Вселенной величиной – длиной волн гравитационного поля (2), частота колебаний которых составляет максимально возможную во Вселенной величину $\nu_G = 7,4 \cdot 10^{42}$ Гц (константа Настасенко). Она получена на базе строгой физико-математической зависимости (1), состоящей из 3-х исходных фундаментальных физических констант: скорости c света в вакууме, гравитационной постоянной G и постоянной Планка h , что подтверждает такой же уровень ее фундаментальности:

$$\nu_G = \sqrt{\frac{c^5}{Gh}} = 7,39994 \cdot 10^{42} (c^{-1}) \rightarrow 7,4 \cdot 10^{42} (c^{-1}). \quad (1)$$

$$\lambda_G = \frac{c}{\nu_G} = 4,051249 |432| \cdot 10^{-35} (м). \quad (2)$$

В рамках минимальности фотона, его параметры: частота ν_γ и длина λ_γ сводятся к величинам, адекватным (1) и (2). Поскольку меньших величин внешних размеров, чем величина (2), на данном уровне научных знаний о материальном мире не найдено и нет

других строгих физико-математических зависимостей для их определения, которые имеют такой же уровень фундаментальности, как зависимости (1) и (2), то это позволяет считать $\lambda_G = \lambda_\gamma$ минимально возможными величинами, а задачу Б – решенной.

При решении задачи А также использовали возможную связь минимального кванта пространства Вселенной и фотона. На базе принципа минимальности, их форма была сведена к простейшей фигуре – призме с трехгранным основанием и торцом, у которой длина всех сторон $\lambda_G = \lambda_\gamma$ (далее элементарный квант). Поскольку треугольную форму имеют кварки, это позволяет считать предложенную форму кванта пространства достоверной. Для плотной упаковки квантов пространства во Вселенной требуется: 1) формирования парного антипода этой призмы, который имеет аналогичное треугольное основание и зеркально повернутый треугольный торец; 2) объединения 6 таких пар в шестигранную фигуру (далее круговой квант). При этом основание антипода, за счет наклона боковых сторон треугольных торцов, повернуто относительно треугольного основания элементарного кванта на 30° (рис. 1).

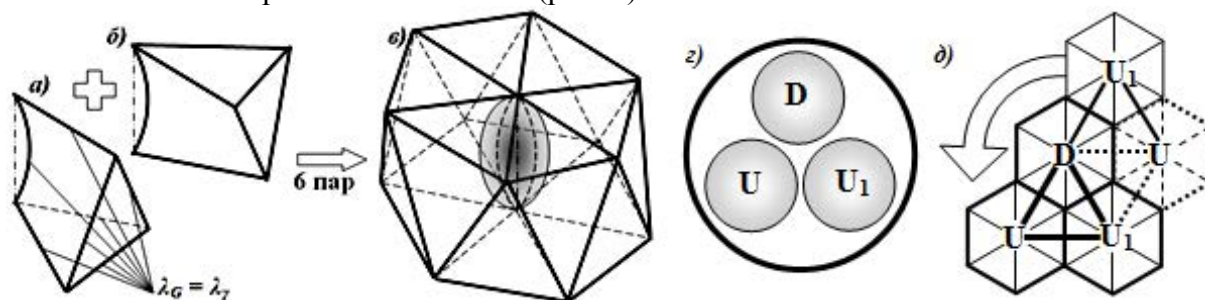


Рисунок 1 – Модель кванта пространства Вселенной и схема его формирования:

- а) элементарный квант, б) антипод, в) круговой квант, г) традиционная модель кварка, д) предлагаемая модель кварка и схема формирования ими кругового кванта

В рамках квантовых принципов шаровая форма составляющих элементов кварка также заменена шестигранной. При этом выступающие за треугольник участки могут перекрываться при плотной упаковке кварками в квантах пространства Вселенной. Формирование круговой формы фотона кварками возможно таким путем: элементы D, U₁ создают элемент U, а вместе они формируют зеркальный соседний кварк, сводя его к виртуальному, затем элементы D, U создают элемент U₁, формируя исходный кварк через один с виртуальным. Поэтому фотон может иметь 3 реальных и 3 виртуальных кварка.

Однако дальнейший анализ показал, что фотон отличается от кругового кванта пространства Вселенной, имеющего пространственную форму. Объясняется это тем, что в рамках принципа неопределенности Гейзенберга, основание кругового кванта связано с горизонтом событий и за период времени $T_\gamma = 1/\nu_\gamma$ оно переходит на новый горизонт событий с разворотом на 30° . В промежутке этого времени фотон не может быть определен, поэтому становится виртуальным. С виртуальной фазой можно связать минимально возможное во Вселенной внутреннее шестигранное гравитационное ядро, в которое сворачивается внешний шестигранник фотона со следующими параметрами: частотой колебаний ν_g (3) и радиусом r_g , или амплитудой A_g (4), которые связаны с круговой постоянной Планка \hbar .

$$\nu_g = \sqrt{\frac{c^5}{G\hbar}} = 18,549049 \cdot 10^{42} (c^{-1}). \quad (3)$$

$$r_g = A_g = \lambda_g = \frac{c}{\nu_g} = 1,616215 \cdot 10^{-35} (м). \quad (4)$$

В общей длине волны λ_γ ядро занимает $2 \times 1,616215 \cdot 10^{-35} = 3,23243 \cdot 10^{-35}$ м, а на остальной длине $0,818819|432| \cdot 10^{-35}$ м происходит развертка и сворачивание поперечной

волны в виде шестигранной фигуры, которая распространяется от центра к периферии с радиальными ребрами, имеющими величину амплитуды $A = \lambda_\gamma$.

Выводы. Модель фотона представляет поперечную волну шестигранной формы, общая длина которой $\lambda_\gamma = 4,051249 \cdot 10^{-35}$ м, а ее максимальная радиальная амплитуда $A_\gamma = 4,051249 \cdot 10^{-35}$ м формируется на участке длиной $\lambda_{\gamma A} = 0,818819 \cdot 10^{-35}$ м. На остальном участке длины волны $\lambda_{\gamma g} = \lambda_\gamma - \lambda_{\gamma A} = 3,23243 \cdot 10^{-35}$ м формируется гравитационное ядро с шестигранной радиальной амплитудой $A_g = 1,616215 \cdot 10^{-35}$ м. Основу шестигранников формируют 3 реальных кварка, которые чередуются через 1 с виртуальными кварками.

ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МАРШОВИМ РУХОМ ПІДВОДНОГО АПАРАТА З ГІДРОБІОНІЧНИМ РУШІЄМ

Ольшєвський С.І.

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

Вступ. Проектування ефективних автономних підводних засобів морської робототехніки (ЗМР) є комплексним завданням, що включає в себе дослідницькі та проектні роботи з декількох напрямків – механіка, гідродинаміка, керування й енергетика. Такі параметри ЗМР як габарити (механіка) визначаються багато в чому параметрами джерел (і перетворювачів) енергії (енергетика) і впливають на процеси руху у водному середовищі (гідродинаміка). Система керування повинна враховувати вплив навколишнього середовища й, наскільки це можливо, передбачати реакцію підводного апарата на зміну впливів, що керують або збурюють. Об'єктом дослідження є дослідницький підводний апарат оглядового типу із гідробіонічним рушієм. Предмет дослідження (розробки) – ієрархічна система керування підводним апаратом із гідробіонічним рушієм.

Актуальність досліджень. За останні роки у всьому світі значно підвищилася увага до автономних підводних систем як цивільного так і військового призначень. Це пов'язане, зокрема, із значним прогресом у розвитку цифрової техніки і можливості вирішувати завдання керування ЗМР із використанням алгоритмів як традиційного типу, так і систем з елементами штучного інтелекту. Тому теоретичне дослідження принципів побудови систем автоматичного керування автономних ненаселених підводних апаратів з гідро біонічними рушіями є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перші автономні безлюдні підводні апарати (АБПА) [1] використовували прості системи керування аналогового (на початку існування АБПА) типу, потім – цифрові системи на жорсткій логіці та прості програмні автомати. З причини одиничності й оригінальності кожного АБПА електронні системи були «саморобними» – індивідуального виготовлення, з урахуванням конкретних особливостей та вирішуваних завдань.

Щодо ЗМР з гідробіонічними рушіями, то дослідження почалися значно пізніше, ніж робота з АБПА з традиційним рушійним комплексом. Протягом 1990-х і на початку 2000-х проводилися, в основному, дослідження самого рушія, визначалися геометричні та кінематичні параметри рушіїв, режими роботи основні особливості побудови систем керування [2–9].

Практично з 2000-х років при дослідженнях і розробках систем керування (СК) гідробіонічними рушіями використовували системи індивідуального виготовлення [10], але у якості основного елемента використовувався 8-ми розрядний мікроконтролер. Таким чином з самого початку використовувалися системи програмного керування. Ускладнення сучасних задач відповідає підвищенню можливостей мікропроцесорної техніки і дозволяють на цей час будувати системи керування з використанням 64-х розрядних контролерів і програмувати складні алгоритми керування обладнанням.

Постановка задачі. Метою роботи є визначення основних параметрів системи керування ЗМР з гідробіонічним рушієм. Практичною задачею є розробка структури системи керування ЗМР, визначення вимог до складу обладнання та взаємодії окремих елементів системи керування.

Результати досліджень. Починаючи з 2000-х років у якості основного керуючого елемента системи керування використовуються мікроконтролери [10]. При чому практично одразу використовувалася узагальнена ієрархічна багаторівнева структура. Кількість рівнів

багато в чому залежить від складності моделі ЗМР та уподобань автора – від класичної з трьома рівнями (стратегічний, оперативний, виконавчий) [1] до можливості відокремлення рівнів керування для кожного з'єднання гідробіонічного рушія. При цьому така стратегія розповсюджується як на СК, так і на математичні та імітаційні моделі. Окрема увага придатиться верифікації моделей та оптимізації їх параметрів [12, 13]. Крім цього, пропонувалось використовувати в якості еталона геометричні параметри положення елементів рушія. У подальшому це використовувалося в якості геометричних шаблонів (pattern) стану безпосередньо або в якості початкових даних для СК.

Починаючи з 2000-х років стала помітна тенденція використання типових стандартів і рішень в побудові апаратної частини СК з використанням серійних контролерів та мікроЕОМ стандартів мікроРС та РС-104. Одночасно рішення основних задач керування все більш переноситься на програмну частину СК. Ієрархічна структура загальної СК використовується як у моделях, так і у кінцевої СК. Однак до структури додаються окремим рівнем датчики та схеми перетворення (віртуальні прилади). При цьому рівень виконавчих механізмів описується за допомогою типових методів безперервних систем керування – динамічних структурних схем.

Найбільш детально та зв'язано проблему взаємопов'язаності проектування системи керування та самого рушія висвітлено в [11, 12]. Але і в цьому випадку зв'язок розглядається на рівні математичних рівнянь механіки без урахування як кінематики (нелінійні процеси перетворення руху) так і енергетики. Результати цих робіт можна використовувати скоріш в якості напрямку подальшого дослідження ніж довідника для розробки реальних пристроїв керування.

Виходячи з наведеного вище пропонується обмежити складність структури САК трьома рівнями:

А. Стратегічний (навігація, траєкторний рух);

Б. Оперативне керування (вектор або вектори тяги для САК рухом);

В. Виконавчий рівень (САК рушієм, напруга та струм у функції часу та кутових параметрів рушія).

При цьому передбачається, що кожен рівень сам є складною системою і може складатися із декількох підсистем. Крім того, вид математичного апарата, що буде використовуватися для кожного рівня, не обмежується конкретним загальним типом. Це означає, що одночасно на різних рівнях або у складі різних підсистем одного рівня можуть використовуватися як класичні методи (ПІД-регулятори, адаптивні регулятори, робастні системи та інші), так і системи з використанням штучних нейронних мереж та інші сучасні методи.

Вимоги до параметрів системи керування виконавчого рівня однозначно визначаються параметрами електромеханічної частини рушія і умовами роботи – максимальні значення енергетичної та інформаційної складових можливо визначити на етапі проектування та скорегувати, якщо виникне необхідність, на етапах моделювання та відпрацювання програмної складової системи керування.

Так у результаті проведення розрахунків та моделювання [5] отримані чисельні дані та графічні залежності (рисунок 1–2) для важливих характерних кінематичних параметрів рушія та його гідродинамічних властивостей.

Таким чином, необхідною умовою якісної роботи системи керування є урахування відсутності симетрії у циклічному русі елементів рушія та урахування можливих швидких змін гідродинамічних сил.

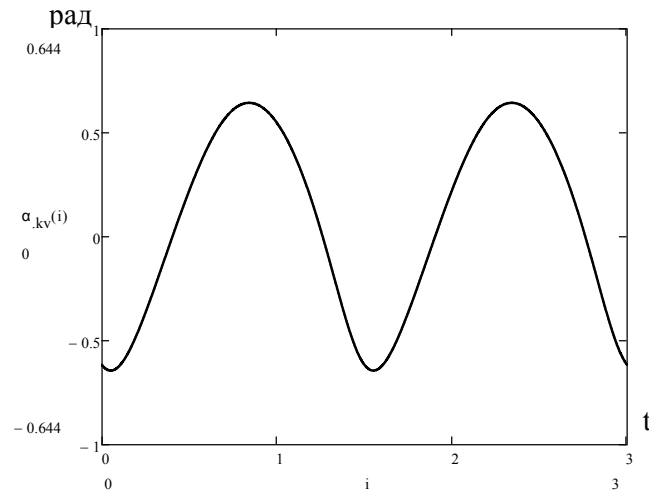


Рисунок 1 – Залежність кута повороту крила рушія $\alpha_{кр}$ від часу

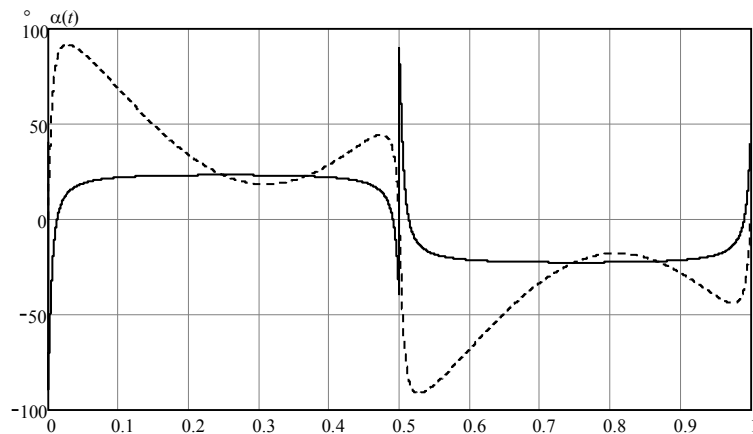


Рисунок 2 – Миттєве значення кута атаки α при маршовій швидкості 0,1 м/с для гармонійного та лінійного законів зміни кута повороту крила

Висновки. Визначені мінімально необхідні складові ієрархічної системи керування маршовим рухом ЗМР з гідробіонічним рушієм. Використання модульного принципу дозволяє проводити моделювання, відпрацювання та модернізацію системи керування відносно простими засобами і окремо для кожного модуля. Передбачається у подальшому детально розробити та описати процес синтезу (у тому чолі і моделювання) системи керування виконавчого рівня з порівнянням результатів для різноманітних структур і методів керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Автономные подводные роботы: системы и технологии [Текст] / М.Д. Агеев, Л.В. Киселев, Ю.В. Матвиенко и др.; под общ. ред. М.Д. Агеева; [отв. ред. Л.В. Киселев]; Ин-т проблем морских технологий. – М.: Наука. 2005. – 398 с. – ISBN 5-02-033526-6.
2. S. Kelly, R. Mason, C. Anhalt, R. Murray, and J. Burdick. Modelling and experimental investigation of carangiform locomotion for control. [In American Control Conference, 1998]. Proceedings of the 1998, vol. 2, 24-26 June 1998, pp. 1271–1276.

3. M. Sfakiotakis, D. Lane, and J. Davies. Review of fish swimming modes for aquatic locomotion. [IEEE Journal of Oceanic Engineering], vol. 24, no. 2, pp. 237–252, April 1999.
4. J. Yuh. Design and Control of Autonomous Underwater Robots: A Survey. [Autonomous Robots], vol. 8, pp. 7–24. (2000). Retrieved from: <https://dblp.org/rec/journals/arobots/Yuh00>.
5. Блинцов В.С., Ольшевский С.И. Моделирование гидробионического движителя плавникового типа для задач синтеза систем управления. Науковий вісник Херсонської державної морської академії.– Херсон: ХДМА, 2012. - №6 . – с. 211-224.
6. K.A. Morgansen, V. Duindam, R. J. Mason, J. W. Burdick, and R. M. Murray, “Nonlinear control methods for planar carangiform robot fish locomotion,” in Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation, Seoul, Korea, 2001, pp. 427–434.
7. K.A. Morgansen, P. A. Vela, and J. W. Burdick, “Trajectory stabilization for a planar carangiform robot fish,” in Proceedings of the 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation, vol. 1, pp. 756-762.
8. Liu, J.; Hu, H.: Building a Simulation Environment for Optimising Control Parameters of an Autonomous Robotic Fish, Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, September, 2003, pp.317-322.
9. D.A. Read, F.S. Hover, Michael Triantafyllou. Forces on oscillating foils for propulsion and maneuvering. January 2003. Journal of Fluids and Structures 17 (1) :163–183. DOI: 10.1016/S0889-9746(02)00115-9.
10. D. Tzeranis, E. Papadopoulos, and G. Triantafyllou, «On the Design of an Autonomous Robot Fish,» Proc. of the 11th IEEE Mediterranean Conf. on Control and Automation (MED 2003), Rhodes, pp. 17-20, 2003.
11. J. Liu and H. Hu, “A 3D simulator for autonomous robotic fish”, International Journal of Automation and Computing, vol. 1, pp. 42-50, 2004.
12. Liu, J., Hu, H., Building a 3D Simulator for Autonomous Navigation of Robotic Fishes, Proc. Of 2004 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, Japan, 2004.

РАЦИОНАЛИЗАЦІЯ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ МАГНІТОЛЕВІТИРУЮЩОГО ПОЕЗДА

Поляков В.А., Хачанурідзе Н.М.

*Інститут транспортних систем і технологій НАН України
(Україна, г. Дніпр)*

Введення. Якість динаміки магнітолевітуючого поїзда (МЛП) – визначальною фактором безпеки, комфорту пасажирів і збереженості перевезуваних вантажів, а також кількості і якості використання енергії, витраченої на тягу, управління і підвішування. Це значно підвищує вимоги до якості досліджень такої динаміки. Багато з МЛП існують в єдиному екземплярі. Природний експеримент над ними долог, дорог, небезпечний, або взагалі неможливий. Тому максимально можлива частина досліджень динаміки таких поїздів повинна бути комп'ютеризована.

Актуальність дослідження. Основними критеріями якості методики моделювання динаміки МЛП слід вважати повноту, синтетичність і зручність органічного урахування параметрів, структури системи, а також протікаючих в ній процесів. Аналіз, виходячий з цих критеріїв традиційних методик моделювання, свідчать про невисоку їх якість. Створення більш раціональних методик є, безумовно, важливим і актуальним.

Постановка задачі. Розробка раціональної методики моделювання динаміки МЛП – задача роботи.

Матеріал і результати дослідження. Движення МЛП зручно вивчати відносно шляху. Але при цьому пов'язані системи відліку екіпажів стають неінерціальними. Розв'язання задачі відносного руху вимагає урахування ейлерових сил інерції [1], фактично являючись псевдосилами [2]. Не будучи силами фізичного взаємодіяння, вони залежать виключно від вибору конкретної подвижної системи координат.

Модель відносного руху поїзда, як правило, будується [3,4] з використанням рівнянь Лагранжа другого роду. При цьому до реальних фізичних возмущень системи додаються ейлерові псевдосили інерції. Вирази для їх визначення громоздкі і складні, а отримання з використанням лагранжіана системи – ускладнено. Це вимагає явно вносити ці псевдосили в праві частини моделі відносної динаміки. Крім того, модель, побудована з використанням рівнянь Лагранжа, справедлива лише для координат, прийнятих при її складанні. Будь-яке їх змінення вимагає перебудови існуючої моделі.

Виникає необхідність створення методики моделювання руху МЛП, позбавленої відмічених недосконалостей, неминувих для традиційних методик. Створювана методика повинна полегшувати процес і вдосконалювати результат дослідження. Цілесобразною є орієнтація на автоматизацію процесу моделювання з використанням ефективних математичних методів і систем комп'ютерної математики.

В основу шуканої методики можуть бути покладені тензорні методи моделювання, руху [5]. Результати аналізу свідчать про їх суттєві переваги порівняно з традиційними методами. Основними з цих переваг є: інваріантність отримуваних рівнянь відносно перетворень координат; геометризація процесів аналізу і синтезу руху; радикальне підвищення компактності і зрозумілості виразів; рекуррентно-блоковий характер процедури моделювання з будь-якою виможуваною глибиною вкладеності; можливість високої формалізації і автоматизації процесу дослідження на базі систематичного використання комп'ютерної техніки.

Расчётная схема механической подсистемы МЛП, как правило, представима агрегатом твёрдых тел, соединённых связями через податливые блоки. Динамики каждого такого тела в инерциальной системе координат $OX_p \forall p \in \overline{[1, 3]}$ описывается уравнениями [6]:

$$f_{ij\alpha\beta} \cdot \ddot{\varepsilon}_{ij}^\beta + E_{ij\alpha,\beta\gamma} \cdot \dot{\varepsilon}_{ij}^\beta \cdot \dot{\varepsilon}_{ij}^\gamma = K_{ij\alpha} \quad \forall \alpha, \beta, \gamma \in \overline{[1, 6]}, \quad (1)$$

где $f_{ij\alpha\beta}, E_{ij\alpha,\beta\gamma} \forall \alpha, \beta, \gamma \in \overline{[1, 6]}$ – ковариантный метрический тензор j -го опорного тела расчётной схемы i -го экипажа МЛП, и трёхиндексный символ Кристоффеля 1-го рода того же тела в координатах $\varepsilon_{ij}^\beta \forall \beta \in \overline{[1, 6]}$; $\varepsilon_{ij}^\beta, K_{ij\alpha} \forall \alpha, \beta \in \overline{[1, 6]}$ – опорные координаты этого тела в триэдре $OX_p \forall p \in \overline{[1, 3]}$, и соответствующие им обобщённые силы.

Уравнения (1) – тензорные [6]. Поэтому они инвариантны относительно координат, в которых записаны. В координатах $\rho_{ij}^\kappa \forall \kappa \in \overline{[1, 6]}$, определяющих положение того же тела относительно неинерциального триэдра $iQY_q \forall q \in \overline{[1, 3]}$, сопровождающего i -ый экипаж, движение этого тела может быть описано моделью, получаемой из (1) подстановкой

$$\varepsilon_{ij}^\beta = \frac{\partial \varepsilon_{ij}^\beta}{\partial \rho_{ij}^\kappa} \cdot \rho_{ij}^\kappa \quad \forall \beta, \kappa \in \overline{[1, 6]} \quad (2)$$

и умножением получающихся выражений на матрицу преобразования

$$\tau_{ij\kappa}^\beta = \frac{\partial \varepsilon_{ij}^\beta}{\partial \rho_{ij}^\kappa} \quad \forall \beta, \kappa \in \overline{[1, 6]}. \quad (3)$$

Из (2) следует, что

$$\dot{\varepsilon}_{ij}^\beta = \frac{\partial \varepsilon_{ij}^\beta}{\partial \rho_{ij}^\kappa} \cdot \dot{\rho}_{ij}^\kappa = \tau_{ij\kappa}^\beta \cdot \dot{\rho}_{ij}^\kappa \quad \beta, \kappa \in \overline{[1, 6]}. \quad (4)$$

Тогда

$$\ddot{\varepsilon}_{ij}^\beta = \ddot{\rho}_{ij}^\kappa \cdot \tau_{ij\kappa}^\beta + \dot{\rho}_{ij}^\kappa \cdot \dot{\tau}_{ij\kappa}^\beta \quad \forall \beta, \kappa \in \overline{[1, 6]}. \quad (5)$$

В последних выражениях, исходя из (3),

$$\dot{\tau}_{ij\kappa}^\beta = \frac{d}{dt} \frac{\partial \varepsilon_{ij}^\beta}{\partial \rho_{ij}^\kappa} = \dot{\rho}_{ij}^n \cdot \frac{\partial^{(2)} \varepsilon_{ij}^\beta}{\partial \rho_{ij}^\kappa \partial \rho_{ij}^n} = \dot{\rho}_{ij}^n \cdot \frac{\partial}{\partial \rho_{ij}^n} \tau_{ij\kappa}^\beta \quad \forall \beta, \kappa, n \in \overline{[1, 6]}. \quad (6)$$

После подстановки выражений (4) – (6) в модель (1), она приобретает вид

$$f_{ij\alpha\beta} \cdot (\ddot{\rho}_{ij}^\kappa \cdot \tau_{ij\kappa}^\beta + \dot{\rho}_{ij}^\kappa \cdot \dot{\rho}_{ij}^n \cdot \frac{\partial}{\partial \rho_{ij}^n} \tau_{ij\kappa}^\beta) + E_{ij\alpha,\beta\gamma} \cdot \tau_{ij\kappa}^\beta \cdot \dot{\rho}_{ij}^\kappa \cdot \tau_{ijn}^\gamma \cdot \dot{\rho}_{ij}^n = K_{ij\alpha} \quad \forall \alpha, \beta, \gamma, \kappa, n \in \overline{[1, 6]}. \quad (7)$$

Умножая эти уравнения на τ_{ijp}^α , со свёрткой по α , модель движения рассматриваемого опорного тела относительно триэдра $iQY_q \forall q \in \overline{[1, 3]}$ получаем в виде

$$g_{ijp\kappa} \cdot \ddot{\rho}_{ij}^\kappa + \Gamma_{ijp,\kappa n} \cdot \dot{\rho}_{ij}^\kappa \cdot \dot{\rho}_{ij}^n = T_{ijp} \quad \forall p, \kappa, n \in \overline{[1, 6]}. \quad (8)$$

$$g_{ijp\kappa} = f_{ij\alpha\beta} \cdot \tau_{ijp}^\alpha \cdot \tau_{ij\kappa}^\beta; \quad \Gamma_{ijp,\kappa n} = f_{ij\alpha\beta} \cdot \tau_{ijp}^\alpha \cdot \frac{\partial}{\partial \rho_{ij}^n} \tau_{ij\kappa}^\beta + E_{ij\alpha,\beta\gamma} \cdot \tau_{ijp}^\alpha \cdot \tau_{ijn}^\gamma;$$

$$T_{ijp} = K_{ij\alpha} \cdot \tau_{ijp}^\alpha \quad \forall \alpha, \beta, \gamma, p, \kappa, n \in \overline{[1, 6]}, \quad (9)$$

где $g_{ijp\kappa}, \Gamma_{ijp,\kappa n}, T_{ijp} \forall p, \kappa, n \in \overline{[1, 6]}$ – ковариантный метрический тензор рассматриваемого тела, его трёхиндексный символ Кристоффеля 1-го рода в координатах $\rho_{ij}^\kappa \forall \kappa \in \overline{[1, 6]}$, а также соответствующие этим координатам обобщённые силы.

В модели (8), (9), как известно [6],

$$\Gamma_{ijp,кn} = 0,5 \cdot \left(\frac{\partial g_{ijpk}}{\partial \rho_{ij}^n} + \frac{\partial g_{ijpn}}{\partial \rho_{ij}^k} - \frac{\partial g_{ijkn}}{\partial \rho_{ij}^p} \right) \forall p, к, n \in \overline{[1, 6]}. \quad (10)$$

Итак, модель (8) – (10) описывает относительное движение свободного опорного тела расчётной схемы экипажа МЛП в неинерциальном триэдре $iQY_q \forall q \in \overline{[1, 3]}$.

До объединения в расчётную схему поезда, конфигурация входящих в неё тел в триэдрах $iQY_q \forall i \in \overline{[1, N]}, q \in \overline{[1, 3]}$ может быть определена опорными координатами

$$\xi^\beta \forall \beta \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}, \quad (11)$$

где N, N – число опорных тел в расчётной схеме экипажа, а также таких экипажей в поезде.

После сопряжения, на движения тел расчётной схемы МЛП накладываются ограничения, формализуемые уравнениями связей, которые будем считать склерономными голономными

$$\xi^\beta = \xi^\beta(\eta^\lambda) \forall \beta \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}, \lambda \in \overline{[1, L]}, \quad (12)$$

где $\eta^\lambda \forall \lambda \in \overline{[1, L]}, L$ – принятые обобщённые координаты и их число.

Способ сопряжения тел в расчётной схеме МЛП опишем её структурной матрицей [5]

$$s = \frac{\partial \xi^\beta}{\partial \eta^\lambda} \forall \beta \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}, \lambda \in \overline{[1, L]}. \quad (13)$$

Пользуясь координатами (11), движение совокупности тел, входящих в расчётную схему МЛП, может быть описано моделью, являющейся совокупностью уравнений вида (8)

$$b_{\alpha\beta} \cdot \ddot{\xi}^\beta + B_{\alpha,\beta\gamma} \cdot \dot{\xi}^\beta \cdot \dot{\xi}^\gamma = U_\alpha \forall \alpha, \beta, \gamma \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}; \quad (14)$$

$$b_{\alpha\beta} = \text{diag} \{ [g_{ijpk}] \}; \quad B_{\alpha,\beta\gamma} = \text{diag} \{ [\Gamma_{ijp,кn}] \}; \quad U_\alpha = [\Gamma_{ijp}]^T$$

$$\forall \alpha, \beta, \gamma \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}; i \in \overline{[1, N]}; j \in \overline{[1, N]}; p, к, n \in \overline{[1, 6]}, \quad (15)$$

где $b_{\alpha\beta}, B_{\alpha,\beta\gamma} \forall \alpha, \beta, \gamma \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}$ – ковариантный метрический тензор совокупности и её трёхиндексный символ Кристоффеля 1-го рода в координатах $\xi^\beta \forall \beta \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}$; $U_\alpha \forall \alpha \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}$ – обобщённые силы, соответствующие этим координатам.

Уравнения (14), как и их составляющие – уравнения (8), тензорные. Поэтому они форминвариантны относительно преобразований координат, в которых записаны. То есть, могут быть (без изменения формы) преобразованы к записи в координатах $\eta^\lambda \forall \lambda \in \overline{[1, L]}$. Для этого, аналогично преобразованию уравнений (1) в модель (8), воспользуемся структурной матрицей (13) расчётной схемы МЛП, а также выражениями

$$\dot{\xi}^\beta = \frac{\partial \xi^\beta}{\partial \eta^\lambda} \cdot \dot{\eta}^\lambda \forall \beta \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}; \lambda \in \overline{[1, L]}; \quad (16)$$

$$\ddot{\xi}^\beta = \frac{\partial \xi^\beta}{\partial \eta^\lambda} \cdot \ddot{\eta}^\lambda + \frac{\partial^2 \xi^\beta}{\partial \eta^\lambda \partial \eta^\mu} \cdot \dot{\eta}^\lambda \cdot \dot{\eta}^\mu \forall \beta \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}; \lambda, \mu \in \overline{[1, L]}, \quad (17)$$

непосредственно следующих из уравнений (12) связей, наложенных на тела этой схемы. После умножения уравнений (14) на матрицу (13), а также подстановки в них соотношений (16) и (17), модель движения МЛП в координатах $\eta^\lambda \forall \lambda \in \overline{[1, L]}$, то есть относительно неинерциальных триэдров $iQY_q \forall i \in \overline{[1, N]}, q \in \overline{[1, 3]}$, получаем в виде

$$c_{\lambda\mu} \cdot \ddot{\eta}^\mu + C_{\lambda,\mu\nu} \cdot \dot{\eta}^\mu \cdot \dot{\eta}^\nu = Y_\lambda \forall \lambda, \mu, \nu \in \overline{[1, L]}; \quad (18)$$

$$c_{\lambda\mu} = b_{\alpha\beta} \cdot \frac{\partial \xi^\alpha}{\partial \eta^\lambda} \cdot \frac{\partial \xi^\beta}{\partial \eta^\mu} \forall \alpha, \beta \in \overline{[1, 6 \cdot N \cdot N]}; \lambda, \mu \in \overline{[1, L]}; \quad (19)$$

$$C_{\lambda,\mu\nu} = b_{\alpha\beta} \cdot \frac{\partial \xi^\alpha}{\partial \eta^\lambda} \cdot \frac{\partial^2 \xi^\beta}{\partial \eta^\lambda \partial \eta^\nu} + \frac{\partial \xi^\alpha}{\partial \eta^\lambda} \cdot \frac{\partial \xi^\beta}{\partial \eta^\mu} \cdot \frac{\partial \xi^\gamma}{\partial \eta^\nu} \cdot B_{\alpha,\beta\gamma} \quad (20)$$

$\forall \alpha, \beta, \gamma \in [1, 6 \cdot H \cdot N]; \lambda, \mu, \nu \in [1, L];$

$$Y_\lambda = \frac{\partial \xi^\alpha}{\partial \eta^\lambda} U_\alpha \quad \forall \alpha, \beta, \gamma \in [1, 6 \cdot H \cdot N]; \lambda \in [1, L], \quad (21)$$

где $c_{\lambda\mu}, C_{\lambda,\mu\nu}, Y_\lambda \quad \forall \lambda, \mu, \nu \in [1, L]$ – ковариантный метрический тензор агрегата, являющегося расчётной схемой поезда, его трёхиндексный символ Кристоффеля 1-го рода в координатах $\eta^\lambda \quad \forall \lambda [1, L]$, а также обобщённые силы им соответствующие.

Аналогично (10),

$$C_{\lambda,\mu\nu} = 0,5 \cdot \left(\frac{\partial c_{\lambda\mu}}{\partial \eta^\nu} + \frac{\partial c_{\lambda\nu}}{\partial \eta^\mu} - \frac{\partial c_{\mu\nu}}{\partial \eta^\lambda} \right) \quad \forall \lambda, \mu, \nu \in [1, L]. \quad (22)$$

Построение модели (18), (19), (21), (22) требует использования лишь операций матричной алгебры. Они реализуемы, например, с использованием символьного компонента системы компьютерной математики Mathematica. Поэтому такое построение происходит в полностью автоматическом режиме, имея своим результатом выражения всех элементов указанной модели. При этом в полученных уравнениях модели относительного движения автоматически учтены все члены, отражающие истинное динамическое силовое равновесие в системе. Понятия псевдосил инерции при этом не требуются. Упомянутые уравнения снова являются тензорными. Поэтому они, без фундаментальной перестройки, преобразуемы (согласно изложенному алгоритму) как к любой иной системе обобщённых координат, так и к структуре расчётной схемы исследуемого объекта. Это, наряду с прочими достоинствами, обеспечиваемыми современными системами компьютерной математики [7], позволяет облегчить и усовершенствовать исследования по анализу естественной и, на этой основе, синтезу управляемой динамики МЛП.

Выводы. Разработана рациональная методика моделирования динамики МЛП, лишённая несовершенств, неизбежных для традиционных методик, и обладающая свойствами, способными облегчать процесс и усовершенствовать результат исследования. Методика базируется на эффективных тензорных методах и ориентирована на автоматизацию процесса моделирования с использованием систем компьютерной математики. Этим решена задача настоящей части исследования.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Берёзкин Е. Н. Курс теоретической механики. – М.: Изд-во МГУ, 1974. 647 с.
2. Ишлинский А. Ю. Классическая механика и силы инерции. – М.: Наука, 1987. 320 с.
3. Дзензерский В. А., Радченко Н. А. Динамика транспорта на сверхпроводящих магнитах. – Днепропетровск: Арт-Пресс, 2003. 232 с.
4. Дзензерский В. А., Зевин А. А., Радченко Н. А., Хачапуридзе Н. М. Некоторые вопросы математического моделирования левитационного движения электродинамических транспортных средств// Математическое моделирование в образовании, науке и промышленности: Сб. научн. трудов. – СПб: Санкт-Петербургское отделение МАН ВШ, 2000. С. 65 - 66.
5. Корнев Г. В. Целенаправленная механика управляемых манипуляторов. – М.: Наука, 1979. 448 с.
6. Лурье А. И. Аналитическая механика. – М.: Гостехиздат, 1961. 824 с.
7. Дьяконов В. П. Mathematica 4: учебный курс. – СПб.: Питер, 2001. 656 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ШИРОКОГО КЛАССА

Прокопчук Ю.А.

*Институт технической механики НАНУ и ГКАУ, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры
(Украина, г. Днепр)*

Введение и постановка задач. Исследования в области когнитивных технических систем (CTS) направлены на разработку машин, транспортных средств, ассистентов и роботов, которые способны автономно воспринимать окружающую среду и взаимодействовать с ней, как живое существо (Building Machines that Learn and Think Like People) [1 - 6]. Для CTS необходимо быстро и качественно обрабатывать большие объемы данных, выявлять сложные связи и зависимости, а по алгоритмам, близким к человеческому мышлению, вырабатывать варианты решений, чтобы управляющие специалисты могли быстро сделать выбор нужных действий.

В докладе рассматривается математическое и программное обеспечение критически важных целенаправленных (транспортных, космических) систем, для которых неприемлемы отказы/сбои функционирования. Отмечаются феноменологические особенности сложных (критических) систем и сложных проблемных ситуаций, исключающих возможность их моделирования с помощью традиционных аналитико-математических методов. Такими особенностями являются многофакторность, динамичность, неопределенность, а также высокая роль субъективности операторов, принимающих те или иные решения. Разработка моделей CTS сталкивается с многочисленными трудностями («ловушками»), возникающими на всех стадиях конструирования моделей: стадиях идентификации, концептуализации, формализации и тестирования, составляющих специфику разработки всех технологий поддержки, основанных на знаниях.

Область исследований CTS является мультидисциплинарной и включает в себя, в частности, такие разделы: AI assistants, eXplainable AI, Naturalistic decision-making, Cyber-Physical Systems, System of Systems (SoS), Sensemaking Platform, Digital Twin Technology, Cognitive Operational Systems (COS), VR/AR, Neuromorphic Engineering, Neuromorphic Computing, Urgent computing, Cognitive computing, Big Data Calculus, Cognitive Systems Engineering, Data Science Machine Eliminates Human Intuition, Computer Vision and Computer Graphics, Human-Machine Interaction, Natural Language Processing, Simulation и другие.

В докладе рассматриваются подходы к решению следующих взаимосвязанных вопросов:

- когнитивные ассистенты – стратегический ресурс обеспечения эффективности и информационно-системной безопасности сложных технических систем;
- элементы технологии построения когнитивных транспортных систем;
- принципы моделирования когнитивных функций оператора при управлении динамическим объектом;
- когнитивные технологии в моделировании сложных многопараметрических динамических технических систем;
- аспекты построения когнитивной СППР при борьбе за живучесть транспортного средства;

- когнитивный Интернет вещей: методология построения когнитивных сенсоров и сети когнитивных сенсоров.

Предлагается новая методология моделирования и построения CTS, которая основана на парадигме предельных обобщений (ППО): машине анализа и интеграции данных, имитирующей человеческую интуицию [5 - 8]. Основой является сеть когнитивных сенсоров, Sketch Networks («Sketch Networks Thinking Themselves»), методология извлечения смысла информации (концепт «тонкий срез»), концепт «адаптационный максимум» и «искусственный коннектор» CTS. CTS реализуют, в частности, систему раннего предупреждения о технических неисправностях, что значительно повышает безопасность.

Примеры CTS. Технологии Smart-City: Автономный транспорт. Olli - это беспилотный микроавтобус, который разговаривает с пассажирами. Разработанный компанией Local Motors, он был оснащён программными продуктами IBM Watson IoT и Watson API (Перевод Речи в Текст, Классификатор Естественного Языка, Извлечение Объектов, Перевод Текста в Речь). IBM Watson IoT – первая промышленная реализация когнитивного Интернета. На базе IBM Watson создаются AI-ассистенты CTS.

Как пилот может проложить маршрут так, чтобы полет прошел гладко? Турбулентность - это не только вопрос комфорта в полете. Она влияет на производительность и стоит авиакомпаниям более 100 миллионов долларов в год: в такую сумму обходятся содержание и операционные расходы из-за задержек и перестроек маршрута. До настоящего момента появление турбулентности - особенно вызванной штормами (конвективную турбулентность) - было трудно спрогнозировать традиционными методами метеорологических исследований. Сегодня вместе с советником-универсалом IBM Watson авиаперевозчики разрабатывают интеллектуальную систему обнаружения турбулентности, которая совмещает данные IoT сенсоров с миллиардами показателей со станций The Weather Company® и оперативными данными от пилотов, выполняющих полеты в зоне исследований. Вместе эта ценная информация позволяет своевременно, точно и эффективно оповещать пилотов о турбулентности и прогнозах погоды по пути следования. Пилоты могут предусмотреть и отреагировать на турбулентность до того, как она повлияет на полёт. Работая с Watson, пилоты и авиакомпании снижают дискомфорт и экономические последствия.

Airbus использует «когнитивные вычисления» IBM Watson для создания платформы, известной как «Smarter Fleet», которая представляет ряд когнитивных приложений, касающихся эффективности использования топлива, возможностей технического обслуживания и оптимизации эксплуатации самолета (на A350 более 400 000 мониторируемых параметров). Учитывая огромный объем данных, собираемых в настоящее время с датчиков и других подключенных устройств, вероятность получения ценной, полезной информации становится неизмеримо выше. В настоящее время уже 200 авиакомпаний работают с решениями «Умный флот». Ожидается, что AI-ассистенты пилотов радикально повысят информационно-системную безопасность самолетов. Иного решения, дающего такую же эффективность, просто нет.

Учитывая накопленный опыт в авиации, Airbus и IBM разработали и в 2018 году запустили на МКС когнитивного ассистента CIMON (Crew Interactive Mobile Companion) - интеллектуальную, мобильную и интерактивную систему помощи астронавтам. Цифровое лицо CIMON, голос и использование искусственного интеллекта делают его «коллегой» среди членов экипажа. Важно, что CIMON, кроме всего прочего, помогает повысить

безопасность, поскольку он может служить системой раннего предупреждения в случае возникновения технических проблем. Авторская разработка для космических аппаратов [8] также частично решает данную задачу.

Подобные системы разрабатываются и для безопасного судовождения. Например, IBM создает унифицированную платформу управления работой крупного порта. Это поможет избежать аварийных ситуаций и добиться перманентного бесперебойного передвижения судов в порт и из него. Новый сервис базируется на IBM Traffic Prediction Tool. Специалисты рассчитывают, что предиктивный анализ, который может проводить платформа, обеспечит получение операторами порта информации как о расчетном времени прибытия судов в порт, так и о реальном времени прибытия/отправки. Платформа также предусматривает разработку трех новых методов мониторинга морского трафика для обнаружения необычного поведения судов и предотвращения нелегальной погрузки товара. Эти методы включают обнаружение аномалий и дата-майнинг, причем для анализа данных будут использоваться такие мощные инструменты, как IBM Incident Detection Module и IBM System G. Когнитивные ассистенты разрабатываются и для капитанов. Примеры эффективного использования авторского подхода при организации работы в портах даны в [9].

Приведенные выше примеры демонстрируют системный подход к построению когнитивных транспортных систем и сетей с использованием когнитивного Интернета.

Когнитивные сенсоры и сети. В рамках наступающей «Эры усовершенствования» производимые «умные» вещи снабжаются цифровой «нервной системой», которая накапливает всю информацию о поведении в реальном мире (кибер-физические системы - КФС). Потом можно дать задание интуитивному ИИ усовершенствовать умную вещь на основе полученной информации. Так можно оптимизировать детали автомобиля, поезда или конструкции мостов, зданий и т.д. Многие КФС/CTS должны выполнять когнитивные измерения. Разумеется, это касается и когнитивного Интернета, объединяющего «умные» вещи и транспортные средства. Пример – IBM Watson IoT.

В работе [10] описана концепция когнитивных измерений как иерархического процесса грануляции информации, осуществляемого с помощью когнитивных сенсоров. Рассматриваемый «когнитивный сенсор» представляет собой не только информационно-измерительное устройство, познающее объект мониторинга и обеспечивающее получение знаний на базе измерений, но и «понимающую» искусственную систему, способную формировать оценки результатов измерений и проводить рассуждения в интересах текущей диагностики объекта и прогнозирования его будущего состояния. Функционирование когнитивного сенсора опирается на многозначную прагматику измерений. Подобная и близкие работы ставят вопрос о выявлении специфических свойств именно «когнитивных измерений», их отличия от других видов измерений.

Развиваемая автором концепция основана на когнитивном подходе и направлена на повышение осознанности решений искусственных агентов (ассистентов, помощников). Поставленные цели достигаются за счет использования архитектур и процессов ППО, в частности, орграфов значений тестов, орграфов доменов тестов, орграфов набросков образов, системопаттернов, радикалов [5] и т.д. Предложена методика построения ППО-когнитивных сенсоров (ППО-КС). Предложен вариант построения интеллектуальной системы гибридного мониторинга сложных объектов как интеллектуальной агентной среды с использованием ППО-КС [5 - 8].

Дадим рабочее определение «когнитивных измерений» (КИ).

Когнитивними измерениями будем называть такие измерения, при которых значение любого параметра и всех его обобщений/интерпретаций согласованы со всеми индукторами системной модели изучаемого явления.

Приведенное выше определение КИ опирается на три важных постулата: 1) все параметры, факторы имеют множественные обобщения, интерпретации и все интерпретации возникают когерентно (принцип избыточности); 2) имеется системная модель изучаемого явления, которая позволяет имплицитно выполнять внутренний аудит значений параметров (показаний датчиков); 3) системная модель содержит развитую систему индукторов, показания которых должны быть согласованы для измеряемого параметра, включая все интерпретации. Данному выше определению КИ в полной мере отвечает схема конфигуратора теста, приведенная в [5, 7]. Конфигуратор теста реализует концепцию полной диверсификации путей решения задачи различения, поддерживая реальную мультимодельность и мультиформализм, что дает возможность подключать внешние ресурсы, включая агентные сообщества.

Индукторы в рамках конфигураторов тестов являются основой важнейшей когнитивной функции – масштабируемой оценочной функции, как части процессов когнитивного контроля. Предпочитаемые способы оценивания формируются в онтогенезе и, по мере накопления опыта взаимодействия с окружающим миром, становятся устойчивыми, экономными и удобными для осуществления индивидуального оценочного процесса. Ключевая гипотеза состоит в том, что благодаря описанному выше механизму происходит парадоксальное увеличение скорости решения задач различения, для обозначения которого целесообразно использовать термин *эффект избыточности* (прототип urgentных вычислений - Urgent Computing или Extreme Computing).

Системная модель CTS строится на основе «искусственного коннектома», который решает проблему универсальной формализации взаимовлияния факторов, сигналов [5]. Саморазворачивание «коннектома» и есть базовый процесс возникновения, «выращивания» когнитивной измерительной системы CTS.

Выводы. Предложена методология формирования перспективных распределенных систем управления и диагностики для CTS на основе парадигмы предельных обобщений, а также реконфигурируемой и самонастраивающейся COS. Такой подход позволяет решать чрезвычайно сложные задачи в режиме реального времени и в сотрудничестве с людьми. Иного подхода к управлению сложностью нет. Конкретизирована проблема создания «познающих» и «понимающих» (когнитивных) сенсоров и сред.

ЛИТЕРАТУРА

1. M. Lake, Brenden & Ullman, Tomer & B. Tenenbaum, Joshua & J. Gershman, Samuel. (2016). Building Machines That Learn and Think Like People. Center for Brains, Minds & Machines (CBMM) Memo No. 046. arXiv. 10.1017/S0140525X16001837.
2. Botvinick M., Barrett D., Battaglia P. & other (2017). Building machines that learn and think for themselves. Behavioral and Brain Sciences. 40. 10.1017/S0140525X17000048.
3. Васенин В. А., Пирогов М. В., Чечкин А. В. Информационно-системная безопасность критических систем. — Москва: Издательство «КУРС», 2018. — 352 с.
4. Технологии построения когнитивных транспортных систем. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. 30-31 мая 2018 г. СПб.: ИПТ РАН. — Санкт-Петербург. 2018. 278 с.
5. Прокопчук Ю.А. набросок формальной теории творчества. Монография. - Днепр : ГВУЗ «ПГАСА», 2017. - 452 с.

6. Системный анализ и управление сложными системами в условиях неопределенности / А.П. Алпатов, В.Т. Марченко, Ю.А. Прокопчук, А.П. Сарычев, С.В. Хорошилов. - Днепропетровск : ИТМ НАН и ГКА Украины, 2015. - 196 с.

7. Прокопчук Ю.А. К вопросу о построении системной модели активного объекта // Збірник наукових праць міжнародної конференції “Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті” (Херсон, 29 – 31 травня 2018 р.). – Херсон: ХДМА, 2018. – С. 70 – 73.

8. Prokopchuk Yu., Beletskiy A., Ponomareva E. Reconfigurable diagnostic model of spacecraft control complex // Proceedings of the 6th International Conference “Space Technologies: Present and Future” (23 – 26 May, 2017, Dnepr, Ukraine). – Dnepr: Yuzhnoye SDO, 2017. – P. 143.

9. Прохоренков А.М., Истратов Р.А. Сыпучие грузы в порту: обработка по ситуации // Мир транспорта – 2014; (1): 112-125.

10. Святкина М.Н., Тарасов В.Б. Логико-алгебраические методы построения когнитивных сенсоров // Материалы VI междунар. науч.-техн. конф. «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем OSTIS-2016» (Минск, 18 - 20 февраля 2016 года). – Минск : БГУИР, 2016. – С. 331 - 348.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АВТОНОМНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА З РАДІОБУЄМ

Сірівчук А.С.

*Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
(Україна, м. Миколаїв)*

Автономний підводний апарат з радіобуєм (АПА-РБ) складається з двох рухомих об'єктів, з'єднаних гнучкою лінією (рис 1). Автономний підводний апарат (АПА) та радіобуй (РБ) підпорядковуються механіці руху твердого тіла в просторі, виходячи з рівнодійної сили, що впливає на кожен з них. Рух АПА та РБ розраховуються окремо, таким чином забезпечується можливість зміни взаємного розташування.

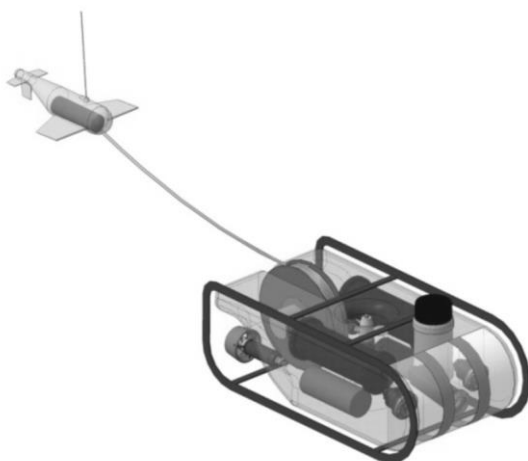


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд АПА РБ проекту «Пошук»

Ключовим елементом в системі АПА-РБ є АПА оскільки він включає в себе всі керуючі елементи (рис.2): лебідку кабель-буксиру (ЛКБ) та двигуни, що складають рушійно-кермовий комплекс (РКК). За керування рухом РБ відповідають допоміжні крила (КЛ), що не дають занурити радіобуй при швидкому русі АПА та хвостові стабілізатори (ХС), для забезпечення стабілізації крену РБ.

В даному моделюючому комплексі обумовлений рух РБ в при поверхневому шарі води, тому вітрохвильові дії на РБ не враховуються. Таким чином в якості сил, які діють на АПА та РБ слід виділити сили гідродинамічного опору (ГД), сили блоку плавучості (БП) та сили кабель-буксиру(КБ), що забезпечує взаємодію між АПА та РБ.

Для спрощення розрахунків опис загальної математичної моделі проходить в трьох системах координат (СК). Таке розділення СК обумовлено тим, що розрахунок сил, які діють на тверде тіло, доцільно розглядати в зв'язаній СК, оцінка руху АПА-РБ розглядається в земній базовій СК, а моделювання КБ проходить в напівзв'язаній СК [1,2].

Зв'язок між системами координат можна виразити за допомогою кутів Ейлера, що виражаються в повороті проти часової стрілки навколо кожної осі[2]:

- кут рискання (курс) φ – кут між проекцією зв'язаної осі Ox на горизонтальну площину і віссю Ox_b ;
- кут диферента (тангажа) ψ – кут між зв'язаною віссю Ox і горизонтальною площиною;
- кут крену θ – кут між діаметральною площиною об'єкта і вертикальною площиною, що включає в себе зв'язану вісь Ox .

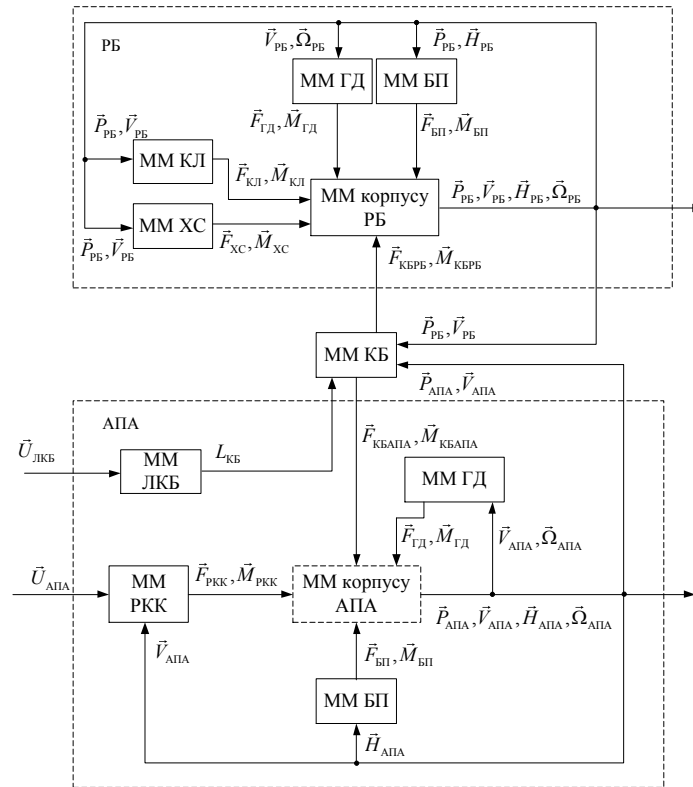


Рисунок 2 – Структура математичної моделі

Кінематичне відношення обертового вектору $\vec{\Omega} = \{\omega_x \quad \omega_y \quad \omega_z\}_R$, зв'язаної СК та напівзв'язаної СК, об'єкту в матричній формі має вигляд:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \theta \\ \varphi \\ \psi \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \sin \psi & 0 \\ 0 & \cos \psi \cos \theta & \sin \psi \\ 0 & -\cos \psi \sin \theta & \cos \psi \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix}.$$

Для вектору поступального руху $\vec{V} = \{v_x \quad v_y \quad v_z\}_R$ кінематичний зв'язок прийме вигляд:

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x_b \\ y_b \\ z_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi \cos \psi & (\sin \varphi \sin \theta - \cos \varphi \sin \psi \cos \theta) & (\cos \varphi \sin \psi \sin \theta + \sin \varphi \cos \theta) \\ \sin \psi & \cos \psi \cos \theta & -\cos \psi \sin \theta \\ -\sin \varphi \cos \psi & (\sin \varphi \sin \psi \cos \theta + \cos \varphi \sin \theta) & (\cos \varphi \cos \theta - \sin \varphi \sin \psi \sin \theta) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \\ v_z \end{bmatrix}.$$

Гідродинамічні сили та моменти з'являються на корпусі внаслідок його руху відносно навколишнього середовища. Основна особливість цих впливів полягає в тому, що вони орієнтовані відносно корпусу АПА. Тому можна безпосередньо виразити складові векторів сил $\vec{F}_{ГД} = \{F_{ГДx}, F_{ГДy}, F_{ГДz}\}_R$ і моментів $\vec{M}_{ГД} = \{M_{ГДx}, M_{ГДy}, M_{ГДz}\}_R$ гідродинамічного походження на вісі зв'язаної СК:

$$F_{ГДx} = -0,5k_{Fx}\rho S_x v_x \cdot |v_x|;$$

$$F_{ГДy} = -0,5k_{Fy}\rho S_y v_y \cdot |v_y|;$$

$$F_{\Gamma Dz} = -0,5k_{Fz}\rho S_z v_z \left| v_z \right|;$$

$$M_{\Gamma Dx} = -0,5k_{Mx}\rho S_x L_x \omega_x \left| \omega_x \right|;$$

$$M_{\Gamma Dy} = -0,5k_{My}\rho S_y L_y \omega_y \left| \omega_y \right|;$$

$$M_{\Gamma Dz} = -0,5k_{Mz}\rho S_z L_z \omega_z \left| \omega_z \right|,$$

де $k_{F_{x,y,z}}$ та $k_{M_{x,y,z}}$ – відповідно коефіцієнти проєкцій сил і моментів гідродинамічного походження на вісі зв'язаної СК; ρ – густина води; $S_{x,y,z}$ – характерна площа АПА; $L_{x,y,z}$ – характерна довжина АПА або РБ. Коефіцієнти $k_{F_{x,y,z}}$ та $k_{M_{x,y,z}}$ визначаються шляхом модельних випробувань в дослідницьких басейнах і мають нелінійний характер.

Загальні вектори сили $\vec{F}_{\text{БП}} = \{F_{\text{БП}x}, F_{\text{БП}y}, F_{\text{БП}z}\}_R$ та моменти $\vec{M}_{\text{БП}} = \{M_{\text{БП}x}, M_{\text{БП}y}, M_{\text{БП}z}\}_R$, що викликані силами ваги та плавучості розраховуються за формулами[2]:

$$F_{\text{БП}x} = (F_\rho - F_g) \sin(\psi);$$

$$F_{\text{БП}y} = (F_\rho - F_g) \cos(\psi) \cos(\Theta);$$

$$F_{\text{БП}z} = -(F_\rho - F_g) \cos(\psi) \sin(\Theta);$$

$$M_{\text{БП}x} = -F_\rho z_b \cos(\psi) \cos(\Theta) - F_\rho y_b \cos(\psi) \sin(\Theta);$$

$$M_{\text{БП}y} = F_\rho x_b \cos(\psi) \sin(\Theta) + F_\rho z_b \sin(\psi);$$

$$M_{\text{БП}z} = F_\rho x_b \cos(\psi) \cos(\Theta) - F_\rho y_b \sin(\psi),$$

де x_b, y_b, z_b – координати точки прикладення сили плавучості відносно центру мас.

Математична модель лебідки кабель-буксиру (ЛКБ) складається з моделі електродвигуна з редуктором та реакції барабана кабельної лебідки [1]:

$$L_{\text{КБ}} = R \int \omega_B dt + L_0$$

$$M_{\text{МР}} = R |F_{\text{КБАПА}}|;$$

$$J \frac{d\omega_B}{dt} = M_{\text{ЕД}} k_{\text{МР}} - M_{\text{МР}};$$

$$M_{\text{ЕД}} = f(u_{\text{КЛ}});$$

$$v_L = \frac{dL_{\text{КБ}}}{dt},$$

де R – радіус барабана КЛ; L_0 – початкове значення довжини випущеної частини.

Для підйомної сили РБ також використовується допоміжні крила, сила яких розраховується за формулою:

$$F_{\text{КЛ}z} = -0,5C_{\text{кx}} \alpha \rho S_{\text{к}} v_x^2 \left| v_x \right|.$$

Якщо припустити, що крила є повністю симетричними, а їх рівнодіюча проходить через центр мас РБ, то момент буде рівний 0.

Корпусу АПА та РБ розглядається відповідно до законів механіки твердого тіла в тривимірному просторі з шістьма ступенями свободи. Три з них характеризують лінійні переміщення центра мас, інші три – обертання твердого тіла відносно центра мас. Кожному ступеню свободи відповідає одна швидкісна координата, у ролі якої виступає проєкція вектора лінійної або кутової швидкості на відповідну вісь зв'язаної СК.

$$m_{xr} \frac{dV_x}{dt} + m_{zr} \omega_y V_z - m_{yr} \omega_z V_y = F_x;$$

$$m_{yr} \frac{dV_y}{dt} + m_{xr} \omega_z V_x - m_{zr} \omega_x V_z = F_y;$$

$$m_{zr} \frac{dV_z}{dt} + m_{yr} \omega_x V_y - m_{xr} \omega_y V_x = F_z;$$

$$J_{xr} \frac{d\omega_x}{dt} = M_x;$$

$$J_{yr} \frac{d\omega_y}{dt} + \omega_x \omega_z (J_{xr} - J_{zr}) + V_x V_z (m_{xr} - m_{zr}) = M_y;$$

$$J_{zr} \frac{d\omega_z}{dt} + \omega_x \omega_y (J_{yr} - J_{xr}) + V_x V_y (m_{yr} - m_{xr}) = M_z,$$

де m_{xr}, m_{yr}, m_{zr} – маса з приєднаними масами води по відповідних осях зв'язаної СК; $V_{x,y,z}$ – проекції вектора \vec{V} на відповідні осі зв'язаної СК; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – проекції вектора $\vec{\Omega}$ на відповідні осі зв'язаної СК; J_{xr}, J_{yr}, J_{zr} – моменти інерції з приєднаними моментами інерції відносно відповідних осей зв'язаної СК;

Висновок. Розроблено математичну модель спільного руху автономного підводного апарата та буксируваного ним радіобую. Розроблена структура математичної моделі дозволяє розробити модульну модель руху апарата з радіобуєм та визначає основні сили та реакції, що проходять під час руху автономного підводного апарата в товщі води та радіобую в приповерхневому шарі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блінцов, О. В. Автоматизація керування одно ланковими прив'язними підводними системами. Навчальний посібник [Текст] / О. В. Блінцов, В. А. Надточій // – Миколаїв: Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова, 2014. – 124с.
2. Лукомский, Ю. А. Навигация и управление движением судов. Учебник [Текст] / Ю. А. Лукомский, В. Г. Пешехонов, Д. А. Скороходов // – СПб.: «Элмор», 2002. – 360 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПАРЕНИЯ ТОКСИЧНОГО ВЕЩЕСТВА С ПЯТНА ПРОЛИВА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ

Скоб Ю.А., Панов А.В.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
(Украина, г. Харьков)

Аварийный пролив токсичных сжиженных газов (СГ) при морской транспортировке или хранении в портах сопровождается испарением в атмосферу опасных химических веществ (ОХВ) с образованием токсичных облаков (рис. 1), причем форма пятна пролива зачастую принимает произвольный вид, что затрудняет процесс математического моделирования возникающих физических процессов.

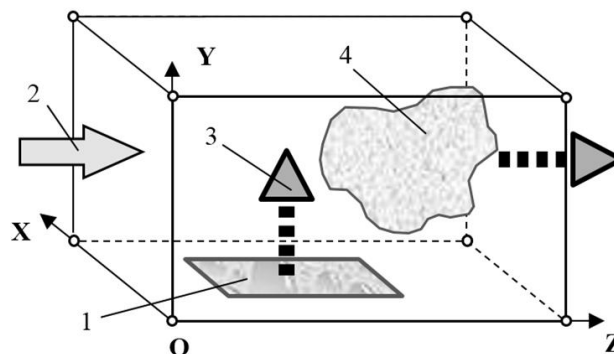


Рисунок 1 – Схема техногенной аварии: 1 – пятно пролива; 2 – поток воздуха; 3 – примесь; 4 – газо-воздушное облако

Полученные в результате математического моделирования рассеяния токсичной примеси в атмосфере [1] пространственно-временные поля массовой концентрации примеси Q позволяют определить величину поражающего фактора – ингаляционную токсодозу D и условную вероятность поражения P обслуживающего персонала (рис. 2).

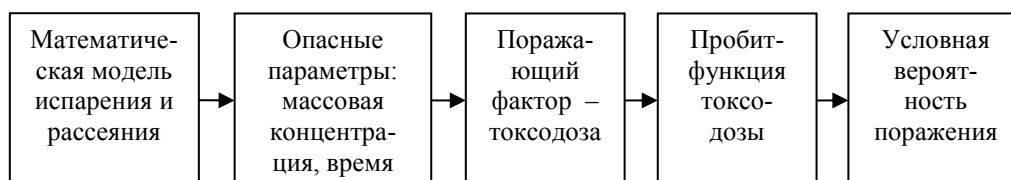


Рисунок 2 – Схема моделирования техногенной аварии

Методика оценки вероятности поражения человека ингаляционной токсодозой на основе пробит-анализа изложена в работе [2].

Возникающее при техногенной аварии течение «испарения» может быть смоделировано на нижних гранях вычислительных ячеек пространственной конечно-разностной сетки в слое у земли, центры которых находятся внутри замкнутого контура пятна пролива. Для определения нахождения некоторой точки P внутри контура воспользуемся методом выпускающего луча (рис. 3).

Если из контрольной точки P выпустить луч PN , параллельный оси координат OZ , то можно определить количество пересечений k многоугольника контура с данным лучом. Если число k – нечетное, значит, контрольная точка P находится внутри контура, в противном случае – точка P располагается вне контура.

На рис. 4 представлены результаты дискретизации пятна пролива на конечно-разностной сетке для заданного координатами вершин произвольного полигона.

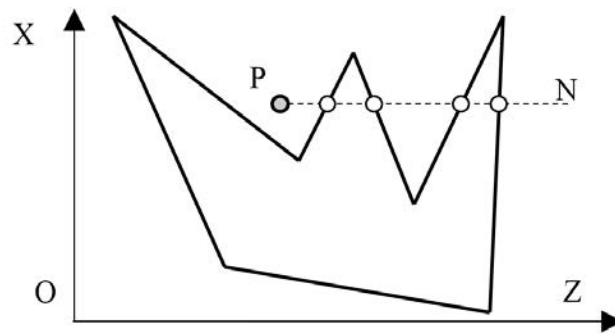


Рисунок 3 – Схема алгоритма випускаючого луча

Применив такой алгоритм один раз в начале газодинамического расчета испарения токсичного вещества с пятна пролива, можно адаптировать пятно пролива, заданное координатами вершин замкнутого контура, к ортогональной конечно-разностной сетке, используемой в газодинамическом расчете. На гранях вычислительных ячеек, центры которых попали внутрь пятна пролива, будут выставляться граничные условия «испарения» (заданный поток массы токсичного газа в результате испарения). На гранях ячеек, центры которых оказались вне контура пятна пролива, будут выставляться граничные условия «непротекания» (нулевой поток массы).

Рассмотрим испарение аварийного пролива 6925 кг сжиженного цианистого водорода (токсичного взрывоопасного вещества плотностью 689 кг/м^3 , молярной массой $0,027 \text{ кг/моль}$, температурой кипения $298,6 \text{ К}$, теплотой испарения 933 кДж/кг) с пятна пролива в форме замкнутого контура произвольной формы, образовавшегося в результате разрушения емкости в районе морского порта (коэффициент степенной зависимости для аппроксимации скорости в атмосферном слое над землей $k = 0,4$) (рис. 4).

Контур пятна пролива представлял собой полигон с вершинами, координаты которых задавались на плоскости XOZ у земли от начала координат O в расчетной области с габаритами $Lx \times Ly \times Lz = 85 \times 10 \times 85 \text{ м}$ и вариантом по количеству ячеек вдоль координатных осей $85 \times 10 \times 85$. По направлению ветра располагались контрольные точки $P_0(34,5; 34,5)$, $P_1(54,5; 54,5)$, $P_2(74,5; 74,5)$ для анализа концентрации примеси.

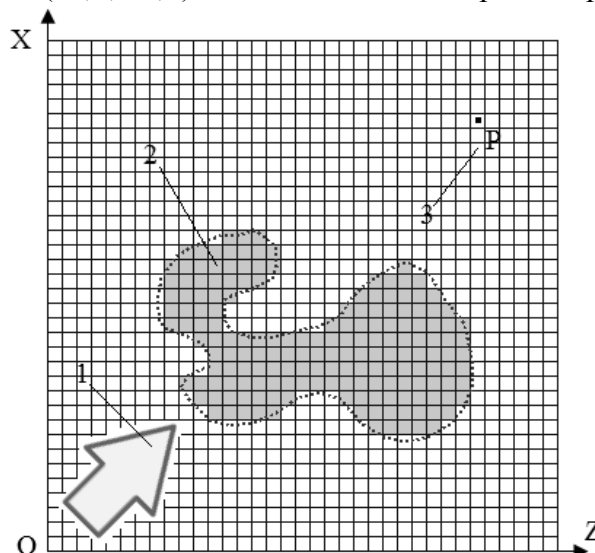


Рисунок 4 – Карта объектов в расчетной области: 1 – ветер; 2 – пятно пролива СГ;
3 – контрольная точка

Ветер набегает со скоростью 3 м/с под углом 45° к оси OZ на высоте $0,5 \text{ м}$. В этом случае начальная эффективная скорость вторичного облака, образующегося на стадии

испарения из пролива, составляла 1,19 м/с, а интенсивность испарения цианистого водорода с пятна пролива была 0,00106 кг/с/м².

Считалось, что испарение начиналось с момента времени $t_1=0$ с и принудительно прекращалось по истечении $t_2=5$ с, например, с помощью заливки пятна пролива специальной пеной. Время окончания расчета было принято таким, чтобы дать газозадушному облаку возможность покинуть пределы расчетной области.

В процессе рассеяния у земли облако существенно меняет форму и размеры в соответствии с направлением движения свежего потока воздуха (рис. 5).

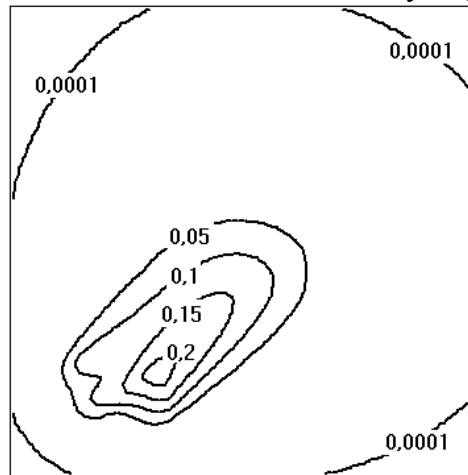


Рисунок 5 – Поле относительной массовой концентрации примеси у земли в момент времени 5 с

Нестационарные замеры в контрольных точках свидетельствуют о снижении максимальной концентрации вредной примеси при постепенном удалении облака от эпицентра испарения, что объясняется турбулентным перемешиванием примеси с окружающим воздухом (рис. 6).

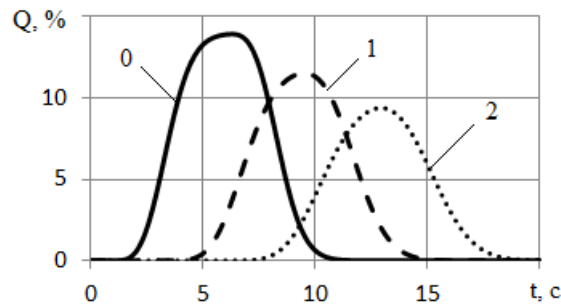


Рисунок 6 – Относительная массовая концентрация примеси: 0-2 – контрольные точки P0-P2, соответственно

Нестационарные поля относительной массовой концентрации ОХВ используются для расчета токсодозы, пробит-функции и, соответственно, условной вероятности летального исхода для человека при ингаляции цианистого водорода (рис. 7, 8).

Дополнительным показателем безопасности области техногенной аварии можно также считать площадь опасной зоны S_{50} , в которой условная вероятность поражения превышает 50%. Данная величина может использоваться при параметрических сравнительных расчетах. Для данного варианта расчета площадь S_{50} составляет 369 м² (5% от общей площади 7225 м²).

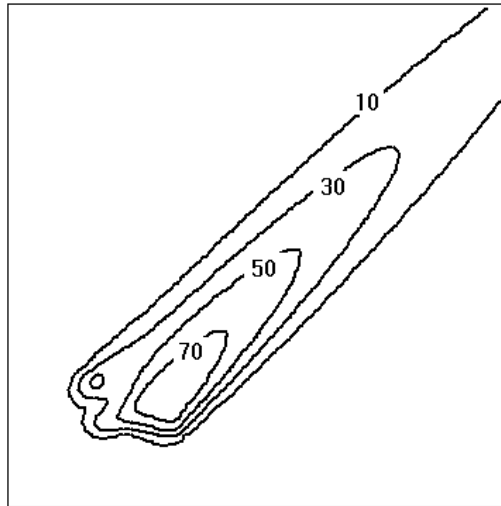


Рисунок 7 – Поле условной вероятности летального исхода у земли, %

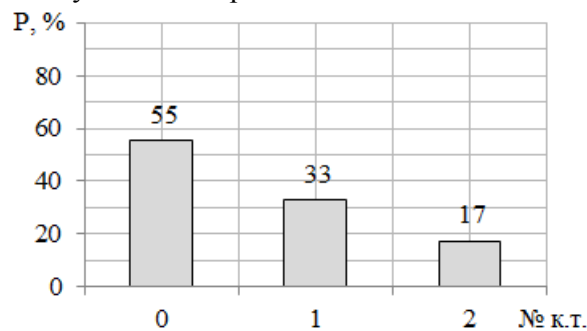


Рисунок 8 – Условная вероятность летального исхода в контрольных точках P₀-P₂

Выводы. Разработана математическая модель процесса испарения с заданной интенсивностью сжиженного токсического газа с пятна пролива, образовавшегося в результате разрушения емкости хранения, и его рассеяния в приземном слое атмосферы. Модель позволяет получать распределения массовой концентрации токсичного газа и ингаляционной токсодозы, которые необходимы для определения полей вероятности поражения персонала на основе пробит-анализа.

Разработана вычислительная технология конечно-разностного представления пятна пролива, заданного координатами вершин произвольного полигона, на основе метода выпускающего луча. Технология позволяет осуществлять автоматизированную дискретизацию односвязной области, ограниченной полигоном, в соответствии с вычислительной конечно-разностной сеткой для правильной постановки граничных условий испарения и непротекания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Numerical Modeling of Hydrogen Release, Mixture и Dispersion in Atmosphere [Электронный ресурс] / E. A. Granovskiy, V. A. Lyfar, Yu. A. Skob, M. L. Ugryumov // 1-st International Conference on Hydrogen Safety. – Pisa (Italy). – 2005. – 11 p. – Режим доступа: <http://conference.ing.unipi.it/ichs2005/Papers/110021.pdf>. – 3.02.2017 г.

2. Скоб Ю.А. Расчет вероятности поражения человека на основе моделирования рассеяния токсичного газа в атмосфере [Текст] / Ю. А. Скоб // Авиационно-космическая техника и технология. – 2016. – № 4 (131). – С. 79-88.

ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЯ НА ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИЙНОГО ВЗРЫВА ГАЗА

Скоб Ю.А., Вольская А.Д.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
(Украина, г. Харьков)

Техногенные аварии в помещениях транспортных предприятий часто сопровождаются выбросом в атмосферу горючих газов, формированием взрывоопасных смесей с последующим их взрывом и пожаром. В результате таких аварий возникает ударно-импульсное воздействие при распространении взрывной ударной волны (УВ) в атмосфере, представляющее опасность для здоровья людей (рис. 1). В результате возможны травмы разной степени тяжести: ушибы, кровотечения, разрыв барабанных перепонок (РБП), разрыв легких, летальный исход.

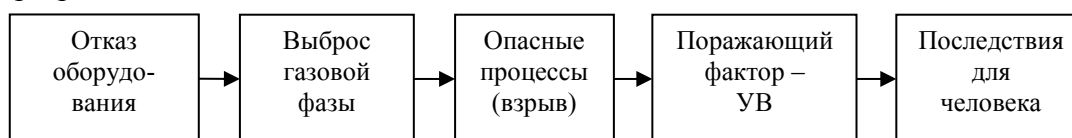


Рисунок 1 – Схема развития техногенной аварии

Одним из способов снижения уровня последствий взрыва газа в помещении является принудительная вентиляция, которая позволяет уменьшить концентрацию выброшенного взрывоопасного газа в помещении, а со временем и предотвратить взрыв.

Прогноз и анализ воздействия техногенной аварии основан на математическом моделировании движения многокомпонентного газа с учетом химического взаимодействия [1]. Методика учета вытяжной вентиляции изложена в работе [2]. Решение системы фундаментальных уравнений газовой динамики для смеси, дополненной законами сохранения массы примесей в интегральной форме, получено явным методом С. К. Годунова [3]. Математическая модель реализована в виде подсистемы исследовательского программного комплекса «Fire» [4].

В результате моделирования рассеяния и взрыва горючей газовой примеси в атмосфере можно получить функции изменения во времени и пространстве массовой концентрации примеси Q , давления P и температуры T смеси. На основании этих функций определяются все основные характеристики опасности воздействия взрыва на обслуживающий персонал (рис. 2).

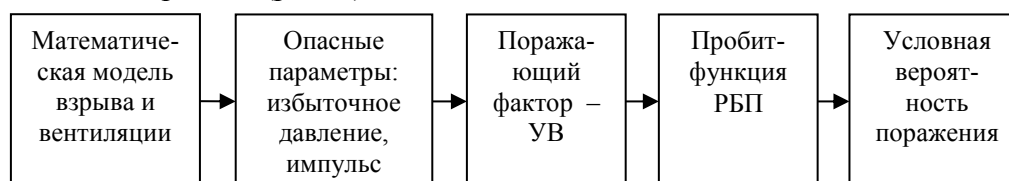


Рисунок 2 – Схема вероятностной оценки последствий аварии

Использовалась следующая вычислительная технология определения вероятности поражения человека [5]. Пусть интегральная степень воздействия t является случайной величиной, удовлетворяющей нормальному закону распределения с математическим ожиданием равным 5 и дисперсией равной 1. В этом случае величина вероятности поражения P (измеряется в долях единицы) может быть оценена по следующей формуле

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\text{Pr}} e^{-\frac{1}{2}(t-5)^2} dt. \quad (1)$$

С другой стороны, интегральную степень воздействия t можно оценить с помощью уравнения регрессии вида $t = a + b f(\vec{x})$, где $\vec{x} = \{x_k\}$ – количественные оценки поражающих факторов, a, b – коэффициенты уравнения регрессии. Задавая верхний предел интеграла (1) (пробит-функцию $Pr = t|_{\vec{x}}$), можно определить условную вероятность поражения при заданных значениях максимального избыточного давления ΔP_ϕ .

Пробит-функцию для разрыва барабанных перепонок у персонала вследствие воздействия ударной взрывной волны можно определить по формуле

$$Pr = -15,6 + 1,93 \ln \Delta P_\phi. \quad (2)$$

В процессе перехода от пробит-функции к условной вероятности поражения человека вместо табличной функции использовался кусочно-кубический эрмитовый сплайн [6], который позволяет автоматизировать процесс численной оценки безопасности.

Рассмотрим выброс и рассеяние в условиях вытяжки стехиометрического сферического облака водорода радиусом 0,5 м с координатами центра $x=1,8$ м, $y=1,6$ м, $z=2,25$ м в расчетной области с габаритами $3,6 \times 2,8 \times 4,5$ м и количеством ячеек вдоль координатных осей $36 \times 28 \times 45$ (рис. 3). Входной и вытяжной вентиляционные проемы с габаритами $0,4 \times 0,4$ м размещались в центрах передней стенки у земли и задней стенки вверху бокса. Схема вентиляции изображена на рис. 4.

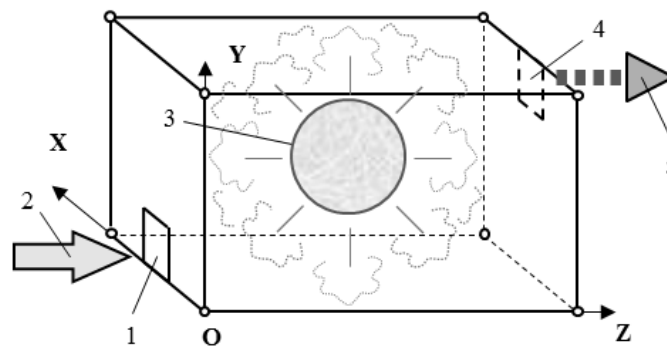


Рисунок 3 – Расчетная схема взрыва облака и вытяжной вентиляции помещения:

- 1 – проем подачи свежего воздуха; 2 – входной поток; 3 – облако примеси;
4 – вентиляционный вытяжной проем; 5 – выходной поток

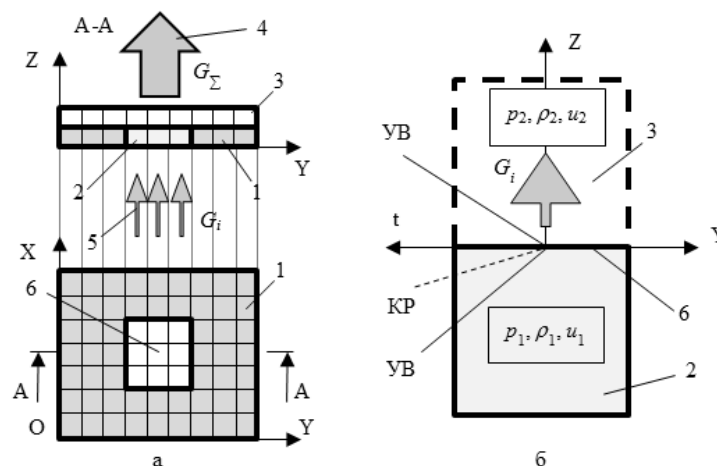


Рисунок 4 – Расчетная схема вентиляции (а – дискретизация вентиляционного проема; б – вытяжная схема): 1 – стена; 2 – фиктивные ячейки проема; 3 – газовые ячейки; 4 – суммарная интенсивность газа; 5 – индивидуальный поток; 6 – граница проема

Для контролю избыточного давления в центре бокса у земли располагалась контрольная точка. Суммарный расход газа G_{Σ} , который обеспечивала вентиляционная система, составлял 0.9369888 кг/с.

Расчет производился в трех вариантах времени взрыва смеси после начала расчета (вентиляции): 1 – 0,01 с; 2 – 6,01 с; 3 – 12,01 с. Расчет прекращался при достижении стационарной картины по давлению. В процессе рассеяния облака и вытяжки газовой смеси в вентиляционный проем масса смеси, участвующей в горении снижалась, что при взрыве давала менее интенсивные параметры волны давления (рис. 5) поля давления меньшего масштаба (рис. 6а – 8а).

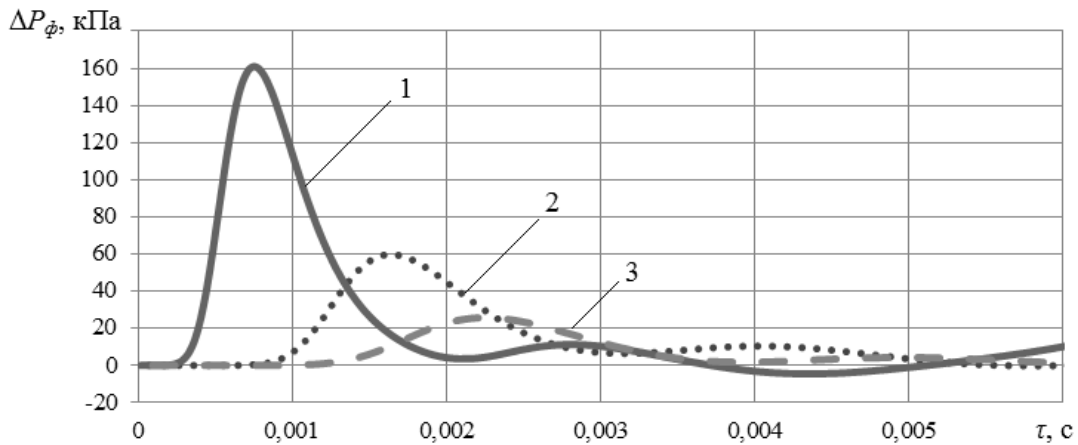


Рисунок 5 – Изменение избыточного давления в контрольной точке помещения с вентиляцией в случаях взрыва в моменты времени τ : 1 – 0,01 с; 2 – 6,01 с; 3 – 12,01 с

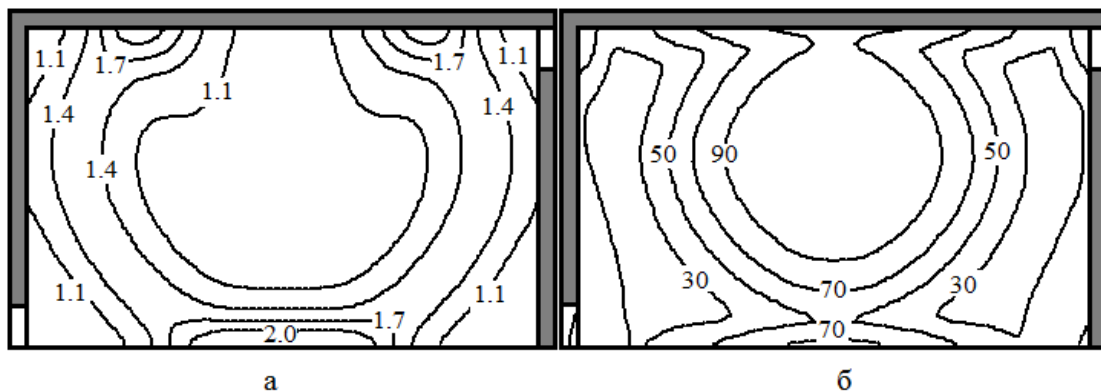


Рисунок 6 – Поля параметров потока в случае взрыва в момент времени $\tau = 0,01$ с: а – давления (атм), $\tau = 0,016$ с; б – вероятности разрыва барабанных перепонок (%)

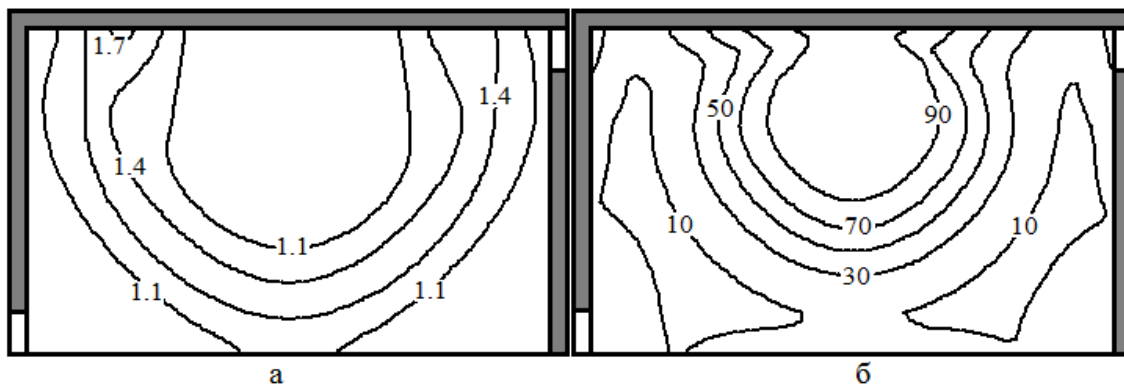


Рисунок 7 – Поля параметров потока в случае взрыва в момент времени $\tau = 6,01$ с: а – давления (атм), $\tau = 6,012$ с; б – вероятности разрыва барабанных перепонок (%)



Рисунок 8 – Поля параметров потока в случае взрыва в момент времени $\tau = 12,01$ с:
 а – давления (атм), $\tau = 12,012$ с; б – вероятности разрыва барабанных перепонок (%)

Еще одним показателем безопасности после взрыва является площадь S_{50} зоны, в которой условная вероятность поражения превышает 50%. Рассмотренные варианты расчета давали $5,97 \text{ м}^2$, $3,33 \text{ м}^2$ и $1,53 \text{ м}^2$, что составляло в относительных долях от общей площади 51%, 29% и 13%, соответственно.

Таким образом, результирующие поля поражения человека в помещении в виде условной вероятности разрыва барабанных перепонок свидетельствуют о постепенном снижении масштабов и интенсивности риска негативного воздействия на человека с течением времени работы вытяжной вентиляции.

Выводы. В работе рассмотрены аспекты влияния вытяжной вентиляции на уровень и масштабы последствий взрыва аварийно выброшенного газа в помещении на основе трехмерной модели движения многокомпонентной газовой смеси в приземном слое атмосферы и пробит-анализа. Получено, что вытяжная вентиляция существенно снижает с течением времени вероятность поражения персонала ударной взрывной волной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Numerical Modeling of Hydrogen Release, Mixture и Dispersion in Atmosphere [Электронный ресурс] / Е. А. Granovskiy, V. A. Lyfar, Yu. A. Skob, M. L. Ugryumov // 1-st International Conference on Hydrogen Safety. – Pisa (Italy). – 2005. – 11 p. – Режим доступа: <http://conference.ing.unipi.it/ichs2005/Papers/110021.pdf>. – 3.02.2013 г.
2. Скоб Ю. А. Вычислительная технология учета вентиляции при расчете движения газовой смеси в помещении [Текст] / Ю. А. Скоб // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. научн. трудов. Вып. 58. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2013. – С. 147-154.
3. Численное решение многомерных задач газовой динамики [Текст] / С. К. Годунов, А. В. Забродин, М. Я. Иванов и др. – М.: Наука, 1976. – 400 с.
4. Свідोцтво про реєстрацію авторського права на твір № 30079 (Україна). Комп'ютерна програма «Комп'ютерна інтерактивна система інженерного аналізу та прогнозу руху хімічно реагуючих газоповітряних сумішей в задачах промислової аеродинаміки та екології атмосфери «FIRE»» [Текст] / Ю. А. Скоб, М. Л. Угрюмов, К. П. Коробчинський. – Дата реєстрації 28.08.2009.
5. Скоб Ю. А. Расчет вероятности поражения человека на основе моделирования рассеяния токсичного газа в атмосфере [Текст] / Ю. А. Скоб // Авиационно-космическая техника и технология. – 2016. – № 4 (131). – С. 79-88.
6. Чернышев Ю. К. Выпуклые векторные сплайны в применении к профилированию лопаток ГТД [Текст] / Ю. К. Чернышев // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. научн. трудов. Вып. 21. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2000. – С. 16-18.

ЛЮДСЬКИЙ КАПІТАЛ ЯК НАРІЖНИЙ КАМІНЬ ОСВІТНЬОЇ СФЕРИ В ЕПОХУ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ, ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ЕКОНОМІКИ

*Соколов А.Є., Ходаков В.Є., Веселовська Г.В.
Херсонський національний технічний університет
(Україна)*

Вступ. Епоху переходу до постіндустріального розвитку суспільства характеризують: визначальна роль для економічної ефективності сфер послуг, науки й освіти, висококваліфікованих кадрів, нових знань і технологій; превалювання способів отримання та передачі знань, інтелектуального людського потенціалу; зростання числа дослідників, які вважають людський капітал найціннішим ресурсом суспільства, що важливіший за природне та накопичене багатство, зумовлюючи в розвинених країнах темпи розвитку економіки, науково-технічного прогресу (НТП) і посилюючи інтерес суспільства до освіти як основи його набуття; активне застосування в освітній сфері прогресивних комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій з метою отримання людського капіталу найвищої якості.

Актуальність досліджень. Теорія людського капіталу розроблялася переважно представниками зарубіжної науки, вклад вітчизняних вчених в її розвиток більш скромний, на відміну від розробок фахівців з інформаційних технологій [1-6, 11]. Великий інтерес представляє дослідження проблематики зазначеної сфери знань і практики на сучасному етапі її розвитку з урахуванням нових підходів вітчизняної науки.

Постановка задачі. Основною метою дослідження є вирішення завдань концептуального визначення місця людського капіталу в національному багатстві країн і проведення аналізу впливу факторів, пов'язаних із людським капіталом, при врахуванні його активної взаємодії з сучасним освітнім середовищем на основі прогресивних комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій.

Результати досліджень. Згідно з концепцією вчених і фахівців Світового банку, національне багатство складають природний, накопичений (фізичний) і людський (якості людського ресурсу) капітал. Основним ресурсом в структурі національного багатства країн світу є людський капітал. За даними Світового банку та Програми розвитку ООН, в національному багатстві світу природні ресурси становлять 20%, накопичені матеріальні блага – 16%, людський капітал – 64% [7]. Частка людського капіталу країн світу перевищує половину загального обсягу накопиченого національного багатства, досягаючи в окремих країнах 80%, а його висока питома вага свідчить про рівень розвитку країни.

Теорія людського капіталу, висунута в 1960-х роках Т. Шульцем, М. Фрідманом і Г. Беккером [1-3], розширює поняття національного багатства новою складовою, що розглядається в якості: сукупності набутих знань, навичок, мотивації, енергії та здібностей, котрі сприяють зростанню продуктивної сили та можуть використовуватися деякий час для виробництва товарів і послуг; форми капіталу, як джерела доходів і задоволення потреб; частини особистості [4]. Продуктивні якості та характеристики співробітників визнають особливою формою капіталу: їх розвиток вимагає значних витрат часу та матеріальних ресурсів; подібно фізичному капіталу, вони забезпечують більш високий дохід. Капіталом вважають фізичні та людські активи, здатні генерувати потік майбутніх доходів [1], а компонентами вартості людського капіталу – витрати на освіту, професійну підготовку в процесі виробництва, медичне обслуговування, народження та догляд за дітьми. Цікавими є дослідження ефективності вищої освіти. Результативність освіти показує рентабельність вкладень, що обчислюється зіставленням вигод і витрат на неї [1, 4]. Лідерами за рівнем розвитку людського капіталу є Фінляндія, Норвегія, Швейцарія, Канада, Японія, Швеція, Данія, Нідерланди, Нова Зеландія та Бельгія [8]. Україна має, згідно рейтингів, високий рівень людського капіталу завдяки показникам, обумовленим поширенням початкової,

середньої, позашкільної та вищої освіти, а вагому роль для зростання даних показників відіграє прискорення процесів вдосконалювання освіти на базі прогресивних комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій.

Людський капітал має позитивний вплив на економічний розвиток країн. Рядом країн і міжнародних агенцій формуються рейтинги оцінювання економічної, виробничої й інших видів діяльності країн і регіонів [8-10]. У сучасному світі, людський капітал відіграє все більш визначальну роль. Ефективність розвитку економік держав у величезній мірі залежить від стану найважливішого ресурсу – людського капіталу, що є головною рушійною силою соціально-економічного розвитку й основою побудови економіки знань, інновацій, глобальних інформаційних технологій (ІТ). Методологічні основи й основні напрямки теорії людського капіталу, сформульовані вченими Т. Шульцем, Г. Бекером, У. Боуеном, Е. Дженісоном тощо, до кінця ХХ сторіччя отримали визнання (зокрема, присудженням Нобелівської премії Т. Шульцу і Г. Бекеру). Вперше після А. Сміта та К. Маркса, науковий світ усвідомив, що не машини, а люди є рушійною силою економічного зростання та розвитку. В епоху революційного НТП і перетворень структури продуктивних сил, фактором економічного зростання стає працівник, від моральної та матеріальної зацікавленості якого в досягненні високих результатів все більш залежить ефективність використання основних ресурсів [12].

Основа сучасної теорії людського капіталу – економічний підхід до поведінки людей, котрий враховує, що даний вид капіталу має наступні властивості: є головною цінністю суспільства й основним фактором економічного зростання; його формування вимагає значних витрат індивідуума та суспільства; може накопичуватися; протягом життя, набуває знання, але також застаріває та зношується, змінюючи вартість; тривалий період інвестицій, але вищий дохід від них; відрізняється від фізичного капіталу ліквідністю, невіддільний від людської особистості як носія; одержувані людиною прямі доходи контролюються нею, незалежно від джерела інвестицій; функціонування, залежне від рішення та волевиявлення людини; ступінь віддачі від застосування, що залежить від індивідуальних інтересів, матеріальної та моральної зацікавленості, світоглядів, рівня культури. Поняття людського капіталу включає: наявний (придбаний) людиною запас знань, умінь, навичок, досвіду, здібностей і здоров'я, використовуваних для отримання доходу; можливість доцільного використання даного запасу в сферах суспільної діяльності, що сприяє зростанню продуктивності праці та виробництва; збільшення доходів, котре сприяє зацікавленості працівника, що веде до подальшого інвестування в людський капітал; мотивацію; кваліфіковану робочу силу; сукупність знань, кваліфікації, практичних навичок і здібностей до нововведень співробітників; систему цінностей, культуру праці, філософію бізнесу. Людський капітал можна розглядати на наступних рівнях: національному; регіональному; галузевому; підприємства; працівника. На рівні макроекономіки, людський капітал включає внесок регіону та країни в рівень освіти, професійної підготовки та компетентності, здоров'я тощо, та складається з сукупності людських капіталів населення. Фактори макросередовища: демографічні; економічні; природні; науково-технічні; політичні; культурного оточення. Фактори національного рівня, що впливають на формування та розвиток людського капіталу: рівень економічного розвитку держави; особливості етапу розвитку економіки, поточної економічної політики.

Розвиток людського капіталу характеризується такими властивостями: обумовлює розвиток економіки (розуміючи розвиток як рух у природі та суспільстві, що викликає перехід до нової якості стану, збільшення складності об'єктів і систем, поліпшення пристосованості до умов, збільшення масштабів явищ, кількісне зростання й якісне поліпшення, соціальний прогрес); є комплексною функцією управління людським потенціалом, передбачаючи, в процесі розвитку, прямі капіталовкладення в працівника для підвищення конкурентоспроможності; означає формування нового покоління працівників, при забезпеченні необхідної їхньої кількості, приросту сучасних професійних якостей, наявності необхідного рівня освіти, кваліфікації тощо. Для розвитку, необхідні ресурси. В [13] запропоновано теоретичну модель розподілу ресурсів розвитку соціально-економічної системи та об'єкту узагальненого виду $argtolPar \Phi[f_1(a,D); f_2(1-a,D)] \rightarrow \alpha^*$, де: $argtolPar$ –

пошук толерантного рішення з множини Парето-оптимальних рішень; D – вільні ресурси; α – коефіцієнт пропорції розподілу D ; $f_1(\cdot)$, $f_2(\cdot)$ – функції результативності розвитку та функціонування; $\Phi[\cdot]$ – функціонал узагальненої ефективності діяльності системи. Але дана модель не дозволяє розв'язувати практично більшість із задач розвитку.

Основою умови стійкого розвитку людського потенціалу як системи є модель ресурсного (енергетичного) балансу відкритої системи виду $\Delta E = \Delta E_S - E_D - E_M - E_P - E_T$, де: ΔE (ΔE_S) – змінювання внутрішньої (вільної) енергії; E_D – енергія, розсіяна в довкілля; E_M – енергія здійснення функцій метаболізму; E_P (E_T) – енергія підтримки (трансформації) рівня гомеостазу, тобто здійснення функцій механізмів від'ємного (позитивного) зворотного зв'язку. При $\Delta E = 0$, система функціонує стабільно, а надходження E_S витрачаються для підтримки порядку (зниження ентропії). При $\Delta E > 0$, в системі накопичується E_S , надлишок якої можна реалізовувати для трансформації рівня гомеостазу в напрямку розвитку. При $\Delta E < 0$, E_S не вистачає для підтримки рівня гомеостазу, що знижується, ентропія підвищується, а система набуває нестійкого стану.

З попередньої моделі слідує, що вільні ресурси $\Delta W = Wq - Wp - Wm - Ws$, де: Wq – ресурси, що приходять із зовнішнього середовища (доходи); Wp – ресурси, що віддаються в довкілля (витрати); Wm – ресурси споживання (забезпечення функціонування системи, метаболізму); Ws – ресурси стабілізації (парирування ризиків, випадкових зовнішніх збурень). Для людського ресурсу (ЛР), за узагальнений ресурс можна розглядати фінансові потоки та конкретні види ресурсів. Для реалізації розвитку відповідно до цілі, система витрачає певну кількість ресурсів різних видів із множини ресурсів W [14]: чим меншими є витрати, тим ефективнішою є система. Величина ресурсів, котрі має в розпорядженні система управління розвитком людського потенціалу в плановий період T , $W(T) = W\phi(T) + Wp(T)$, де $W\phi(T)$, $Wp(T)$ – ресурси функціонування та розвитку. Ресурси розвитку надходять ззовні від системи управління вищого рівня або накопичуються системою в плановому періоді функціонування як у квазі-рівноважному стані, де, в підсумку розвитку, здійснюється послідовний перехід до іншого квазі-рівноважного стану, а стани системи в процесі розвитку можна апроксимувати кусково-постійною функцією $S(t)$. Тобто, системі необхідні підсистеми (контури) управління її функціонуванням і розвитком. Для аналізу стійкості розвитку системи, слід перейти до аналізу на інтервалі T : $\int_0^T \Delta W(t) dt = \int_0^T Wq dt - \int_0^T Wp dt - \int_0^T Wm dt - \int_0^T Ws dt$. У тому випадку, коли $\Delta W(T) > 0$, ресурси для розвитку є. Якщо $\Delta W(T) \leq 0$, то можливості розвитку відсутні, а стан ЛР є стабільним при $\Delta W(T) = 0$ і нестабільним при $\Delta W(T) < 0$.

Фактори та компоненти розвитку людського потенціалу (розвиток системи освіти, інтенсифікація впровадження в освітні процеси прогресивних комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій, заохочення працівників до продовження освіти, формування прагнення та створення умов підвищення рівня знань і компетенції) сприяють розвитку людського капіталу як основи формування високопрофесійного персоналу з нестандартним мисленням – необхідної умови стійкого економічного, соціального, культурного та природного розвитку підприємств і держав. Підтримка людського потенціалу, основного багатства держави, необхідна для: управління економічним, соціальним і культурним розвитком; формування позитивного образу в зовнішніх державних відносинах. Згідно дослідженням соціально-економічних процесів, людський потенціал сучасного суспільства – найважливіший фактор відтворення національного багатства. Індекс розвитку людського потенціалу (ІРЛП) оцінює соціально-економічні положення країн, як: індикатор конкурентної здатності національної економіки, нарівні з індексами глобальної конкурентної здатності й інноваційного розвитку, валовим внутрішнім продуктом (ВВП) на душу населення; інтегральний показник, котрий щорічно обраховується та публікується в рамках Програми розвитку ООН для порівняння країн і вимірювання рівня життя, грамотності, освіченості та довголіття (основних характеристик людського потенціалу територій); стандартний інструмент загального порівняння рівня життя регіонів. Показники-визначники ІРЛП (очікувана тривалість життя, рівень освіти, реальний ВВП) відображають якості здорового життя, знань і пристойного рівня життя.

Таким чином: людський потенціал і ресурси передбачають конкурентні переваги економіки; в розвинених країнах, інвестиції в людський потенціал – основний фактор економічного зростання та підвищення конкурентної здатності економіки; головною є умова накопичування та збереження людського потенціалу, включаючи прагнення вдосконалювати вміння та навички шляхом неперервної освіти та професійної підготовки; економічне зростання країни потребує інвестицій як у фізичний капітал, так і в освіту, здоров'я та культуру, як основні компоненти людського потенціалу; розвиток методології застосування прогресивних комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій в освітній сфері є потужним каталізатором формування сучасного людського капіталу.

Висновки. Проведений аналіз і сформовано нові концептуальні моделі, що уточнюють дислокацію людського капіталу в національному багатстві країн і вплив пов'язаних із ним факторів. Практичну цінність результатів роботи складає можливість подальшої формалізації вказаних концепцій і впровадження їх у практику функціонування систем управління стійким розвитком людського потенціалу в сфері комп'ютеризованих інформаційних систем і технологій навчання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Schultz T.W. Investing in People / T.W. Schultz. – California: University of California Press, 1981. – 173 с.
2. Becker G. Human Capital / G. Becker. – New York, London, 1975. – 216 с.
3. Фридман М. Капитализм и свобода / М. Фридман: пер. с англ. – М.: Новое издательство, 2006. – 240 с.
4. Boiven H.R. Investment in Learning / H.R. Boiven. – San Francisco, 1978. – 362 p.
5. Бутенко В.Г. Роль вищої технічної освіти у формуванні громадянських цінностей майбутніх фахівців / В.Г. Бутенко // Педагогічна наука: історія, теорія, практика, тенденції розвитку [Електронний журнал]. – 2010. – Вип. 2.
6. Ходаков В.Е. Природно-климатические факторы и социально-экономические системы / В.Е. Ходаков, Н.А. Соколова. – Херсон: ХГМА, 2016. – 604 с.
7. Сравнительные исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/research/integrated-research>.
8. Рейтинг стран мира по уровню развития человеческого капитала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/human-capital-index>.
9. Индекс восприятия коррупции [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/corruption-perceptions-index>.
10. Рейтинг стран мира по уровню валового национального дохода на душу населения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gtmarket.ru/ratings/rating-countries-gni>.
11. Ходаков В.Е. Влияние природно-климатических и социально-экономических факторов на развитие социально-экономических систем регионального типа / В.Е. Ходаков, Г.С. Абрамов, Г.В. Абрамова // Проблемы информационных технологий. – 2016. – № 20. – С. 6-17.
12. Жмеренецкий А. Как выжить в будущем. Восемь трендов, которые вскоре изменят мир / А. Жмеренецкий // Фокус, 27.04.2017. – № 17 (525). – С. 57-61.
13. Забродский В.А. Развитие крупномасштабных экономико-производственных систем: Монография / В. А. Забродский. – Харьков: Бизнес-Информ, 2000. – 72 с.
14. Соколова Н.А. Методы и модели системы управления устойчивым развитием объектов хозяйственной деятельности: Автореферат докторской диссертации / Н.А. Соколова. – Харьков, 2007. – 46 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СУДНА ПРИ ОПЕРАЦИЯХ С ТЯЖЕЛОВЕСНЫМИ НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СУДАХ ТИПА «ХЕВИ-ЛИФТ»

Соловей А.С.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Использование математических моделей судна для решения практических задач погрузки судна становится всё более актуальным, что вызвано, прежде всего, использованием современных компьютерных технологий в судовых навигационных системах, а также инновационных методов и способов управления судном при выполнении ключевых судовых операций в условиях повышенных рисков. В связи с этим, ИМО (Международная морская организация) разработала и приняла известную резолюцию А.751(18), подтверждающую необходимость использования математических моделей судна при решении практических задач, лежащих в области безопасности судоходства.

Актуальность исследования. Грузовые операции с тяжеловесными негабаритными грузами связаны с большими затратами времени и значительным риском аварий и требуют специальных методов повышения их эффективности и безопасности. Одной из основных причин высокой стоимости этих операций является их длительность. Большое время выполнения этих операций связано с динамикой груза, кранового оборудования и собственно судна.

При расчете грузовых операций необходим прогноз движения груза, что требует учета математической модели системы судно – груз, при условии идентичности, обеспечиваемой контуром идентификации. Особенности выполнения грузовых операций позволяют использовать линеаризованные модели системы судно – груз.

Основной материал. Учитывая особенности условий операции погрузки тяжеловесных негабаритных грузов, модель судна должна описывает поведения судна при малых перемещениях и угловых возмущениях. Для стационарной динамической системы с конечным числом степеней свободы x_1, \dots, x_k , обладающей запасом кинетической энергии T , ее движение может быть описано системой дифференциальных уравнений Лагранжа [1]. Уравнения Лагранжа связаны с вариационным принципом Гамильтона. Принцип Гамильтона утверждает, что «всякая динамическая система, находящаяся под влиянием консервативных сил, движется таким образом, чтобы минимизировать среднее значение по времени разности между кинетической $T(x, \dot{x})$ и потенциальной $V(x)$ энергиями». Следовательно, можно записать соотношение для консервативной системы:

$$\delta \left\{ \int_{t_0}^{t_1} (T(\mathbf{x}, \dot{\mathbf{x}}) - V(\mathbf{x})) dt \right\} = 0 \quad (1)$$

В общем случае, когда в системе действуют обобщенные силы Q_v , имеющие потенциал V , обобщенные диссипативные силы Q_R и внешние силы $f(t)$, уравнения движения (2), с учетом (3), принимают вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\mathbf{x}}} \right) - \frac{\partial T}{\partial \mathbf{x}} = - \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} - \frac{\partial R}{\partial \dot{\mathbf{x}}} + \mathbf{f}(t) \quad (2)$$

Так как диссипативные силы связаны с объектом, в уравнении (2) эта компонента должна быть отнесена к собственно модели системы, чем устраняется парадокс свободного движения, когда при свободном движении судно двигается без остановки

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\mathbf{x}}} \right) + \frac{\partial R}{\partial \dot{\mathbf{x}}} - \frac{\partial T}{\partial \mathbf{x}} = - \frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{f}(t) \quad (3)$$

Уравнение (3) является уравнением в частных производных второго порядка и описывает поведение интегрируемых динамических систем. После линеаризации в области малых возмущений уравнение (3) принимает вид

$$M\ddot{\mathbf{x}} + R\dot{\mathbf{x}} - T\mathbf{x} = -\frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} + \mathbf{f}(t) \quad (4)$$

Или, умножив в (4) слагаемые на обратную матрицу масс, получаем приведенную форму линейную уравнения движения

$$\ddot{\mathbf{x}} + M^{-1}R\dot{\mathbf{x}} - M^{-1}T\mathbf{x} = -M^{-1}\frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} + M^{-1}\mathbf{f}(t) \quad (5)$$

Обозначив в (5) матрицу диссипации $M^{-1}R$ как A , матрицу $M^{-1}T$ через B получаем

$$\ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} = -M^{-1}\frac{\partial V}{\partial \mathbf{x}} + M^{-1}\mathbf{f}(t). \quad (6)$$

Разделив правую часть на вектор управления \mathbf{u} со стороны управляющих воздействий и вектор возмущения \mathbf{g} со стороны внешних сил и изменения потенциальной энергии объекта, из (8) можем записать общий вид линейной модели динамического ядра

$$\ddot{\mathbf{x}} + A\dot{\mathbf{x}} + B\mathbf{x} = \mathbf{u} + \mathbf{g} \quad (7)$$

В развернутом виде (7) с вектором состояния $\mathbf{x}=(x, y, z)$ математическая модель динамического ядра имеет вид

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{d^2 x}{dt^2} \\ \frac{d^2 y}{dt^2} \\ \frac{d^2 z}{dt^2} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \\ \frac{dz}{dt} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \quad (8)$$

$$= \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{bmatrix}.$$

Матрица диссипаций в (8) может быть разделена на матрицу собственных диссипаций A_0 и матрицу взаимных диссипаций A_1

$$A_0 = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{pmatrix}, \quad A_1 = \begin{pmatrix} 0 & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & 0 & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & 0 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Аналогично, в случае выполнения принципа отдельных движений в (9) можно разделить матрицу B на матрицу собственных и взаимных движений

$$B_0 = \begin{pmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{pmatrix}, \quad B_1 = \begin{pmatrix} 0 & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & 0 & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & 0 \end{pmatrix}. \quad (10)$$

Следовательно, линейное динамическое ядро (8), при выполнении принципа отдельных движений, имеет вид

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{d^2x}{dt^2} \\ \frac{d^2y}{dt^2} \\ \frac{d^2z}{dt^2} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 \\ 0 & a_{22} & 0 \\ 0 & 0 & a_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{dx}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \\ \frac{dz}{dt} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{pmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_x \\ g_y \\ g_z \end{bmatrix}.$$

При малых движениях линейное динамическое ядро модели судна (11) распадается на три процесса

$$\left. \begin{aligned} \ddot{x} + a_{11}\dot{x} + b_{11}x &= u_x + g_x \\ \ddot{y} + a_{22}\dot{y} + b_{22}y &= u_y + g_y \\ \ddot{z} + a_{33}\dot{z} + b_{33}z &= u_z + g_z \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

При этом необходимо учитывать, что уравнения (12) проще для решения задачи идентификации модели, а правая часть расчетная и не требует идентификации.

При решении задачи идентификации для возмущения состояния судна по углам корабельной системы координат необходимо приложить момент, определяем координаты точки возмущения (x_0, y_0, z_0) . В этом случае углы рысканья, килевой и бортовой качки определяются следующим образом

$$\left. \begin{aligned} \phi &= \arcsin \left(\frac{z}{\sqrt{y_0^2 + z_0^2}} \right) \\ \chi &= \arcsin \left(\frac{y}{\sqrt{x_0^2 + y_0^2}} \right) \\ \psi &= \arcsin \left(\frac{x}{\sqrt{x_0^2 + z_0^2}} \right) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

Таким образом, можем перейти к корабельной системе координат, естественно учитывая, что данная модель справедлива при малых эволюциях судна –например, в режиме погрузки.

Переход к неподвижной системе координат выполняется стандартным образом [4, 5], $x=L\eta$. Или, в развернутом виде, переход выполняется с использованием матрицы поворота

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \cos\phi \cos\chi & \sin\psi \sin\phi - \cos\psi \sin\chi \cos\phi & \cos\psi \sin\chi \sin\phi + \sin\psi \cos\phi \\ \sin\chi & \cos\chi \cos\phi & -\cos\chi \sin\phi \\ -\sin\psi \cos\chi & \sin\psi \sin\chi \cos\phi + \cos\psi \sin\phi & \cos\psi \sin\phi - \sin\psi \sin\chi \sin\phi \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \end{bmatrix} \quad (14)$$

Таким образом, динамическое ядро модели судна с малыми перемещениями в спокойной воде соответствует условиям погрузки и описывает собственные движения судна [6].

Структура модели одного элемента ядра в среде SIMULINK достаточно проста, рис. 1. Динамическое ядро модели представлено линейными динамическими системами по координатам. На рис. 1. показаны наблюдаемые процессы и типовые результаты моделирования.

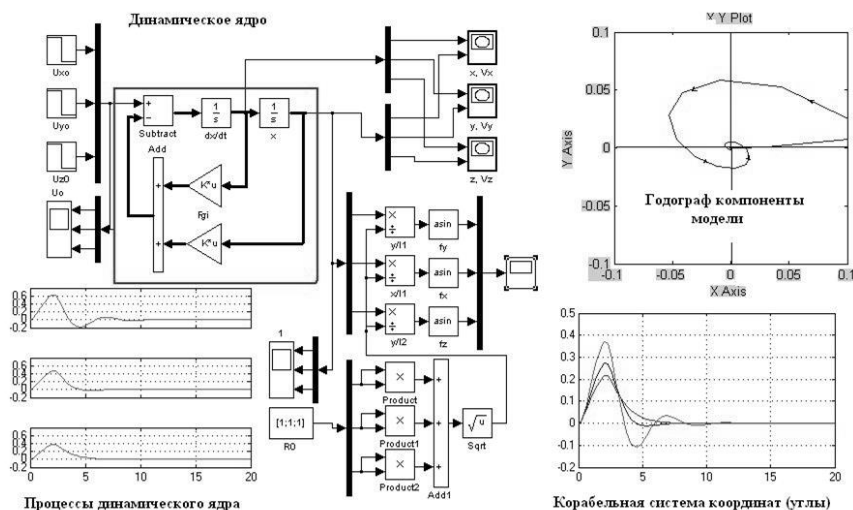


Рисунок 1 – Моделирование динамического ядра модели судна при погрузке

Выделение динамического ядра в модели судна позволяет определять допустимые скорости изменения нагрузок, не вызывающие возникновения опасных колебаний судна.

Выводы. На основе проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

Исходя из описания судна как объекта с диссипацией, построена линеаризованная математическая модель судна, что позволяет представить модель судно – груз как динамические компоненты – ядра и уравнения связи;

Разработка и внедрение информационно-управляющих систем в составе автоматизированных систем управления грузовыми операциями открывает возможность развития новых алгоритмов выполнения операций с тяжеловесными негабаритными грузами и снижения рисков в технологии их производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников В.В. Техническая кибернетика. Теория автоматического регулирования. Книга 1. Математическое описание, анализ устойчивости и качества систем автоматического регулирования. / Кол. авторов. Под ред. д-ра техн. наук, проф. В. В. Солодовникова, изд-во «Машиностроение», 1967, стр. 770.
2. Коша А. Вариационное исчисление. М., «Высшая школа», 1983.
3. Е.И. Несис «Методы математической физики» М., Уч. Пособие для студентов физ-мат. Фак. Пед. Ин-тов. М., «Просвещение» 1977 г., 199 с.
4. Справочник по теории автоматического управления. Под. ред. А.А. Красовского. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987.- 712 с..
5. Чижиумов С.Д. Основы динамики судов на волнении: учеб. пособие / С. Д. Чижиумов. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2010. – 110 с.
6. Ершов А.А. Контроль остойчивости и посадки судна при погрузке и выгрузке, А.А. Ершов / Санкт-Петербург 2002 59 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛАМИНАРНО-ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕХОДА В ЗАДАЧАХ ВНЕШНЕЙ АЭРОДИНАМИКИ

Тарасов С.В., Редчиц Д.А., Тарасов А.С.

*Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепр)*

Моисеенко С.В.

*Херсонский национальный технический университет
(Украина)*

На сегодняшний день одной из проблем вычислительной аэродинамики является моделирование турбулентности и учет ламинарно-турбулентного перехода, а также обратного процесса – реламинизации.

Большое количество течений, встречающихся на практике, являются переходными. В этих течениях присутствует как ламинарная форма движения жидкости или газа, так и турбулентная. К таким относятся течения в газовых турбинах, в теплообменниках ядерных реакторов, на крыльях летательных аппаратов (беспилотников) и др.

Зачастую при рассмотрении такого рода задач ламинарной зоной пренебрегают и рассматривают всю область течения как турбулентную. От того, является ли течение ламинарным или турбулентным, зависит распределение трения, тепловых потоков и давления по поверхности обтекаемого тела. Пренебрежение зоной ламинарно-турбулентного перехода может привести к существенным погрешностям в определении интегральных характеристик.

Полуэмпирические модели турбулентности, разработанные для замыкания осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, не в состоянии смоделировать переход. Это привело к созданию нового направления в вычислительной аэродинамике, главной целью которого является моделирование ламинарно-турбулентного перехода.

Из всего многообразия моделей ламинарно-турбулентного перехода была выбрана наиболее успешная дифференциальная модель γ - Re_{θ} Menter (2006), базирующаяся на уравнении для коэффициента перемежаемости и уравнении для критического числа Рейнольдса потери импульса. Изначально данная модель разрабатывалась для применения совместно с моделью турбулентности k - ω SST Menter (1993). В настоящей работе модель γ - Re_{θ} ламинарно-турбулентного перехода была адаптирована для использования совместно с дифференциальной моделью турбулентности Spalart-Allmaras (SA).

Преимущество использования модели перехода было продемонстрировано на задачах об обтекании кругового цилиндра в широком диапазоне чисел Рейнольдса и аэродинамического профиля NASA 4412. Проведено сравнение результатов расчетов обтекания цилиндра с использованием модели γ - Re_{θ} ламинарно-турбулентного перехода и без нее. Показано, что при низких числах Рейнольдса, когда обтекание цилиндра носит ламинарный характер, а след турбулентный, использование модели турбулентности SA приводит к развитию турбулентного пограничного слоя на цилиндре и, как следствие, к изменению положения точки отрыва. Неправильное положение точки отрыва оказывает влияние на распределение давления в донной части цилиндра и, как следствие, на интегральные аэродинамические характеристики.

При турбулентном обтекании аэродинамического профиля NASA 4412 при числе Рейнольдса $1.64 \cdot 10^6$ и угле атаки 12° на подветренной части передней кромки формируется ламинарный отрыв (рис. 1 а). В точке присоединения потока происходит резкая турбулизация пограничного слоя, и дальнейшее обтекание носит присоединенный

характер, за исключением небольшой отрывной зоны вблизи задней кромки. К тому же, обтекание наветренной стороны профиля носит полностью ламинарный характер. Применение модели турбулентности SA без учета ламинарно-турбулентного перехода не дает возможности адекватно описать эти процессы (рис. 1 б). В результате весь пограничный слой на профиле является турбулентным и без ламинарного отрыва вблизи передней кромки. Применение дифференциальной модели $\gamma-Re_{\theta}$ позволяет учесть эти сложные явления и адекватно описать ламинарно-турбулентный переход на поверхности профиля (рис. 2).

Полученные результаты численного моделирования обтекания кругового цилиндра и аэродинамического профиля NASA 4412 в широком диапазоне чисел Рейнольдса хорошо согласуются с экспериментальными данными.

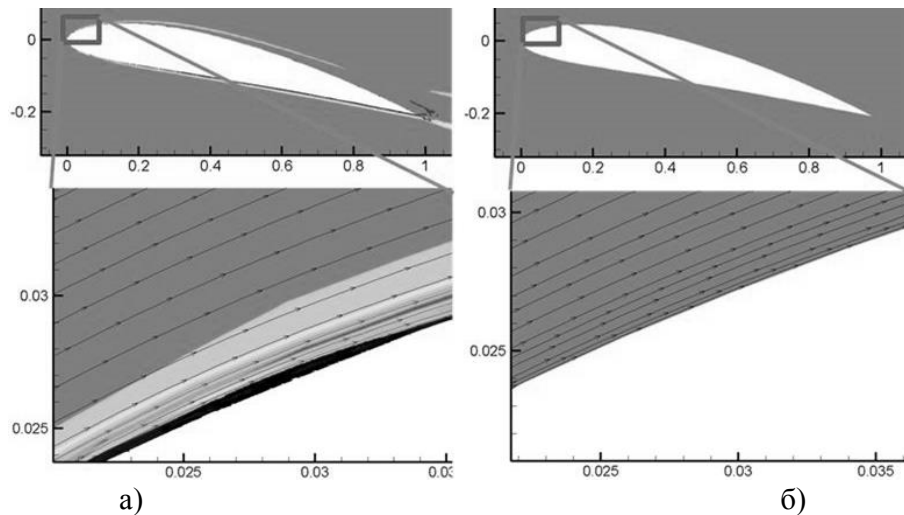


Рисунок 1 – Обтекание профиля NASA 4412 ($\alpha = 12^\circ$) с моделью перехода (а) и без нее (б)

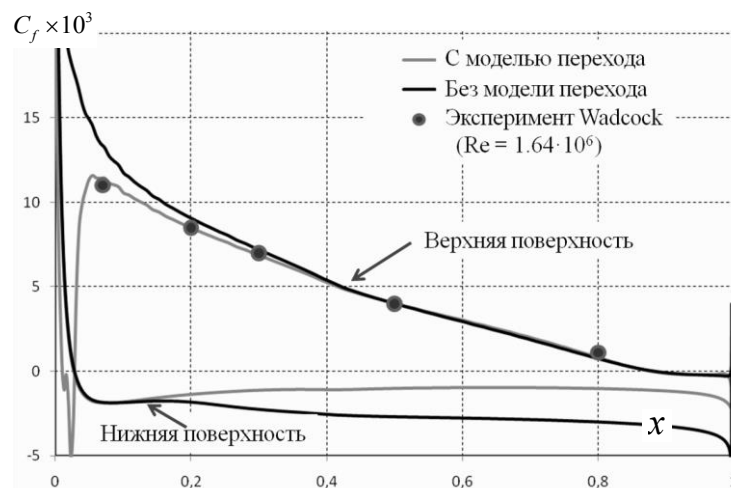


Рисунок 2 – Распределение коэффициента трения по поверхности профиля NASA 4412 ($\alpha = 12^\circ$)

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ОБРОБКИ ЧЕРГ ЗАПИТІВ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ КЕРУВАННІ СУДНОВИМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ

Ушкаренко О.О., Дорогань О.І.

*Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
(Україна, м. Миколаїв)*

Вступ. Програмне забезпечення (ПЗ) для автоматизованого керування судновою електроенергетичною системою (СЕЕС) є складовою частиною автоматизованої системи керування (АСК), яка представляє собою програмно-апаратний комплекс. АСК СЕЕС відноситься до класу систем керування реального часу, що обумовлює важливість розрахунку її часової ефективності. АСК СЕЕС є просторово розподіленою, тому часові затримки, пов'язані з передачею даних по мережі, можна вважати результатом дії трьох основних чинників: обмеження швидкості передавання даних, завантаженості каналу зв'язку і наявності відстаней між автоматизованим робочим місцем (АРМ) оператора та засобами автоматизації. Таким чином, ПЗ для автоматизованого керування СЕЕС представляє собою SCADA-систему, що взаємодіє з мікропроцесорними засобами автоматизації. Взаємодія між елементами SCADA-системи відбувається циклічно: кожен певний проміжок часу (період сканування) програмне забезпечення верхнього рівня ініціює обмін даними з кожним контролером автоматизації. В процесі обміну даними здійснюється отримання вимірних параметрів силових агрегатів та керування дискретними виходами контролера автоматизації. У роботах [1, 2] наведено, що найбільш істотний (на один-два порядки перевищуючий інші) внесок у затримки вносить завантаженість каналу зв'язку, що виникає у зв'язку з обробкою черг запитів від ПЗ АСК. У роботах [3, 4] запропоновано підхід до визначення часових характеристик мережі обробки інформації АСК СЕЕС з використанням паттернових мереж. Однак недоліком запропонованого підходу є те, що в результаті розрахунків отримується середнє значення тривалості обробки системою масового обслуговування черг запитів, які мають однаковий пріоритет. Це не дає відповіді на питання, який саме період сканування потрібно обрати для забезпечення ефективного автоматизованого керування СЕЕС.

Актуальність дослідження. Апаратно-програмні засоби автоматизації СЕЕС не працюватимуть задовільно, якщо їм не представити вчасно достовірну інформацію про параметри силових агрегатів та інших елементів системи. Передача даних по мережі обробки інформації АСК відбувається із затримками, величина і стабільність яких залежить від багатьох факторів. Неоптимальне керування інформаційними потоками, без урахування часових затримок, що виникають при обробці черг запитів та передачі даних по мережі, призводить до погіршення якості роботи АСК СЕЕС. Щоб уникнути негативного впливу такого запізнювання, проектування систем автоматизації та програмного забезпечення повинно проводитись з урахуванням даного фактора.

Постановка задачі. Для забезпечення ефективного автоматизованого керування СЕЕС необхідно визначити значення мінімального періоду сканування SCADA-системи, при якому не відбувається втрат пакетів даних. Для вирішення цього завдання в роботі пропонується методика розрахунку характеристик системи масового обслуговування, яка виконує обробку запитів від компонентів ПЗ. Дисципліною обслуговування є дисципліна FIFO.

Результати досліджень. Цикл обміну даними між ПЗ та засобами автоматизації СЕЕС складається з операцій (в порядку зниження пріоритетів):

- зміна стану дискретних виходів;
- отримання станів дискретних входів;

- отримання одиничних аналогових значень (діючих значень струму та напруги, частоти, коефіцієнту потужності);
- отримання масивів аналогових значень (миттєвих значень струму та напруги генератора).

Таким чином, черга запитів буде складатися з постійних елементів, пов'язаних з отриманням станів дискретних входів й одиничних аналогових значень (параметрів генератора), та змінних.

Обмін даними (обслуговування загальної черги) здійснюється циклічно. Час між двома послідовними обмінами даними має назву «період сканування». Для ефективного використання каналу зв'язку та передбачуваного часу виконання команд період сканування має бути рівним або більшим за час обслуговування всіх запитів загальної черги:

$$t_{ск} \geq \sum_{i=0}^M L_i \cdot t_{обрі}, \quad (1)$$

де $t_{ск}$ – період сканування; M – кількість типів використаних в схемі компонентів; L_i – довжина черги запитів компонентів i – того типу; $t_{обрі}$ – час обробки запиту компонента i – того типу.

Загальна черга складається з постійних та змінних елементів. Довжини черг запитів компонентів, які відповідають постійним елементам черги, є незмінними, та дорівнюють кількості вимірюваних параметрів:

$$L_i = N_i, \quad (2)$$

де N_i – кількість вимірюваних параметрів.

Довжини змінних черг запитів компонентів залежать від кількостей вимірюваних параметрів компонентів, інтенсивностей вхідних потоків запитів та періоду сканування:

$$L_i = N_i \cdot \lambda_i \cdot t_{ск}, \quad (3)$$

де λ_i – інтенсивність вхідного потоку запитів компонента i – того типу.

Для компонентів «Автомат» кількість вимірюваних параметрів співпадає з кількістю автоматів у схемі. Для компонентів «Генератор» середню кількість змінних вимірюваних параметрів (миттєвих значень напруги та/або струму) можна визначити як середнє арифметичне:

$$N_z = \frac{2 \cdot M_{z2} + M_{z1}}{M_{z0} + M_{z1} + M_{z2}}, \quad (4)$$

де M_{z0} , M_{z1} , M_{z2} – кількості компонентів «Генератор» («Дизель-генератор»), для яких не проводяться вимірювання струму або напруги; проводяться вимірювання одного з параметрів та проводяться вимірювання обох параметрів відповідно.

Для компонентів «Дизель» середня кількість вимірюваних параметрів визначається аналогічно:

$$N_d = \frac{\sum_{i=1}^{M_d} N_i}{M_d}, \quad (5)$$

де M_d – кількість компонентів «Дизель» у схемі; N_i – кількість вимірюваних параметрів i – того компоненту «Дизель».

Час обробки запиту $t_{обрі}$ залежить від параметрів обміну даними та розмірів пакетів запиту і відповіді. Для можливості порівняння складності схем з точки зору навантаження на канал обміну даними та полегшення розрахунків для кожного параметра (операції)

можна ввести ваговий коефіцієнт – відношення сумарної кількості байт запиту та відповіді до базової кількості. Тоді час обробки запиту визначається як:

$$t_{обрі} = 1,2 \cdot k_i \cdot t_{\delta}, \quad (6)$$

де k_i – ваговий коефіцієнт операції, відповідний параметру компонента; t_{δ} – час передачі елементарного пакету даних; при стандартних налаштуваннях (один стоповий біт, відсутність контролю парності) $t_{\delta} = 150/\nu$, ν – швидкість обміну даними, біт/с. Коефіцієнт 1,2 введено для урахування затримок при передачі даних.

Підставивши вирази (2) – (6) до виразу (1) можна отримати залежність середнього періоду сканування від складності схеми:

$$t_{ск\ сеп} = 1,2 \cdot t_{\delta} \cdot \left[\sum_{i=1}^N M_i \cdot k_i + \left(M_{авт} \cdot k_{авт} \cdot \lambda_{авт} + \frac{2 \cdot M_{з2} + M_{з1}}{M_{з0} + M_{з1} + M_{з2}} \cdot k_z \cdot \lambda_z + \frac{\sum_{i=1}^{M_{\delta}} N_i}{M_{\delta}} \cdot k_{\delta} \cdot \lambda_{\delta} \right) \cdot t_{ск} \right],$$

$$t_{ск\ сеп} = \frac{1,2 \cdot t_{\delta} \cdot \sum_{i=1}^N M_i \cdot k_i}{1 - 1,2 \cdot t_{\delta} \cdot \left(M_{авт} \cdot k_{авт} \cdot \lambda_{авт} + \frac{2 \cdot M_{з2} + M_{з1}}{M_{з0} + M_{з1} + M_{з2}} \cdot k_z \cdot \lambda_z + \frac{\sum_{i=1}^{M_{\delta}} N_i}{M_{\delta}} \cdot k_{\delta} \cdot \lambda_{\delta} \right)}, \quad (7)$$

де $t_{\delta} = 10/\nu$; N – кількість постійних вимірюваних параметрів ($1 \leq N \leq 5$); M_i – кількість компонентів, для яких проводиться вимірювання i -того параметру; k_i – ваговий коефіцієнт відповідній параметру операції ($k_{авт}$ – «Управління дискретним виходом» для автомата; k_z – «Отримання миттєвих значень напруги (струму)» для генератора; k_{δ} – «Отримання значень параметрів дизеля» для дизеля); $M_{авт}$ – кількість компонентів «Автомат» в схемі; $\lambda_{авт}$, λ_z та λ_{δ} – інтенсивності вхідних потоків запитів, пов'язаних зі зміною станів дискретних виходів, отриманням миттєвих значень напруги (струму) генераторів та отриманням значень параметрів дизеля відповідно.

Використовуючи середній період сканування можна отримати середню довжину загальної черги:

$$L_{сеп} = t_{ск\ сеп} \cdot \frac{\nu}{10}. \quad (8)$$

Мінімальний період сканування, при якому можливий обмін даними без втрат, розраховується виходячи з середнього при граничних умовах:

$$t_{ск} \geq \frac{1,2 \cdot t_{\delta} \cdot \sum_{i=1}^N M_i \cdot k_i}{1 - 1,2 \cdot t_{\delta} \cdot (k_{авт} + N_{z\ max} \cdot k_z + N_{\delta\ max} \cdot k_{\delta})}, \quad (9)$$

де $N_{z\ max}$ – максимальна кількість вимірюваних параметрів (миттєвих значень напруги та/або струму) для компонентів «Генератор»; $N_{\delta\ max}$ – максимальна кількість вимірюваних параметрів для компонентів «Дизель».

При розрахунку вважається що зміна стану більш ніж одного компонента «Автомат» (або натискання на більш ніж один компонент «Кнопка управління») за час, рівний періоду сканування, малоімовірна.

Завантаженість каналу зв'язку можна розрахувати як:

$$K_{зав} = \frac{L_{сер} / t_{ск}}{v/10} \cdot 100\% = \frac{10 \cdot L_{сер}}{v \cdot t_{ск}} \cdot 100\%, \quad (10)$$

де $t_{ск}$ – обраний період сканування.

Залежність завантаженості каналу зв'язку визначається співвідношенням $K_{зав} = \frac{0,325}{t_{ск}} \cdot 100\%$ та у графічному вигляді представлена на рис. 1.

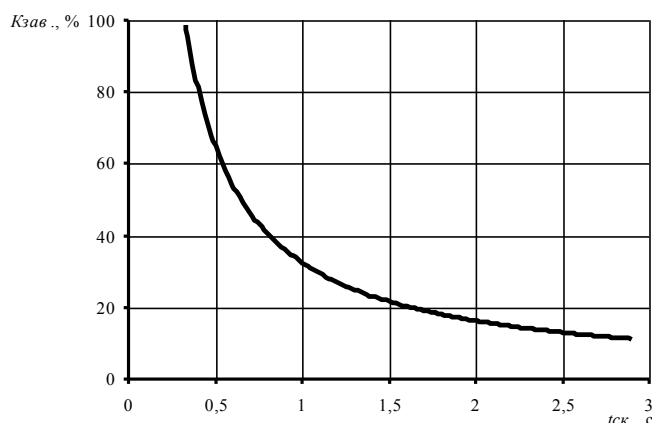


Рисунок 1 – Залежність завантаженості каналу обміну даними від періоду сканування

Залежність коефіцієнту завантаження каналу зв'язку від періоду сканування має нелінійний характер. З наведеного графіку видно, що вибір значення періоду сканування $t_{ск}$ менше деякого граничного значення призведе до перевантаження каналу зв'язку.

Висновки. В результаті виконання дослідження запропоновано методику розрахунку параметрів, що дозволяють визначити час обробки системою масового обслуговування черг запитів від компонентів програмного забезпечення автоматизованого керування СЕЕС, оцінити завантаженість каналу зв'язку та прогнозувати часові затримки при передачі інформаційно-керуючих пакетів по мережі. Часова ефективність ПЗ залежить від топології і складу електроенергетичної системи та інтенсивностей потоків заявок від компонентів програмного забезпечення, тому для кожної АСК СЕЕС її характеристики розраховуються окремо. Для врахування пріоритетів операцій та запобігання втрат запитів загальну чергу розділено на чотири окремих, обробка яких відбувається послідовно. Значення періоду сканування залежить від довжин цих черг. Отримані результати є основою для вибору періоду сканування в SCADA-системі, при якому не відбувається втрат пакетів даних.

ЛІТЕРАТУРА

1. Khazaei H. Accuracy Evaluation of Delivered Measurements to HMI in a Real SCADA Automation System / H. Khazaei, H. Sheisi, H. Moradmand // Instrumentation Control and Automation. France : Narbonne. – 2011. – P. 279–283.
2. Valsalam S. R. Distributed SCADA system for optimization of power generation / S. R. Valsalam, A. K. Sathyan, S. S. Shankar // IEEE Conference&Exhibition On Control, Communications and Automation. – 2008. – P. 212–217.
3. Mahmoud M. Al-Suod. Research on information channel characteristics of a ship electric power system / Mahmoud M. Al-Suod, A. Ushkarenko, O. Dorogan // Przegląd Elektrotechniczny. – 2018. – No. 06. – P. 19–26.
4. Дорогань О.И. Исследование временной эффективности автоматизированной системы управления с использованием паттерновых сетей / О.И. Дорогань, В.М. Рябенкий, А.О. Ушкаренко // Проблеми інформаційних технологій. Херсон: ХНТУ. – 2014. – №1 (015). – С. 76–84.

THE STRUCTURE OF THE SHIP ELECTRIC POWER SYSTEM MODEL FOR THE STUDY OF DYNAMIC OPERATION MODES

Ushkarenko O.O., Dorogan O.I.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding
(Ukraine, Nikolaev)*

Introduction. The alternating current generators of ship electric power systems (SEPS) shall meet certain requirements to ensure high quality of voltage maintenance and regulation at load connection and rejection, especially when squirrel-cage induction motors are started. A squirrel-cage induction motor (IM) is the main type of motors in ship electric power stations. It is known that the value of the initial starting current of an induction motor is determined by the low resistance of its windings, and if the motor is turned on at full supply voltage, a significant “peak” of current is obtained corresponding to the short circuit mode in the network downstream the motor resistance. Studies have shown that deep voltage sags (over 20%) with a long voltage recovery period are unacceptable, since the mechanical characteristics of the engine deteriorate so much that it cannot overcome the moment resistance of its mechanism. Powerful induction motors start-up leads to significant voltage sags, which, as noted in [1], can lead to the activation of protective equipment due to prolonged transients, and have a negative impact on the quality of electricity [2]. However, voltage sag calculation is associated with significant computational costs and requires solving a differential equation system [3, 4]. At the same time, it is not always possible to obtain an adequate description of SEPS with several operating generators, which also contain operating IM, automation systems, non-linear loads and other motors connected to the network, as noted in [5].

Actuality of the research. It is urgent to pre-assess the magnitude of the voltage sag, which occurs when the IM is started, in order to prevent emergency conditions in the SEPS. The electric power system model may be part of the automated control system, and the modelling of the IM start-up can be triggered from the software of the automated working station of the SEPS operator. On completion of the modelling process, the power plant operator will receive information about the predicted value of the voltage sag, and, if necessary, can change the SEPS operating mode by connecting a subsidiary generator, and if there is no power reserve, disconnect some electricity consumers. Thus, it is necessary to develop the power plant model which is an integral part of the information support system for the SEPS operator’s actions, and is distinguished by the most accurate reproduction of the features of relevant electric power processes.

The aim of the research is to develop a block-diagram of a ship electric power system model, which includes several diesel-generators and automation systems, in order to simulate the start-up mode of an induction motor, to estimate the magnitude and duration of the voltage sag occurring in this case.

We shall consider a synchronous generator operating in idle mode, the voltage on which equals nominal. The magnitude of the voltage sag depends on many parameters, in particular on $\cos\varphi$ and x'_d . If we neglect the transients of the actuator, then the voltage change on generator from the initial value U_{st} to the steady-state voltage U_{fin} will occur almost exponentially:

$$u = U_{st} - (U_{fin} - U_{st})e^{-\frac{t}{T'_d}}.$$

Time constant of the transient when starting the engine together with the load is determined by the formula

$$T'_d = T_{d0} \frac{x'_d + x_{mot}}{x_d + x_{mot}},$$

where T'_{d0} is time constant of the transient with the open stator winding; x'_d is transient longitudinal inductive resistance of the generator; x_d is longitudinal inductive resistance of the generator; x_{mot} is engine equivalent resistance.

The initial voltage value is found by the transition electro-motive force of E'_d at the time of the engine start:

$$U_{st} = \frac{E'_{dst} x_{mot}}{x'_d + x_{mot}}$$

The magnitude of the initial voltage dip of the generator in percent is calculated by the equation:

$$\Delta U = (1 - U_{st}) \cdot 100\%$$

From the known calculation of the engine equivalent inductive resistance [1] we get:

$$x_{mot} = (1 - \mu)x + \frac{\mu \cdot x}{1 + (s_{im} T_r)^2}$$

where s_{im} is engine slip, $s_{im}=1$ at the start; x is stator inductive resistance; μ is coupling factor of stator and rotor windings of the engine; T_r is time constant of the rotor.

The resulting equation can be used to estimate the magnitude of the voltage dip when an induction motor is connected to a single-running synchronous generator. However, this is an idealized case which does not take into account the work of other motors that can also be connected to the generator, the current load of the generator, the resistance of the cables. Also, this equation is not applicable in the case of the power plant operation mode when several generators are connected to a common load.

It is proposed to create a block-diagram with the corresponding power units, automation tools (frequency and voltage controllers, synchronizing devices and load sharers), equivalent active-inductive load and an induction motor, which connection modelling will be performed. Fig. 1 presents a block-diagram of a ship electric power system model for calculating the expected voltage sag.

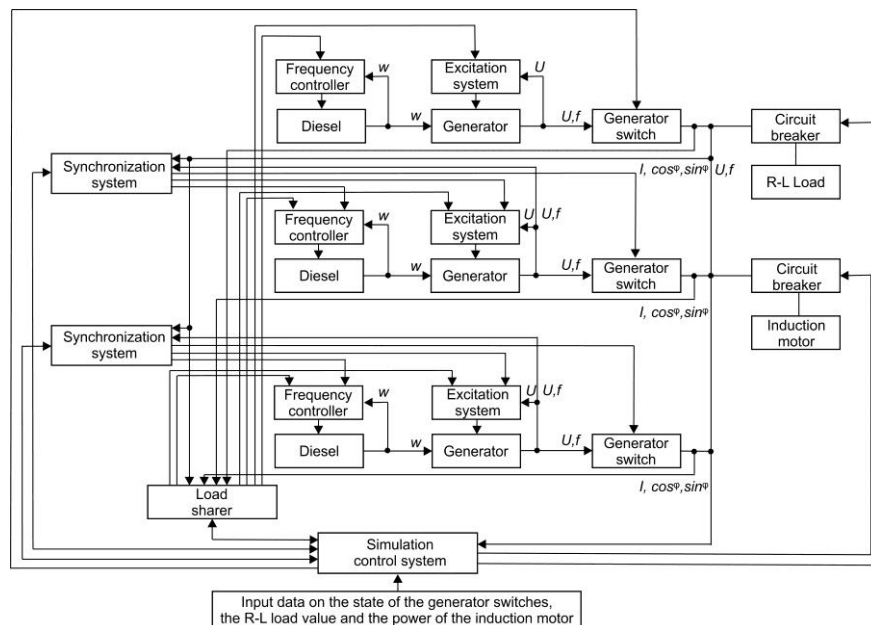


Figure 1 – The block-diagram of the ship electric power system model for calculating the voltage sag when connecting induction motor

If it is necessary to calculate the expected voltage sag when starting an induction motor of a given power, a model can be activated with arguments determining the state of the generator

switches, the current active-inductive load of the SEPS and the power of the connected induction motor, and with a return value – the magnitude of voltage sag.

On the model development, the 55 kW and 14 kW induction motors start-up modelling was performed. The modelling results are presented in Fig. 2, a, b, respectively.

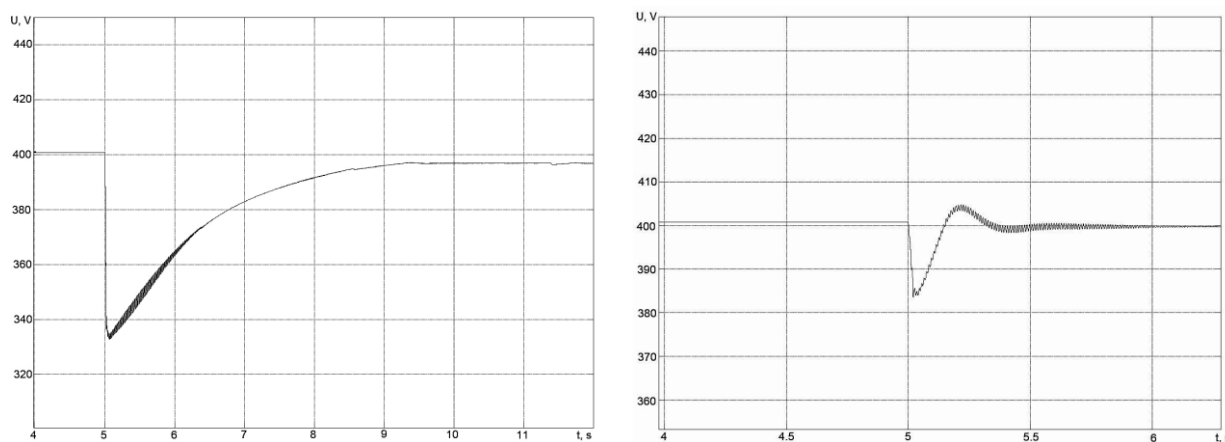


Figure 2 – Oscillograph records of voltages at the start-up of induction motors of various capacities: a – 55 kW; b – 14 kW

Based on modelling results, it was determined that the magnitudes of voltage sags at IM start are approximately 67 V and 16 V, respectively. Based on the data obtained, it is decided to change the SEPS operating mode, in particular, to connect an additional generator to the total load to provide power reserve and prevent significant voltage sags during IM direct start.

Conclusion. A block-diagram of the SEPS simulation model with a configuration modified in real-time for the implementation of the above task has been developed. This solution allows to assess the possible consequences of an induction motor direct start under current conditions and to decide on connection of an additional diesel generator to the network or disconnection of the least responsible consumers from the network. The developed SEPS model allows for a deep study of static properties and dynamic characteristics of generating units based on modelling, and for the development of necessary measures ensuring voltage stability. The modelling of the power plant operation in dynamic modes was carried out. Oscilloscope records of voltage sags when connecting induction motors of various rating were obtained.

REFERENCES

1. Lobov V.I. Method of Determining the Start Time of Induction Motors in the Control of Resistor-Thyristor Modules / V.I. Lobov, K.V. Lobova // *Electrical Engineering & Electromechanics*. – 2015. – No. 4. – P. 40–44.
2. Czarkowski D. Electric Power Quality in Isolated Systems – Requirements and Examples of Analysis / D. Czarkowski, J. Mindykowski, M. Olesz, E. Szmít // in *Proc. of the Compatibility in Power Electronics Conference*, Gdansk, Poland. – 2007. – pp. 1–6.
3. Fourati F. Angular-based modeling of induction motors for monitoring / A. Fourati, A. Bourdon, N. Feki, D. Rémond, F. Chaari, M. Haddar // *Journal of Sound and Vibration*. – 2017. – Vol. 395. – P. 371–392.
4. Singh A. A review of induction motor fault modelling / A. Singh, B. Grant, R. DeFour, C. Sharma, S. Bahadoorsingh // *Electric Power Systems Research*. – 2016. – Vol. 133. – P. 191–197.
5. Blanco J. The influence of transformers, induction motors and fault resistance regarding propagation voltage sags / J. Blanco, R. Darío Leal, J. Jacome, J. F. Petit, G. Ordoñez, V. Barrera // *Ingeniería e Investigación*. – 2011. – Vol. 31, No.2SUP. – P. 139–147.

ГИБРИДИЗАЦИЯ В КОНСТРУКТИВНОЙ ТЕОРИИ СЕРЕНДИПОВЫХ АППРОКСИМАЦИЙ

Хомченко А.Н., Андреева Н.Ю.

*Черноморский национальный университет имени Петра Могилы
(Украина, г. Николаев)*

Вступление. Первоначально разработанные серендиповы конечные элементы (Эргатудис, Айронс, Зенкевич, 1968) обладали равным количеством узлов по направлениям координатных осей x и y . Позднее [1] (Тейлор, 1972) был предложен алгоритм для серендиповых элементов с равным или неравным числом узлов в двух направлениях. Так появились смешанные модели-гибриды. Они образуют полезный класс прямоугольных элементов, которые в комбинации с треугольными элементами эффективно используются в областях с криволинейными границами [2, 3]. К сожалению, в методе Тейлора обычно используются линейные аппроксимирующие поверхности – коноиды, которые, как правило, приводят к «жестким» моделям с физически неадекватным спектром интегральных характеристик. Такие модели в англоязычных источниках часто называют стандартными. Ниже на примере квадратично-кубического элемента конструктивно доказано, что наряду со стандартной моделью существует множество альтернативных моделей.

Актуальность исследований. В стандартных моделях узлы расположены равномерно по периметру носителя, что ограничивает возможности описывать неравномерное поведение полевой функции. Поэтому разработка математического обеспечения смешанных моделей является актуальной.

Постановка задачи. Задача состоит в конструировании такой модели серендипова элемента, которая реализует поведение функции вдоль оси $0x$ по закону кубической параболы, а вдоль $0y$ – по закону квадратичной параболы.

Одной из наиболее ответственных операций метода конечных элементов (МКЭ) является построение интерполирующих функций для приближенного отображения закона изменения искомой функций $f(x, y)$ в пределах КЭ.

Результаты исследования

Для квадратично-кубического серендипова КЭ (рис. 1, рис. 2) интерполяция в форме Лангранжа имеет вид:

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^{10} N_i(x, y) \cdot f_i \quad (1)$$

где f – известные аппликаты поверхности $f(x, y)$.

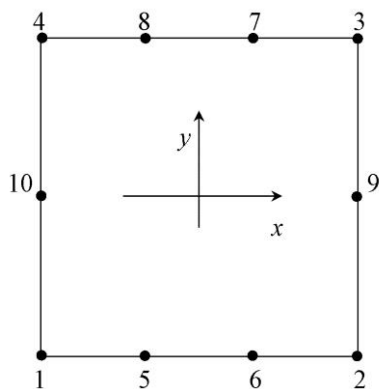


Рисунок 1 – Квадратично-кубический КЭ

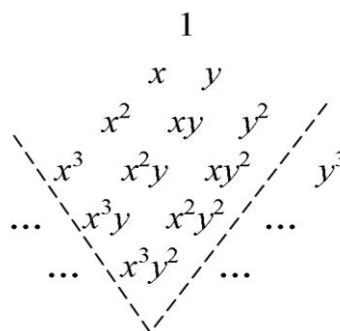


Рисунок 2 – Схема Паскаля

Базисные функции $N_i(x, y)$ должна удовлетворять интерполяционной гипотезе:

$$N_i(x_k, y_k) = \sigma_{ik}, \quad \sum_{i=1}^{10} N_i(x, y) = 1, \quad (2)$$

где σ_{ik} – символ Кронекера.

Полное представление о базисе дают три функции влияния: «угловая», например, $N_1(x, y)$, две «промежуточные», например, $N_5(x, y)$ и $N_{10}(x, y)$. 1-я модель (standard) может быть получена матричным методом (СЛАУ 10×10), методом Тейлора или геометрическим. Мы использовали наиболее простой и наглядный геометрический подход. Заметим, что для матричного метода необходимо удачно выбрать десятый моном из трех теоретически возможных: x^3y, x^2y^2, x^3y^2 (рис. 2). Опуская подробности, запишем базис 1-й модели:

$$N_1(x, y) = \frac{1}{32}(1-x)(1-y)(9x^2 - 8y - 9), \text{ аналогично для } i = 2, 3, 4;$$

$$N_5(x, y) = \frac{9}{32}(1-x^2)(1-3x)(1-y), \text{ аналогично для } i = 6, 7, 8;$$

$$N_{10}(x, y) = \frac{1}{2}(1-y^2)(1-x), \text{ аналогично для } i = 9.$$

Интегральные характеристики вычисляются по формуле Ньютона-Котеса:

$$\gamma_i = \frac{1}{S} \iint_D N_i(x, y) dx dy, \quad (3)$$

где S – площадь КЭ.

Вычисления по формуле (3) дают стандартный спектр $\{\gamma_i\}$ интегральных характеристик:

$$\gamma_i = -\frac{5}{48}, i = 1, 2, 3, 4; \gamma_i = \frac{9}{48}, i = 5, 6, 7, 8; \gamma_i = \frac{16}{48}, i = 9, 10.$$

2-я модель получается из лагранжева прообраза квадратично-кубического КЭ путем конденсации (редукции) так, чтобы сохранить стандартный спектр интегральных характеристик 1-й модели:

$N_1(x, y) = \frac{1}{32}(1-x)(1-y)(1-3x)(-9-9x-8y-6xy)$, аналогично для $i = 2, 3, 4$. «Промежуточные» функции влияния $N_5(x, y)$ и $N_{10}(x, y)$ не отличаются от соответствующих функций 1-й модели. На рис. 3, 4 показаны портреты линий нулевого уровня «угловых» функций $N_1(x, y)$ 1-й и 2-й моделей. Области отрицательных значений $N_1(x, y)$ заштрихованы.

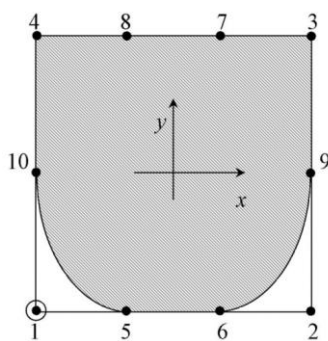


Рисунок 3 – Линии нулевого уровня $N_1(x, y)$ (1-я модель)

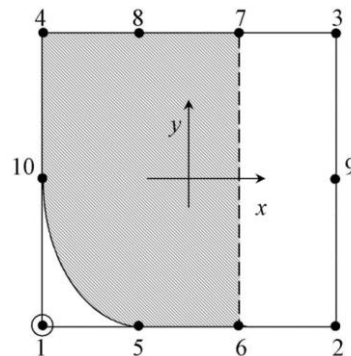


Рисунок 4 – Линии нулевого уровня $N_1(x, y)$ (2-я модель)

Приверженцы физических аналогий интерпретируют спектр интегральных характеристик $\{\gamma_i\}$ как узловые нагрузки от единичной массовой силы. С этой точки зрения наличие отрицательных нагрузок в углах КЭ делает распределение противоестественным. Покажем теперь две модели с физически адекватным спектром.

3-я модель получена геометрически с помощью прямых линий нулевого уровня:

$$N_1(x, y) = \frac{1}{32}(1-x)(1-y)(3x+2y+1)(3x+2y+3), \text{ аналогично для } i = 2, 3, 4;$$

$$N_5(x, y) = \frac{3}{32}(1-x^2)(1-y)(-9x-4y-1), \text{ аналогично для } i = 6, 7, 8;$$

$$N_{10}(x, y) = \frac{1}{2}(1 - y^2)(1 - x), \text{ аналогічно для } i = 9.$$

Здесь интегральные характеристики таковы:

$$\gamma_i = \frac{1}{16}, i = 1, 2, 3, 4; \gamma_i = \frac{1}{48}, i = 5, 6, 7, 8; \gamma_i = \frac{1}{3}, i = 9, 10.$$

Параллельные прямые в нулевом уровне впервые были использованы в 1982 г. [4] при конструировании альтернативного базиса бикубической интерполяции.

4-я модель получена конденсацией из лагранжева прообраза (12 узлов). Функции влияния этой модели имеют вид:

$$N_1(x, y) = \frac{1}{32}(1 - x)(1 - y)(1 - 3x)(3 + 3x + 4y + 6xy), \text{ аналогічно для } i = 2, 3, 4;$$

$$N_5(x, y) = \frac{9}{64}(1 - x^2)(1 - 3x)(1 - y)^2, \text{ аналогічно для } i = 6, 7, 8;$$

$$N_{10}(x, y) = \frac{1}{32}(1 - x)(1 - 3x)^2(1 - y^2), \text{ аналогічно для } i = 9.$$

На рис. 5, 6 показаны линии нулевого уровня поверхностей $N_1(x, y)$ 3-й и 4-й моделей.

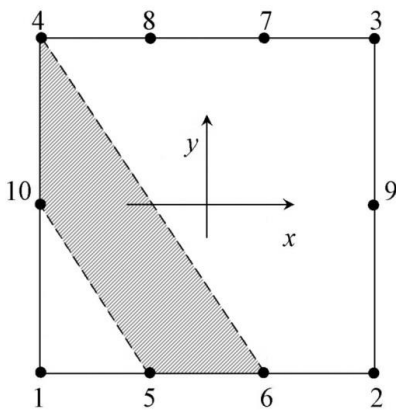


Рисунок 5 – Линии нулевого уровня $N_1(x, y)$ (3-я модель)

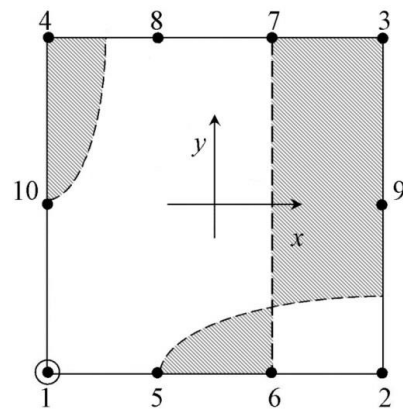


Рисунок 6 – Линии нулевого уровня $N_1(x, y)$ (4-я модель)

Интересно отметить, что гибридизация стандартных серендиповых элементов происходит по правилам арифметического усреднения. Например, количество узлов $10 = \frac{1}{2}(8 + 12)$, нагрузка в вершинах квадрата: $-\frac{5}{48} = \frac{1}{2}(-\frac{1}{12} - \frac{1}{8})$. Скрещивание лагранжевых моделей подчиняется правилу геометрического усреднения. Например, количество узлов $12 = \sqrt{9 \cdot 16}$, нагрузка в вершине квадрата $\frac{1}{48} = \sqrt{\frac{1}{36} \cdot \frac{1}{64}}$.

Выводы. 1-я и 2-я модели имеют одинаковые спектры узловых нагрузок. Однако 2-я модель не является стандартной, т.к. ее интерполянт содержит иерархические формы – мономы высших порядков (см. схему Паскаля, рисунок 2).

Смешанные модели КЭ до сих пор остаются вне поля зрения специалистов по гидродинамике и гидроупругости. Авторы скромно надеются, что эти результаты в какой-то мере заполняют пробел и привлекут внимание заинтересованных читателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Норри Д. Введение в метод конечных элементов / Д. Норри, Ж. де Фриз. – М. : Мир, 1981. – 304 с.
2. Ершов Н.Ф. Метод конечных элементов в задачах гидродинамики и гидроупругости / Н. Ф. Ершов, Г. Г. Шахверди. – Л. : Судостроение, 1984. – 240 с.
3. Постнов В.А. Численные методы расчета судовых конструкций / В. А. Постнов. – Л.: Судостроение, 1977. – 279 с.
4. Хомченко А.Н. Некоторые вероятностные аспекты МКЭ / А. Н. Хомченко. – Ивано-Франковск: Ив.-Франк. ин-т нефти и газа, 1982. – 6 с. Деп. В ВИНТИ, № 1213.

УНИФИКАЦІЯ ІНТЕРФЕЙСА УПРАВЛЕННЯ УКВ/ПВ/КВ АППАРАТУРОЮ В ІНТЕГРИРОВАННІЙ СИСТЕМІ РАДІОСВ'ЯЗИ

Шишкин А.В., Коновец В.И.

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

Введение. В морской наземной радиосвязи во всех диапазонах радиоволн в соответствии с требованиями ГМССБ используется цифровой избирательный вызов (ЦИВ) для первоначального вызова судна (береговой станции) и установления рабочего канала для дальнейшего обмена сообщениями по радиотелефону или радиотелексу. Тем не менее, на практике процедуры радиосвязи с использованием ЦИВ постоянно нарушаются как в случае бедствия, так и при связи с другими приоритетами. Установлено [1], что одной из главных причин нарушения эксплуатационных процедур радиосвязи является сложный, «недружественный» приборный интерфейс управления аппаратурой ЦИВ и разнообразие интерфейсов различных фирм-производителей радиооборудования. Интерфейс управления существующей аппаратуры ЦИВ радиосвязи ориентирован на ввод цифровой и символьной информации через кнопочную панель прибора. Такой способ требует неоправданно больших затрат времени и усилий оператора, сопряжен с ошибками и потому вызывает неприятие у пользователей. Подобный тип интерфейса отвлекает судоводителя от решения задач, связанных с безопасным управлением судна.

В работе [2] предложено использовать дисплей электронной картографической навигационной информационной системе (ЭКНИС) для представления ЦИВ информации и управления вызовами. Однако современная ЭКНИС перегружена навигационными функциями и широкое внедрение этого решения достаточно проблематично.

Целью работы является разработка концепции унифицированного интерфейса управления аппаратурой радиосвязи УКВ/ПВ/КВ диапазонов с использованием ЦИВ.

Стандартный режим (S-Mode) для приборов навигации

На современных морских судах представление навигационной информации осуществляется в компьютеризированной форме. Большое количество мировых производителей судовой навигационной аппаратуры приводит к разнообразию форм представления информации на дисплеях и правилами управления ЭКНИС и судовой РЛС. Приобретение навыков эксплуатации новой системы требует от моряка времени для обучения работе с иным интерфейсом взаимодействия – переходу к иному интерфейсу человек-машина. Концепция стандартного режима в навигации (S-Mode) предполагает унификацию, единообразие процессов управления оборудованием и форм представления информации на дисплее [3, 4]. Идея S-Mode гармонично вписывается в стратегическую концепцию e-навигации (e-navigation), активно продвигаемую ИМО в отношении развития морских систем навигации и радиосвязи. Стандартный режим характеризуется тремя отличительными чертами [3]:

- представление стандартного меню нажатием одной кнопки;
- стандартная структура меню на дисплее с реализацией всех существенных операций одинаковым образом вне зависимости от производителя оборудования;
- стандартный набор интерфейсных устройств (мышь, трекбол, джойстик, т.п.).

Реализация стандартного, одинакового для всех судов интерфейса ЭКНИС и РЛС не создает у вахтенного офицера каких-либо трудностей при переходе на другое судно. В то же время стандартный режим вовсе не исключает возможности настройки интерфейса под индивидуальные пользовательские запросы судоводителя. Имплементация стандартного режима в бортовом оборудовании судна является одной из ключевых задач развития e-навигации. ИМО поставлена задача разработки соответствующих руководств высокого

уровня (т.е. без детализации технических деталей) для реализации стандартного режима в 2019 году [5].

Стандартный режим управления приборами радиосвязи

По аналогии с навигацией концепция стандартного управления приборами может быть применена и в радиосвязи. В наземной морской радиосвязи, особенно после внедрения ЦИВ, существует проблема оперативного установления адресной радиосвязи. С одной стороны система ЦИВ была разработана и внедрена в ГМССБ для повышения эффективности связи, с другой стороны разнообразие панелей управления и представления информации на судовых станциях различных производителей не позволяют реализовать все преимущества радиосвязи с использованием ЦИВ. Необходим единый «дружественный» интерфейс управления аппаратурой радиосвязи.

Рекомендация Международного Союза Электросвязи [6] устанавливает протокол передач ЦИВ, однако не регламентируют вид пользовательского интерфейса аппаратуры. Поэтому производители оборудования имеют полную свободу в реализации формы представления информации и панели управления радиостанцией с ЦИВ. Это приводит к разнообразию приборной панели приборов и требует надлежащей практической подготовки для правильной и эффективной эксплуатации оборудования радиосвязи. При этом радиотелефонная связь, особенно в УКВ диапазоне, не претерпела каких-либо изменений для пользователя и не вызывает особых проблем в отличие от новой подсистемы связи цифрового вызова, появившейся с вступлением в силу ГМССБ.

Радиостанция на судне может рассматриваться как информационный датчик или transducer – преобразователь одного вида энергии в другой. В нашем случае энергия электромагнитного поля преобразуется в электрический сигнал и наоборот. В судовых навигационных системах аналогичными датчиками являются такие устройства как приемник GPS, гироскоп, лаг, эхолот. Эти датчики интегрированы в ЭКНИС по локальной сети инструментального уровня [7], как показано на рис. 1 а). Причем представление полученной через сенсоры информации осуществляется на дисплее ЭКНИС. Вахтенный офицер получает с дисплея информацию о текущей навигационной обстановке не в «сыром» представлении в виде набора абстрактных данных от датчиков, а в виде удобном для восприятия и принятия решений по управлению судном. Взаимодействие человек – машина с ЭКНИС происходит на уровне более высоком, чем инструментальный уровень.

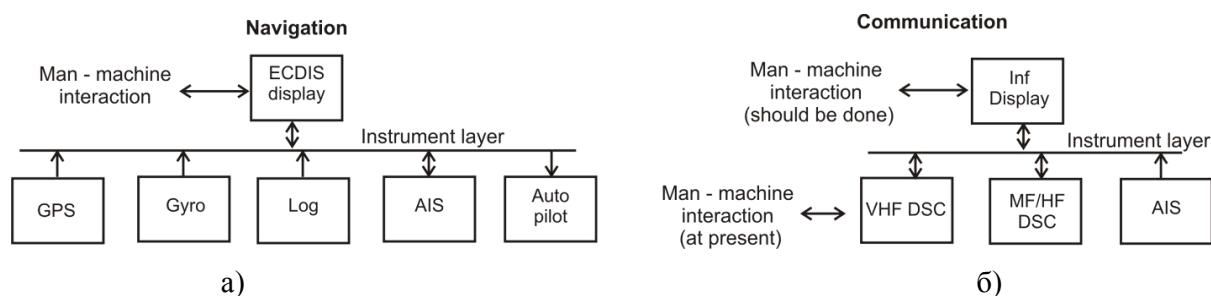


Рисунок 1 – Интегрирование аппаратуры навигации а) и радиосвязи б) на инструментальном уровне

Для радиосвязи информационными датчиками являются УКВ и ПВ/КВ радиостанциями со своими контроллерами ЦИВ. Вахтенный офицер работает непосредственно с приборами радиосвязи на инструментальном уровне. Поэтому в процессе радиосвязи ему приходится оперировать с достаточно абстрактными данными (вызывные, рабочие частоты и номера каналов, цифровые опознаватели судна), не имея при этом наглядного представления о текущей навигационной обстановке. В интегрированной системе радиосвязи (ИСП) на рис. 1 б) за счет подключения автоматической

идентификационной системы (АИС) судоводитель на информационном дисплее наблюдает АИС-цели с отображением параметров движения судна (курс, скорость). При необходимости установления УКВ радиосвязи с каким-либо судном вахтенный офицер должен выполнить стандартные действия на информационном дисплее, одинаковые для всех типов радиооборудования различных производителей, а именно:

- выбрать кликом манипулятора нужное судно,
- просмотреть на дисплее формуляр параметров вызывной последовательности (при необходимости задать рабочий канал радиотелефонной связи, например, 77) и
- активировать передачу ЦИВ выбранному судну.

Таким образом, при переносе управления радиосвязью с приборного уровня взаимодействия на более высокий уровень управления через информационный дисплей с унифицированным интерфейсом решается проблема разнообразия аппаратуры радиосвязи различных производителей. В ИСП с подключением АИС затраты времени на формирование вызова сокращаются до минимума, т.к. не требуется вводить вручную 9-тизначный идентификатор судна (MMSI).

Основной проблемой при реализации ИСП является отсутствие возможности дистанционного управления контроллерами ЦИВ класса А, например, по протоколу NMEA-0183, хотя команды-предложения для управления контроллерами ЦИВ в данном стандарте предусмотрены. Например, посредством предложения DSC обеспечивается двусторонняя передача данных формата ЦИВ в/из контроллера ЦИВ. Отсутствие до недавнего времени стандарта на аппаратуру ЦИВ сдерживало производство оборудования радиосвязи с встроенным интерфейсом NMEA-0183. Новый стандарт [8] специально предусматривает реализацию в аппаратуре подключения по протоколу NMEA-0183 для поддержки дистанционного управления контроллером ЦИВ.

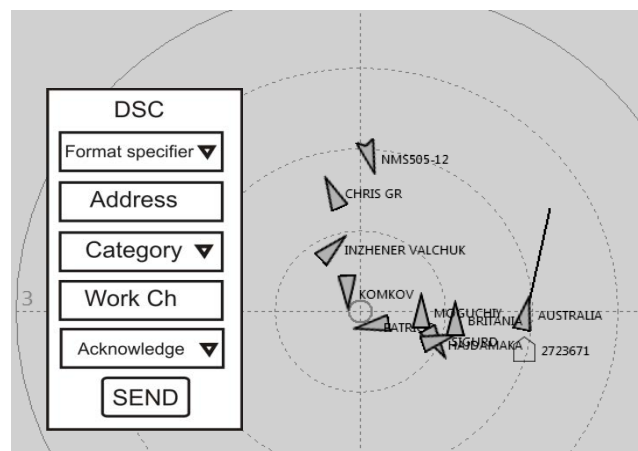


Рисунок 2 – Окно управления УКВ/ЦИВ на информационном дисплее

На рис. 2 представлено окно управления УКВ/ЦИВ контроллером на информационном дисплее экспериментальной ИСП. Для лучшего представления текущей навигационной обстановки и повышения оперативности формирования вызова к ИСП подключена АИС. При формировании вызова судоводителю необходимо выбрать/ввести параметры ЦИВ-последовательности. При наличии на экране АИС-отметки вызываемого судна отпадает надобность набора идентификатора (MMSI) вызываемого судна. Достаточно отметить с помощью трекбола АИС-отметку вызываемого судна и его MMSI автоматически отобразится в поле адреса. Все информационные поля ЦИВ-последовательности жестко определены рекомендацией [6] и имеют упрощенно следующие значения: А – определитель формата вызова (индивидуальный/всем станциям), В – адрес (MMSI) вызываемого судна (для вызова всех станций это поле отсутствует), С – категория (приоритет) вызова, D – собственный MMSI (не требует ввода, передается автоматически),

Е, F, G – дополнительные сообщения (вид последующей связи, номер рабочего канала и др.), Н – требуется подтверждение (да/нет). Все значения полей в меню DSC первоначально установлены по умолчанию, в поле адреса заносится MMSI последней выбранной судоводителем АИС-отметки. При нажатии кнопки SEND команда NMEA DSC подается на контроллер ЦИВ и далее вызов излучаются в эфир на канале 70 УКВ. В случае приема вызова соответствующая АИС-отметка будет отмечена специальным образом и при выборе этой цели судоводитель получит полную информацию о вызове в окне ЦИВ. Таким образом, использование информационного дисплея ИРС позволяет создать унифицированный (стандартный) интерфейс управления УКВ радиосвязью с использованием ЦИВ. При этом сохраняется возможность штатной работы радиостанции с панели управления.

Аналогичным образом реализуется управление ЦИВ в ПВ/КВ диапазонах с тем отличием, что АИС-отметки здесь отсутствуют и судоводителю необходимо вводить MMSI вызываемого судна вручную.

Выводы. Предложенная концепция создания унифицированного (стандартного) интерфейса управления аппаратурой радиосвязи с ЦИВ позволяет решить проблему разнообразия приборного управления аппаратурой многочисленных производителей путем разработки единого экранного интерфейса на базе информационного дисплея. Подключение оборудования радиосвязи может осуществляться по протоколу NMEA-0183. В интегрированной системе радиосвязи при подключении АИС реализуется дополнительное преимущество в виде использования АИС-целей для выбора вызываемого судна с последующей автоматической подстановкой его MMSI в ЦИВ последовательность. Судоводитель будет избавлен от операций с абстрактными данными на низовом инструментальном уровне управления ЦИВ приборами и необходимости адаптации к новому оборудованию. При этом сохраняется в полном объеме возможность штатного управления аппаратурой ЦИВ с приборной панели.

ЛИТЕРАТУРА

1. Simplification of DSC equipment and procedures. Submitted by Finland / Subcommittee on Radiocommunications and Search and Rescue COMSAR 8/4/1, 27 November 2003.
2. Miyusov M.V., Koshevoy V.M., Shishkin A.V. Increasing Maritime Safety: Integration of the Digital Selective Calling VHF Marine Radiocommunication System and ECDIS. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2011. Vol. 5, No 2. pp. 159 – 161.
3. Patraiko D. What is S-Mode and why does it matter? The Navigator. 2017, February. pp. 4 – 5.
4. Patraiko D., Wake P., Weintrit A. E-Navigation and the Human Element. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. 2010. Vol. 4, No. 1. pp. 11 – 16.
5. Weintrit A. Guidelines on the Display of Navigation-Related Information Received by Communication Equipment at Sea. Archives of Transport System Telematics. 2018, vol. 11, No 3, pp. 57 – 62.
6. Recommendation ITU-R M.493-15 (01/2019). Digital selective-calling system for use in the maritime mobile service.
7. Rodseth O.J., Christensen M.J., Lee K. Design challenges and decisions for a new ship data network, ISIS 2011. 23 p. URL: <http://www.mits-forum.org/resources/lwe-paper-isis-v9.pdf>.
8. International standard IEC IEC 61097-3. 2017. Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) – Part 3: Digital selective calling (DSC) equipment – Operational and performance requirements, methods of testing and required testing results.

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ПРИ ПАРАМЕТРИЧНОМУ ПРОЕКТУВАННІ КОНСТРУКЦІЙ КОМПОЗИТНОГО ПЛАВУЧОГО ДОКУ

Щедролоєв О.В., Яглицкий Ю.К., Кириченко К.В.

*Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Постійні потреби світового судноплавства в судноремонті, обстеженні та контролі стану суден, технічному обслуговуванні підводної частини суден обумовлюють підвищений попит на плавучі доки. Виробництво доків є предметом вигідного бізнесу і одним з важливих напрямків виходу вітчизняної продукції на світовий ринок суднобудування й докобудування [1]. Для цього необхідно створити рентабельну і конкурентоспроможну продукцію, що відповідає світовим вимогам якості в умовах інноваційного розвитку суднобудування [2].

В сучасних умовах якість технологічної підготовки виробництва при побудові плавучого дока у значній мірі визначається рівнем технологічних процесів (ТП), що використовуються. Системний підхід при проектуванні ТП дуже ускладнений, тому що технолог не в змозі забезпечити одночасно оптимізацію ТП, високу якість виробленої продукції і економічність проектних робіт. У той же час підвищення якості і складності окремих вузлів та систем плавучого дока вимагає оптимальних варіантів розробленої технології. Розробка найкращого варіанту ТП є передумовою для рішення технічних, економічних і організаційних задач в конкретних виробничих умовах [3]. Тому виникла необхідність у принципово новому підході до проектування ТП. Таким підходом є моделювання ТП й автоматизоване проектування (АП).

Актуальність досліджень. Процес моделювання є процесом переходу з реальної області у віртуальну (модельну) за допомогою формалізації, далі відбувається вивчення моделі (власне моделювання) і, нарешті, інтерпретація результатів як зворотний перехід з віртуальної області в реальну [4]. Цей шлях замінює пряме дослідження ТП в реальній області, тобто лобове або інтуїтивне рішення задачі. Проектування конструкції дока відповідно до вимог міцності та остійності при загальному поперечному згині є однією з ключових задач, особливо для доків великої вантажопідйомності, оскільки ці вимоги в значній мірі визначають розміри конструктивних елементів днища та стапель-палуби плавучого дока [5].

Постановка задачі. Метою дослідження є обґрунтування принципів моделювання та автоматизованого проектування корпусу та конструкцій композитного дока.

Результати досліджень. Виявлення резервів виробництва або конкретного процесу, як правило, пов'язано з його аналізом на основі сучасних методів досліджень і сучасних технічних засобів. При цьому, при вирішенні ряду завдань, які пов'язані з проектуванням, підготовкою й функціонуванням ТП вдаються до вивчення окремих сторін, характеристик, властивостей ТП не на реальному об'єкті, а на його моделі.

Системний підхід в АП передбачає декомпозицію складних об'єктів (систем) на окремі підсистеми з урахуванням істотних структурно-функціональних відносин між різними ієрархічними рівнями системи і елементами кожного ієрархічного рівня. Декомпозиція об'єкта проектування призводить до декомпозиції процесу проектування - поданням його у вигляді сукупності простіших проектувальних процедур різного ієрархічного рівня.

Декомпозиція корпусу дока на окремі складові забезпечує спрощення рішення проектувальних завдань, але вимагає врахування всіх істотних взаємних (прямих і зворотних) зв'язків між підсистемами різних ієрархічних рівнів і елементами підсистеми даного рівня.

Приєм декомпозиції використовується для представлення процесу проектування конструкцій корпусу дока у вигляді двох взаємопов'язаних етапів: автоматизованого конструювання (АК) і автоматизованого параметричного проектування (АПП). АК призначене для формування візуальної інформації про «пристрої» конструкції, її конструктивну «зовнішність», структурний склад. АПП призначається для визначення розмірів конструктивних елементів, що задовольняють вимогам нормативних документів (Правил / Норм міцності).

Найбільш характерними особливостями процесу АПП є:

- системний підхід із застосуванням декомпозиції корпусу дока і процесу проектування докових конструкцій;
- програмне моделювання як один з основних методів вирішення завдань проектування;
- раціональна стратегія проектування, що реалізує ітеративну послідовність комп'ютерних рішень проблем проектування.

При розробці систем АПП поняття «моделювання» використовується як визначення способу наближеного представлення «пристрою» проектованої конструкції, умовної розрахункової схеми. Це поняття визначає також систему залежностей - математичну модель, яка складена відповідно з умовною розрахунковою схемою.

Принцип організації процесу АПП може розглядатися як модель АПП (рис. 1).

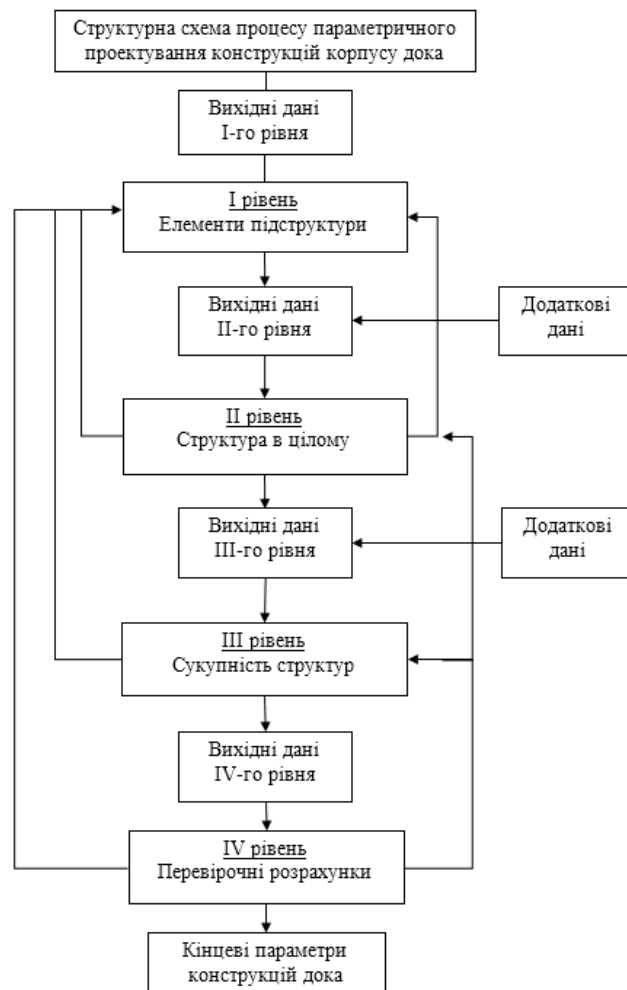


Рисунок 1 – Структурна схема процесу АПП конструкцій дока

Основна ідея цього принципу - організація процесу АПП «знизу вгору», від простої моделі до складної, від проектування конструктивних елементів (листових, у вигляді балки), конструкцій, що забезпечують загальну та місцеву міцність.

Основними структурними елементами АПП є геометричне і конструктивне моделювання корпусу дока. Саме рішення задач геометричного і конструктивного моделювання дозволяє забезпечити ефективну автоматизацію параметричного проектування конструкцій. Для автоматизованого формування геометричної моделі форми корпусу дока на різних стадіях проектування можна використовувати такі методи:

- формування геометричній моделі з використанням спеціалізованого графічного редактора;
- формування геометричній моделі методом перетворення форми корпусу дока-прототипу;
- формування геометричній моделі методом об'єднання різних геометричних форм;
- формування геометричній моделі методом «імпорту» геометричних моделей корпусу, розроблених в інших системах.

Аналогічним чином можна виконати геометричне моделювання внутрішніх структур корпусу дока з використанням інформації про ці структури в так званих контрольних перетинах, де точно відомі параметри, що визначають форму структури.

Геометрична модель внутрішньої структури корпусу дока (палуби, платформи, поздовжні й поперечні перебірки і т. д.) - це сукупність геометричних параметрів, що визначають форму структури в просторі і в плані (в проекції на площину). Для вибору контрольних перерізів використовуються загальнопроектні або конструктивні креслення. На початкових етапах проектування інформація про передбачувану форму структур може бути отримана з попередньо розроблених спрощених схем.

Висновки. В дослідженні розкрито основні принципи організації АПП корпусу дока й докових конструкцій. Наведено структурну схему процесу автоматизованого параметричного проектування конструкцій доку. Розкрито основні принципи організації АПП докових конструкцій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Щедроловцев А.В., Кириченко К.В. Анализ состояния строительства плавучих доков Azərbaycan Dövlət Dəniz Akademiyasının Elmi Əsərləri. Баку, Азербайджанська Державна Морська Академія. 2018. Вип.1 - С. 48-58.
2. Кириченко К.В., Щедроловцев А.В. Усовершенствование технологии строительства композитных плавучих доков большой подъемной силы. Science and Education a New Dimension. Будапешт. 2018. Вып. 158 – С. 61–68.
3. Рашковський О. С. Проектування, технологія і організація побудови композитних плавучих доків [Текст] / О. С. Рашковський, О. В. Щедроловцев, Д. В. Єрмаков, О. М. Узлов. - Навч. посіб. Миколаїв, 2015. - 254 с.
4. Вендров А.М. CASE-технологии. Современные методы и средства проектирования информационных систем. М.: Финансы и статистика, 2006. - 98 с.
5. Ле Минь Тху. Решение задачи параметрического проектирования конструкций корпуса плавучего дока по требованиям к прочности и устойчивости при общем поперечном изгибе. Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2011. № 2. С. 32-38.

СЕКЦІЯ:
***ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ***

К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГОДЫ В ХЕРСОНЕ

Александрова Н.Г.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Вступление. С начала XX столетия средняя температура воздуха возросла на 0,74 С, примерно две трети приходится на период после 1980 года [1]. Каждое из последних трёх десятилетий было теплее предыдущего, температура воздуха была выше, чем в любое предшествующее десятилетие, начиная с 1850 года [2]. Вероятная величина возможного роста температуры на протяжении XXI века на основе климатических моделей составляет 0,3 - 1,7 С. Изменение климата и его последствия в разных регионах мира будут различными. Результатами роста глобальной температуры являются: повышение уровня моря, изменение количества и характера осадков, увеличение пустынь. К другим последствиям потепления относятся: увеличение частоты экстремальных погодных явлений, включая волны жары, засухи и ливни; окисление океана; вымирание биологических видов из-за изменения температурного режима [1].

Методика. Нами проведен подробный сравнительный анализ погоды за последние годы (2013-2018 г.г.) в г. Херсоне. Цель данной работы – проанализировать изменения погоды в Херсоне на примере показателей сентября, октября, ноября и декабря. Анализ погоды в указанный период покажет особенности перехода от лета к осени, а также от осени к зимнему периоду. Для исследования в основном использовали материалы из сайта Pogodnik [4], а также материалы собственных наблюдений. Нами были проанализированы показатели температуры воздуха, точки росы, относительной влажности, атмосферного давления, скорости ветра. Одновременно с этим характеризовалось изменение облачной системы, интенсивность выпадения осадков, изменение направления ветра.

Основная часть. Херсонская область с областным центром Херсоном по своим климатическим и природным условиям относится к уникальному региону Украины. Находится она в степной зоне и Причерноморской низменности. Имеет выход сразу к двум морям - Азовскому и Черному. Территорию области на левую и правую части делит река Днепр. Херсонская область расположена в континентальной области климатической зоны (пояса) умеренных широт и характеризуется умеренно-континентальным климатом с мягкой малоснежной зимой и жарким засушливым летом. Основные черты такого климата формируются под влиянием общих и местных климатообразующих факторов, главными из которых являются: а) величина солнечной радиации; б) атмосферная циркуляция; в) характер подстилающей поверхности [3].

Из составляющих общей циркуляции атмосферы на формирование климата Херсонщины наибольшее влияние оказывают: расположение области в поясе низкого давления умеренных широт – на пути западного переноса воздуха; преобладание умеренных (морских и континентальных) воздушных масс и отдельные вторжения арктического или тропического воздуха; деятельность циклонов Атлантики, Средиземного и Черного морей, влияние сибирского и азорского антициклонов и атмосферных фронтов, связанных с этими вихревыми образованиями.

Среди факторов, которые характеризуют подлежащую поверхность, главными являются незначительная высота территории области над уровнем океана, отсутствие гор, расположение в непосредственной близости к морям, формирование в связи с этим местных ветров-бризов [3].

Характер и интенсивность основных климатообразующих факторов существенно изменяется по сезонам. Зима характеризуется преобладающей ролью циркуляционного фактора, а значение радиационного уменьшается вследствие незначительной высоты Солнца над горизонтом, небольшой длительности дня, значительной облачности. Характерной особенностью зимы являются частые оттепели, которые вызываются перемещением циклонов с Атлантики, Средиземного и Черного морей[3].

Переход к весне характеризуется повышением роли радиационного фактора и усилением влияния подлежащей поверхности. Процессы адвекции ослабляются со снижением температурных контрастов между морем и сушей. Усиливается западный перенос воздуха. Возвращение холодов, которые обуславливают заморозки, связаны с отдельными вторжениями арктических воздушных масс.

Летом усиливается влияние азорского антициклона. Его отроги и отдельные части распространяются на восток, при этом атлантический воздух трансформируется и приходит на нашу территорию прогретым и сухим. Потому летом преобладает антициклональная погода со значительным количеством качественных солнечных дней. Часто возникают суховеи и пылевые бури. Активизируется грозовая деятельность с ливнями. Осадки фронтального происхождения связаны с циклонами с запада. На прилежащие к морям территории влияют бризовые циркуляции: к лету, когда бризы становятся наиболее интенсивными, здесь увеличивается количество безоблачных дней и возрастает значение суммарной солнечной радиации.

Осенью в атмосфере происходят перемены – влияние азорского антициклона уменьшается, а возрастает влияние арктических воздушных масс и влияние зимнего сибирского антициклона. Резко увеличивается количество вторжений холодного воздуха, как с северо-запада, так и северо-востока и востока.

Осенний период наиболее четко отражает ослабление радиационного фактора и влияние циркуляционных процессов в данном регионе, что сказывается на изменении погоды. Характер атмосферной циркуляции определяет величину атмосферного давления и интенсивность действия барических образований – циклонов, антициклонов и связанных с ними атмосферных фронтов. Осенью из-за ослабления западного и усиления восточного антициклона преобладают юго-восточные ветры.

Эти изменения отразились в первую очередь на колебаниях атмосферного давления. Так, к концу лета наметившаяся тенденция к повышению давления показала рост от сентября к ноябрю. Например, в 2018 году эти показатели повышались от 1015 до 1026 гПа.

За период с сентября по ноябрь наблюдалось постепенное усиление действия воздушных масс от преобладающего юго-восточного направления к характерному восточному и северо-восточному направлениям.

В то же время немаловажное значение на характеристику погоды в осенний период оказывают атлантические воздушные массы. На протяжении исследуемого периода возросло число дней с пониженным давлением. В октябре минимальное давление изменялось в пределах 992 – 1006 гПа. Причем, низшие показатели приходились на 2017-2018 годы (рис.1).

При таких процессах происходит постепенная смена летней сухой погоды с высокой температурой воздуха. Если летние среднемесячные показатели температуры составляли 23,4- 25,1° С при максимуме – до 39° С, то к осени наблюдался постепенный спад температуры воздуха. В сентябре постепенное понижение среднемесячных значений температуры составило: от 15 до 18° С. В то же время максимальная температура за эти годы была примерно одинаковой и близкой к летним показателям – 28° С. А в начале сентября 2018 года дневные показатели достигали до 35° С. Значения же минимальной температуры к 2018 году постепенно уменьшались: от 14° до 8° С, а минимум был отмечен в конце сентября 2018 г. и составил 3,2° С. Однако еще в сентябре дневные и ночные температуры были относительно высокими: в среднем 21,0 и 16,0° С.

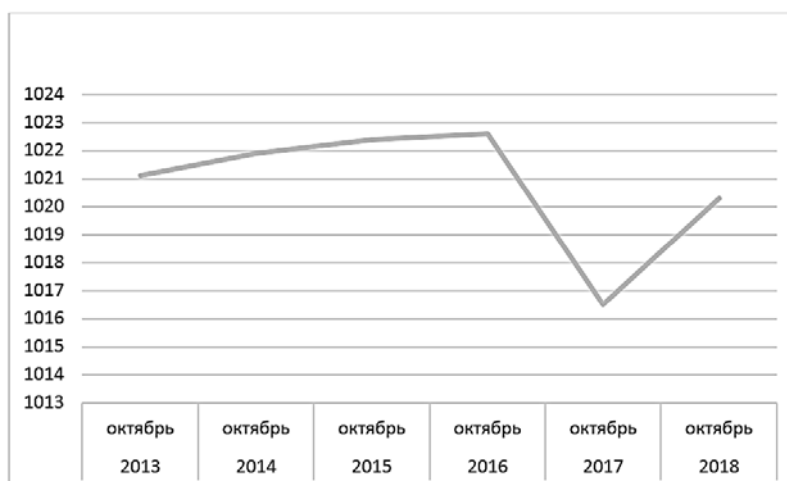


Рисунок 1 – Изменение атмосферного давления в октябре, гПа за период 2013-2018 г.г.

В октябре среднемесячная температура значительно понижается по сравнению с предыдущим месяцем и осень вступает в свои права. За период исследований с 2013г. по 2018 г. их колебания составили: 5,4-13,5° С, и, как видно из графика, эти показатели значительно возрастают (рис.2). В этом месяце происходит понижение минимальных значений: (-1)- (+2)° С, которые, как правило, отмечаются ночью. В то же время дневные температуры остаются на сравнительно высоком уровне: 19,5-26,1° С.

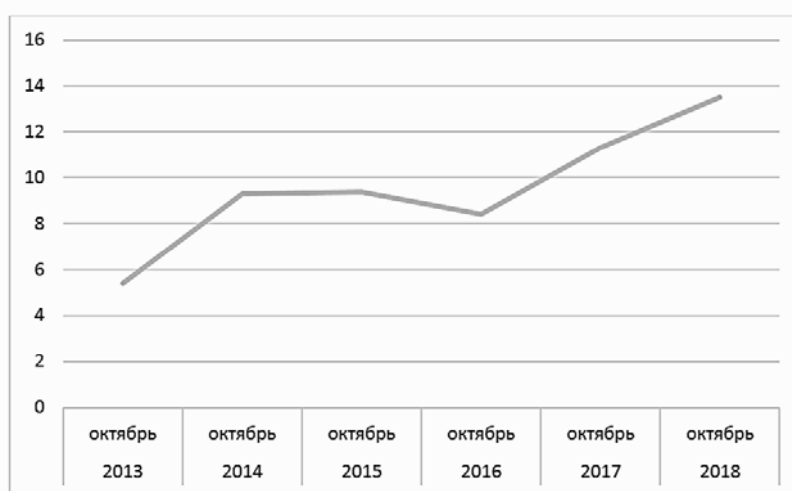


Рисунок 2 – Изменение температуры воздуха в октябре, (° С) за период с 2013 г. по 2018 г.

Наряду с температурными значениями происходит и смена влажностных характеристик. Так, относительная влажность, являющаяся показателем насыщения воздуха водяным паром, изменялась в летний период в пределах 50-60%. С сентября по ноябрь эти показатели возросли, в среднем за месяц, с 72 до 91%. Анализируя изменение характеристик влажности в октябре за многолетний период (69-83%) можно отметить тенденцию к снижению показателей, которая наметилась от 2016 к 2018 году (рис.3).

С изменением относительной влажности воздуха и насыщением его водяными парами связано возникновение тумана, ухудшение видимости, изменение облачности и формирование осадков.

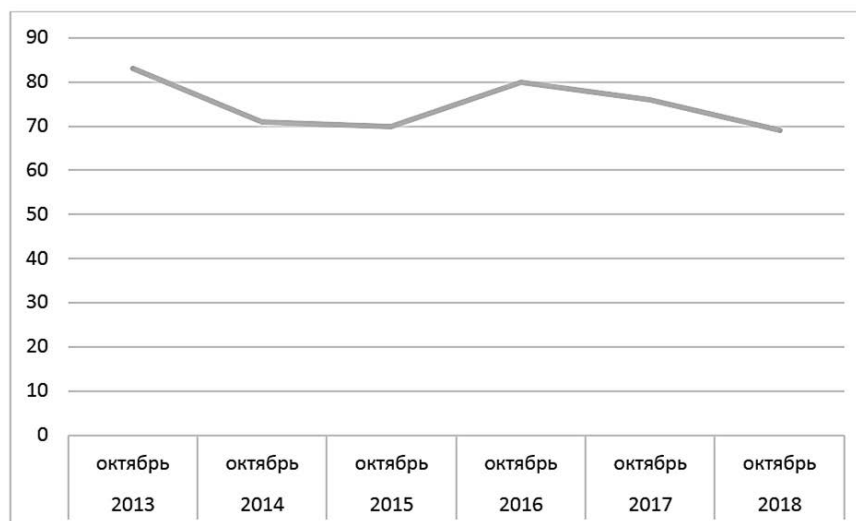


Рисунок 3 – Изменение относительной влажности в октябре, % за период 2013-2018 г.г.

Ноябрь в Херсоне постепенно приближает нас к зиме. Возрастает атмосферное давление, где среднемесячный показатель в 2018 г. составил 1026 гПа, а максимальный достигал 1036 гПа. Все чаще присутствуют арктические воздушные массы, и преобладающим направлением ветра является восточное и северо-восточное. Сокращается разница дневных и ночных температур: (+14° С) (-7° С), возросла относительная влажность до 100%, увеличилось число дней с туманами и дымкой.

Декабрь в Херсоне, хоть и является первым зимним месяцем, но погода в декабре далеко не всегда соответствует этому. На примере 2018 г. видно, что кроме холодных арктических воздушных масс до Херсона доходят и западные атлантические, а иногда и юго-западные. Они приносят в Херсон потепление и осадки. В декабре все чаще появляются отрицательные температуры и преобладают туманные дни с плохой видимостью и моросью, и дождем.

Таким образом, на примере погоды в Херсоне отмечены незначительные изменения за период 2013-2018г.г. В первую очередь эти изменения сказались на повышении температуры, что в свою очередь повлекло сокращение осадков в первую половину осени.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://tass.ru/spec/climate>
2. World Meteorological Organization (2 May 2013).
3. Д.И. Стехновский, А.Е. Зубков Навигационная гидрометеорология, М-1977. 264 с.
4. <http://mycity.kherson.ua/pryroda/klimat.html>

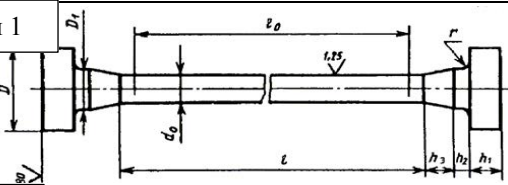
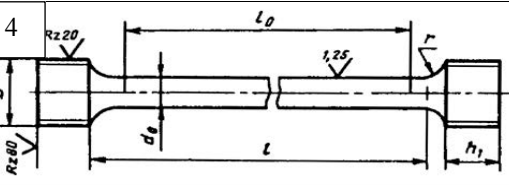
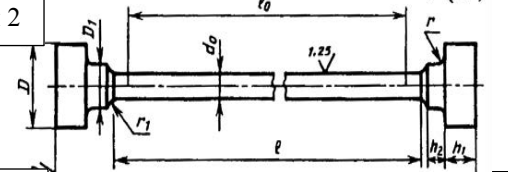
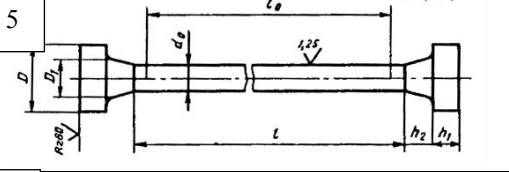
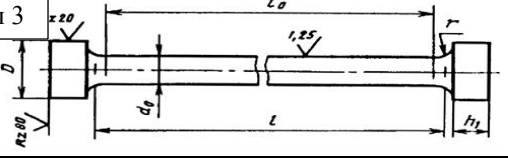
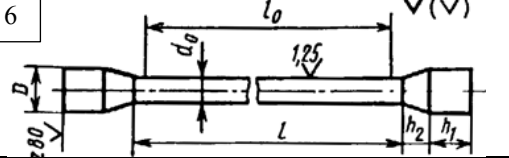
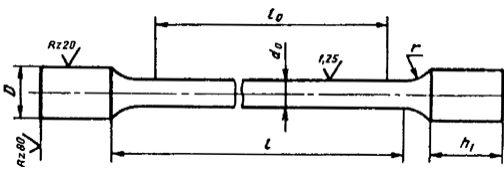
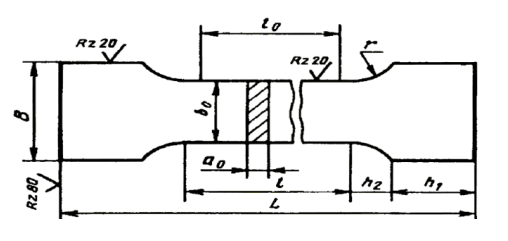
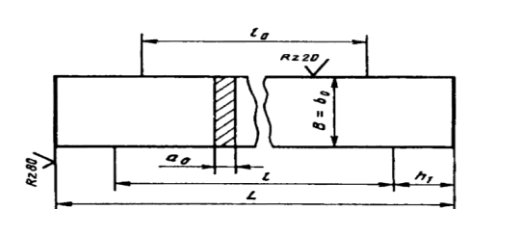
ОБРАЗЕЦ СО СЪЁМНЫМИ ГОЛОВКАМИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ

Алексенко В.Л., Романов Б.В., Сметанкин С.А., Соценко В.В., Юренин К.Ю.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Результаты испытаний материалов на растяжение зависят от размеров и формы образцов. Для сопоставимости результатов, получаемых в различных лабораториях, их размеры и форма определяются стандартами.

На Украине в настоящее время применяется ГОСТ 1497 – 84 «Металлы. Методы испытания на растяжение» (ИСО 6892-84). Данный стандарт рекомендует семь типов пропорциональных цилиндрических образцов (табл. 1) и два типа плоских, размеры и форма которых регламентируются.

Таблица 1 – Пропорциональные цилиндрические и плоские образцы

<p>Тип 1</p> 	<p>Тип 4</p> 
<p>Тип 2</p> 	<p>Тип 5</p> 
<p>Тип 3</p> 	<p>Тип 6</p> 
<p>Тип 7</p> 	
<p>Тип I Плоские образцы с головками</p>	<p>Тип II Плоские образцы без головок</p>
	

Использование плоских или пропорциональных цилиндрических образцов в основном определяется формой поставки материала, а также возможностью вырезки заготовок из конструкции, для которой возникла необходимость проверки механических свойств.

Постановка задачи. В отличие от испытаний на сжатие, когда проблемой является обеспечение устойчивости образца, при испытаниях на растяжение возникает задача закрепления его концов в захватах испытательной машины. В последнем случае измерения ведутся лишь на *расчетной длине* l_0 (базе) образца, которую ограничивают кернами,

рисками или иными метками. Части образца по обе стороны от базовой служат для его фиксации в захватах и выравнивания растягивающих напряжений по сечению.

Недостатком стандартных цилиндрических образцов, рекомендуемых ГОСТ 1497-84 (типы I - V), является их повышенная материалоемкость и трудоёмкость обработки резанием.

Недостатком цилиндрических образцов типов VI и VII и плоских является необходимость оборудования испытательной машины гидравлическими или самозаклинивающимися захватами снабженными калёными губками с насечкой, эксплуатация которых создаёт определённые проблемы. Они довольно часто выходят из строя и отсутствуют на ряде стандартных машин. Износ гидравлики сопровождается появлением масляной грязи, а клиновые захваты нередко требуют приложения оператором значительных физических усилий. Насечка вкладышей этих типов захватов быстро изнашивается, а сами вкладыши нередко разрушаются по калёной насечке из-за концентрации напряжений (рис.1).

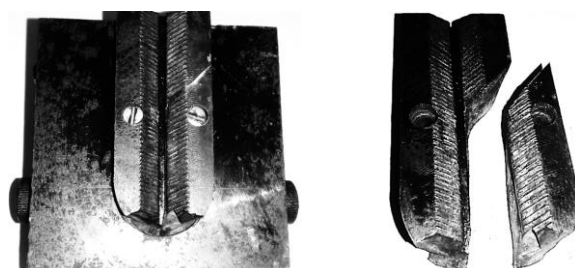


Рисунок 1 – Износ насечки и разрушение губок клиновых захватов универсальной испытательной машины УМ – 5

Поэтому многие операторы предпочитают работать с образцами первой группы (типы I - V), которые легко фиксируются в захватах с помощью так называемых “вилок” (рис.2).



Рисунок 2 – Реновация универсальной испытательной машины УМ-5 под вилочные захваты на шаровых шарнирах (ХГМА НИЛ «Полимерные композитные материалы в судостроении»)

Цель разработки. Ставится задача упрощения крепления образцов в захватах испытательной машины присущая образцам типов I - V с головками-заплечиками, при сохранении относительно меньшей материалоемкости образцов типов VI и VII.

Техническое решение задачи. Поставленная цель достигается за счёт того, что заплечики выполняются съёмными многократного использования, включают наружное бандажное кольцо и внутреннее клинящее кольцо, сопрягающееся по конической поверхности с головками образца и разделенное на две или более частей для обеспечения возможности сборки.

Кроме того, на наружной поверхности внутреннего клинящего кольца могут быть выполнены одна или более проточек для установки в них с целью удобства сборки

скрепляющей кольцевой разрезной пружины или натяжения сплошного кольца из эластичного материала.

Пример конкретного выполнения. На рис. 3 представлено устройство цилиндрического образца со съёмными заплечиками для испытания конструкционных материалов на растяжение, а на рис.4 такой образец, подготовленный к испытанию.

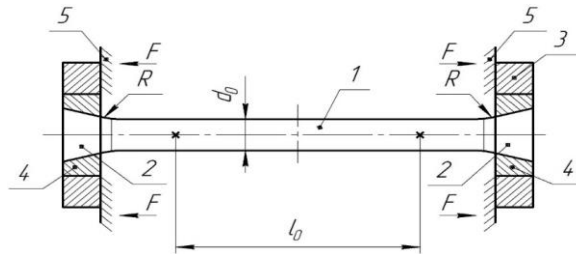


Рисунок 3 – Устройство цилиндрического образца со съёмными заплечиками для испытания конструкционных материалов на растяжение: 1- образец; 2 – конические головки образца; 3 – бандажное кольцо съёмного заплечика; 4 – клинящее кольцо, разделённое на две или более частей, для обеспечения сборки; 5 – опорные поверхности, через которые образец нагружается силами F ; l_0 и d_0 соответственно расчётная длина (база) и диаметр рабочей части образца; R - радиус сопряжения конической и цилиндрической поверхностей.



Рисунок 4

Определение прочных размеров съёмных головок. Поскольку бандажное кольцо является толстостенным цилиндром ($D_{cp} / t < 10$) и находится под внутренним давлением со стороны клинящего кольца, его напряженно-деформированное состояние сводится к осесимметричной задаче Ламе [1, стр. 102]. При нагрузках на бандажное кольцо близких к предельным оно подвергнется *автофретированию* (пластическому упрочнению с остаточными напряжениями [2, стр. 68]). При этом дорнирование (внутреннее давление) осуществляется сегментами клинящего кольца. Так как сами сегменты подвергаются сжатию с трёх сторон, их прочность опасений не вызывает.

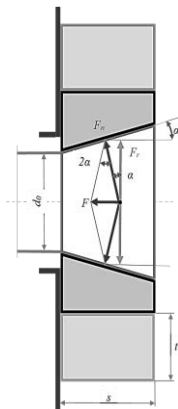


Рисунок 5

Учитывая вышесказанное и предполагая, что для бандажного кольца используется пластичная сталь, ниже предлагается методика упрощенного расчёта прочных размеров бандажного кольца по формуле аналогичной «котельной».

Ширина пакета s клинящего и бандажного колец принимается конструктивно исходя из диаметра заготовки D и угла наклона к оси образующей конических головок образца $\alpha=15-20^\circ$:

$$s \approx \frac{D - d_0}{2 \operatorname{tg} \alpha} \quad (1)$$

Допуская скольжение головок без трения по клинящим кольцам (рис. 5), разложим осевую нагрузку на нормальную F_n и радиальную F_r составляющие распора в диаметральной плоскости образца. Тогда радиальные составляющие равнодействующих распора половин клинящих колец на внутреннюю поверхность бандажного:

$$F_r = F / 2 \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

Средние напряжения, растягивающие бандажное кольцо толщиной t :

$$\sigma = F_r / 2st \quad (3)$$

Откуда требуемая площадь A_{TP} поперечного сечения бандажного кольца:

$$A_{TP} = st = F_r / 2[\sigma], \quad (4)$$

где допускаемые напряжения $[\sigma] = \sigma_T / n$, σ_T – предел текучести материала бандажного кольца на растяжение, n - коэффициент запаса.

Выводы. Технические результаты, которые достигаются от использования предлагаемого устройства образцов со съёмными заплечиками:

- по сравнению с рекомендуемыми типами I - V пропорциональных цилиндрических образцов по ГОСТ 1497-84 снижается материалоемкость и трудоёмкость обработки резанием;

- образцы могут быть установлены в захватах упрощенной конструкции, в том числе на машинах, у которых гидравлические или самозаклинивающиеся захваты демонтированы;

- комплект съёмных головок-заплечиков изготавливается один раз и может длительно эксплуатироваться.

Таким образом, по сравнению с известными техническими решениями предлагаемое устройство цилиндрического образца со съёмными заплечиками для испытания конструкционных материалов на растяжение имеет существенные отличия, а получение позитивного эффекта обусловлено всей совокупностью свойств компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Самуль В. И. Основы теории упругости и пластичности / В. И. Самуль. – Москва: Высшая школа, 1970. – 288 с. – (Учеб. пособие для инж.- строит. специальностей вузов).

2 Прочность, устойчивость, колебания: [Справочник в 3-х томах]. Том 1. [Под ред. д-ра техн. наук проф. И. А. Биргера и чл. – кор. АН Латвийской ССР Я. Г. Пановко]. – Москва: Машиностроение, 1968. – 832 с.

ВПЛИВ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОМЕЛУ В АТМОСФЕРІ ВОДНЮ НА ФАЗОВО-СТРУКТУРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД СПЛАВІВ $Zr_{1-x}Ti_xCr_2$

Басараба Ю.Б.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна)*

Засадний Т.М.

*Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України
(Україна, м.Львів)*

Вступ. Фази Лавеса є стійкими інтерметалічними сполуками, які мають стехіометричний склад типу AB_2 і формуються з елементів різної фізичної природи з суттєво відмінними атомними розмірами [1, 2]. Крім того, вони здатні розчиняти значну кількість легувальних домішок. Тому особливе зацікавлення викликає вивчення їх фізико-хімічних властивостей, щоб розробити нові матеріали для зберігання водню і виробництва вторинних джерел струму [3, 4]. Зокрема, фази Лавеса на основі цирконію, які володіють високою електрохімічною ємністю та циклічною тривкістю, привертають увагу під час розроблення сплавів для негативних електродів нікель металогідридних джерел живлення. Серед електродних матеріалів зі структурою фаз Лавеса цікавою є сполука $ZrCr_2$, що кристалізується у структуру типу $MgZn_2$. Сьогодні її не використовують як воденьакумулювальний сплав для негативних електродів нікель металогідридних акумуляторів через високу стійкість її гідриду. Однак, заміщуючи цирконій іншими елементами (титаном, гафнієм), можна змінити її фазово-структурний стан, рівноважний тиск та розрядну ємність. Інший спосіб такого впливу – це добре відома механо-хімічна обробка [5]. Механічний помел у кулькових млинах часто використовують для отримання аморфних матеріалів. Також він придатний для синтезу інтерметалічних та інших неорганічних неметалевих сполук [6, 7]. Для кристалізації аморфного матеріалу та формування наноструктурованого стану застосовують термічну обробку у вакуумі. Такі наноструктуровані матеріали привертають увагу, оскільки їх гідридні властивості є кращими, ніж у звичайних полікристалічних сплавів. Слід зазначити, що сплави на основі $Zr-Ti-Cr$ знайшли, також, своє застосування у медицині [8].

Актуальність досліджень. На даний момент все ще не знайдено єдиної електрохімічної системи яка б найбільш повно задовольняла вимоги, які ставлять до неї як мобільні пристрої, так і електротранспорт. Усі представлені сьогодні на ринку системи вторинних джерел живлення мають свої переваги та недоліки при експлуатації і кожна фірма виробник намагається досягнути оптимального співвідношення експлуатаційних характеристик – високої ємності, циклічної стійкості, малих розмірів, маси і саморозряду, здатності працювати у широкому інтервалі температур і в екстремальних умовах.

Найбільш досконалими серед них є літій-іонні та нікель-металогідридні акумулятори. На даний час нікель-металогідридні акумулятори за своїми властивостями поступаються місцем літій-іонним. Ключовим у досягненні необхідних властивостей нікель-металогідридного акумулятора є правильний вибір сплаву поглинача водню, тому синтез нових матеріалів сорбентів водню, формування необхідної їх структури є актуальною проблемою гідридного матеріалознавства.

Постановка задачі. Мета даного дослідження – дослідити вплив високоенергетичного помелу сплавів $Zr_{1-x}Ti_xCr_2$ ($x=0,1; 0,2$) в атмосфері водню на мікроструктуру порошків, їх фазовий та хімічний склад з метою розробки нової технології синтезу та обробки матеріалів сорбентів водню.

Результати досліджень. Фазовий аналіз вихідних сплавів засвідчив, що зразки є однофазними. Основною є фаза Лавеса з гексагональною структурою типу $MgZn_2$ та параметрами ґратки $a=0,5097(8)$ і $c=0,8251(2)$ нм (для сплаву $Zr_{0,9}Ti_{0,1}Cr_2$) та $a=0,5081(1)$ і $c=0,8233(3)$ нм (для сплаву $Zr_{0,8}Ti_{0,2}Cr_2$). Гідровані сплави мають гексагональну структуру $MgZn_2$ зі збільшеними параметрами ґратки: $a=0,5387(1)$, $c=0,8793(4)$ нм та $a=0,5365(1)$, $c=0,8775(3)$ нм відповідно.

Після помелу сплаву $Zr_{0,8}Ti_{0,2}Cr_2$ в атмосфері водню протягом 1 год на дифрактограмі зафіксовано виділення хрому і незначна кількість гідриду $Zr_{0,8}Ti_{0,2}Cr_2H_x$. Помел 8-24 год призводить до повної аморфізації вихідної фази (рис. 1б-г).

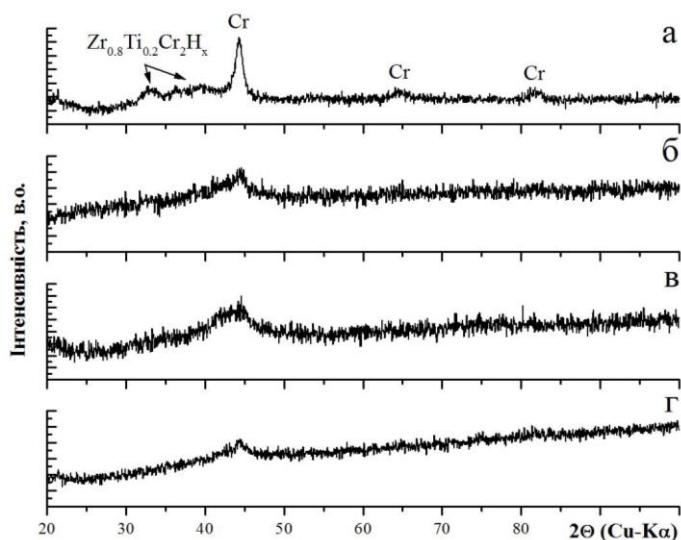


Рисунок 1 – Дифрактограми сплаву $Zr_{0,8}Ti_{0,2}Cr_2$ після помелу у водні: а – 1 год; б – 8 год; в – 16 год; г – 24 год

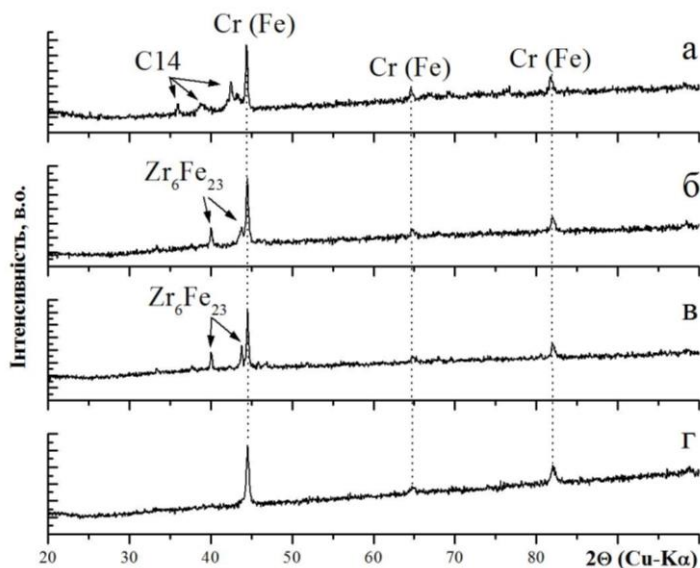
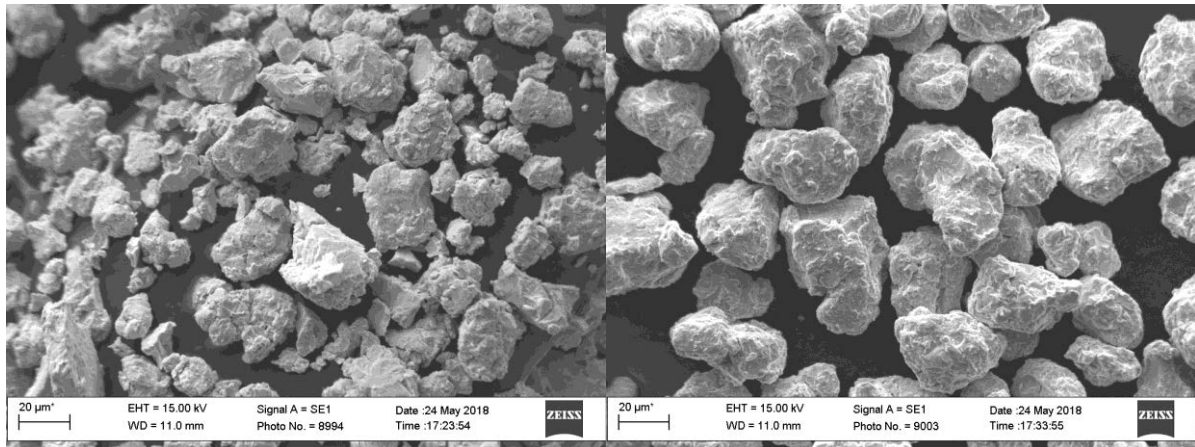


Рисунок 2 – Дифрактограми сплаву $Zr_{0,8}Ti_{0,2}Cr_2$ після нагріву у вакуумі до $950\text{ }^\circ\text{C}$ (помел у водні: а – 1 год; б – 8 год; в – 16 год; г – 24 год)

Нагрів у вакуумі до $950\text{ }^\circ\text{C}$ не призводить до відновлення вихідної фази. На усіх дифрактограмах зафіксовано виділення хрому. Сліди вихідної фази зафіксовано у зразку, помел якого тривав протягом 1 год. Для зразків з часом помелу 8-16 год, після термообробки зафіксовано виділення фази Zr_6Fe_{23} (рис. 2). Як показав рентгеноспектральний аналіз, вміст заліза у зразках становив в залежності від часу помелу від 55 до 70 мас.%.



а б
Рисунок 3 – Порошки сплаву після помелу: а – 8 год; б – 24 год

Причиною такого великого вмісту заліза у зразках є стирання матеріалу розмелюючих куль та камери. Для зразка з часом помелу 24 год зафіксовано тільки піки хрому та заліза. Також встановили, що зі зростанням часу помелу збільшується середній розмір частинок порошку сплаву (рис. 3). Дослідження сплаву $Zr_{0.9}Ti_{0.1}Cr_2$ з меншим вмістом титану показали аналогічні результати.

Висновки. Помел у водні і наступна термообробка не призводить до формування вихідної фази Лавеса структури типу $MgZn_2$. У результаті такої обробки формуються фази зі структурою типу Th_6Mn_{23} та хром (залізо). Значне виділення заліза у зразках є результатом стирання матеріалу куль та камери. Це може бути застосовано як один зі способів легування матеріалів залізом.

ЛІТЕРАТУРА

1. Stein F., Palm M., Sauthoff G. Structure and stability of Laves phases. Part I. Critical assessment of factors controlling Laves phase stability // *Intermetallics*.–2004.–Vol.12.–P. 713-720.
2. Stein F., Palm M., Sauthoff G. Structure and stability of Laves phases part II – structure type variations in binary and ternary systems // *Intermetallics*.–2005.–Vol. 13.–P. 1056-1074.
3. Das N., Sengupta P., Roychowdhury S., Sharma G., Gawde P.S., Arya A., Kain V., Kulkarni U.D., Chakravartty J.K., Dey G.K. Metallurgical characterizations of Fe–Cr–Ni–Zr base alloys developed for geological disposal of radioactive hulls // *J. Nuclear Materials*.–2012.–Vol. 420.–P. 559-574.
4. Young K., Ouchi T., Koch J., Fetcenko M.A. Compositional optimization of vanadium-free hypo-stoichiometric AB_2 metal hydride alloy for Ni/MH battery application // *J. Alloys and Compounds*.– 2012.–Vol. 510.–P. 97-106.
5. Guérard D. Ball Milling in the Presence of a Fluid: Results and Perspectives // *Rev. Adv. Mater. Sci*.–2008.–Vol. 18.–P. 225-230.
6. Ankur J., Shivani A., Jain I.P. Correlation between the milling time and hydrogen-storage properties of nanostructured ZrFeNi ternary alloy // *J. Alloys and Compounds*.–2009.–Vol. 480.–P. 325-328.
7. Jung Ch. B., Lee K.S. The effect of heat treatment on the electrode characteristics of the ball-milled Zr–Cr–Ni // *J. Alloys and Compounds*.–1998.–Vol. 274.–P. 254-259.
8. Wang P., Feng Y., Liu F., Wu L., Guan Sh. Microstructure and mechanical properties of Ti–Zr–Cr biomedical alloys // *Mat. Science and Engineering: C*.–2015.–Vol. 51.–P. 148-152.

СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ПРИМІЩЕНЬ

Білій В.А.

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

Анотація. Метою доповіді є аналіз сучасних методів забезпечення комфортного та безпечного мікроклімату суднових приміщень як невід'ємної частини системи безпеки судна. Розглянуто різні підходи до моделювання мікроклімату та систем його підтримання.

Ключові слова: мікроклімат, газовий склад, інтегральний показник комфортності, результівна температура, прогнозувальні моделі, модель опору-ємності, помешкання, комфортність.

Вступ. Сучасні потреби економічної ефективності судноплавства створюють тенденції до зменшення чисельності екіпажей та, як наслідок, збільшення навантаження на кожного моряка на борту [1]. Підтримання достатнього рівня безпеки судна потребує, зокрема, забезпечення безпечного та комфортного помешкання. Адже більше 50% аварій та нещасних випадків стаються через людський фактор. [2] Забезпечення комфортного помешкання робітничих та житлових приміщень дозволяє зменшити навантаження на організм моряків та сприяє підвищенню їх здібності виконувати обов'язки. Мікроклімат є однією з найважливіших складових помешкання. До систем мікроклімату й вентиляції приміщень існує низка конструктивних та експлуатаційних вимог, що визначені у міжнародних стандартах [3-6] та державних нормах [7-8]. Мікроклімат приміщень потрібно підтримувати не тільки у комфортних, але й у безпечних межах. Під безпечністю мікроклімату розуміється відповідність температури, вологості, рухомості та газового складу повітря міжнародним стандартам та нормам. Вимоги щодо вимірювання газового складу повітря встановлені міжнародними стандартами ISO16000-1 - ISO16000-38, що регулює методи вимірювання параметрів якості повітря - газового складу. Стандарт ISO/FDIS 16000-40 Indoor air quality management system (Система управління якістю повітря приміщень) знаходиться у стадії підтвердження. Розглянемо наукові засади та концепції у галузі керування мікрокліматом житлових приміщень.

Основна частина. Теоретичні засади з керування мікрокліматом суднових приміщень представлено у роботах представників наукової школи НУ ОМА В. А. Голіковим та К. В. Ходаріної.

Особливістю концепції мікроклімату, що висунута В. А. Голіковим [2] полягає у визначенні людини як об'єкта керування. Відповідно, температура, вологість та швидкість повітря у приміщенні виступають керувальним впливом на самопочуття людини. З позицій цієї концепції було досліджено характеристики мікроклімату суднових приміщень та побудовано: узагальнену математичну модель процесів адаптації людини, лінійні та нелінійні розподілені моделі мікроклімату та моделі з зосередженими параметрами, модель зміни тиску у житлових приміщеннях та узагальнену модель видалення забруднювачів з повітря. Також було побудовано математичну модель мікроклімату приміщення як об'єкту керування у вигляді систем диференційних рівнянь відносно трьох змінних: температури й вологості припливного повітря та результівної температури. В результаті дослідження цієї моделі встановлено, що класичні П, ПІ та ПІД регулятори не здатні забезпечити перебування у встановлених межах кожного з керованих параметрів мікроклімату. Для вирішення цієї проблеми на базі математичної моделі мікроклімату з зосередженими параметрами було застосовано принцип максимуму у вирішенні задачі оптимальної швидкодії та синтезовано оптимальний релейний регулятор, у якому керувальний вплив математично виражається як кусочно-постійна функція. Коефіцієнти кусочно-постійної

функції визначалися методом Бокса. Отриманий регулятор дозволяє підтримувати результативну температуру та параметри мікроклімату у заданих межах.

Розвинення концепції мікроклімату В. А. Голікова було здійснено у роботах К. В. Ходаріної. [9] Вона дослідила зв'язок між інтегральним показником тепловідчуття PMV та результативною температурою PT й запропонувала емпіричні формули для розрахунку PMV у залежності від PT. Було розроблено алгоритм стабілізації результативної температури з використанням багатопараметричного керувального впливу на атмосферу житлових приміщень. Запропонована Ходаріною система керування мікрокліматом включає у себе: розрахунковий блок, що методом Недлера - Міда обчислює завдання для ПІД регуляторів по кожному з керованих параметрів, та ПІД регуляторів для кожного з керованих параметрів. До керованих параметрів включено: температуру, вологість й швидкість припливного повітря та температуру огороджувальних поверхонь. За допомогою імітаційного моделювання процесів стабілізації інтегрального показника комфортності з'ясовано, що оптимальною стратегією впливу на атмосферу приміщення є метод регулювання температури та швидкості приточного повітря за критерієм мінімуму квадратичного відхилення результативної температури.

У зв'язку з новітніми дослідженнями у сфері штучного інтелекту, К. В. Ходаріна та Жерліцина О.В. [10] запропонували схему діагностування суднового мікроклімату з використанням апарату нейронних мереж. Згідно з авторами, завдання прогнозування стану мікроклімату можна звести до задачі розпізнання образів, для якої існують розвинутий математичний апарат та технічні засоби. В запропонованій системі планується використовувати базу даних для збереження показників датчиків та дві нейронні мережі: прогностичну та діагностичну. На вхід діагностичної мережі подаються значення показників стану мікроклімату у реальному часі, а на виході мережі буде узагальнений показник стану мікроклімату за прийнятою шкалою, яка використовувалася протягом тренування мережі. Прогностична нейронна мережа повинна аналізувати часові ряди показників мікроклімату, збережені у базі даних, та на виході забезпечувати прогноз стану мікроклімату з потрібним упередженням, що дозволить керувальному блоку сформулювати потрібний керувальний вплив.

Дослідники А. Ryzhov, Н. Ouerdane, Е. Gryazina [11] та інші застосували принципи керування з прогнозувальними моделями MPC для контролю параметрів мікроклімату за критерієм мінімізації вживаної енергії. Основними перевагами застосованого методу MPC є його здатність враховувати передбачувані зовнішні фактори (прогнозів погоди та зайнятості приміщення) та обмеження, такі як потужність системи кондиціонування, мінімальний потік повітря для контролю вмісту діоксиду вуглецю, мінімальна та максимальна температура зони комфорту. Було проаналізовано ефективність застосування повної прогностичної моделі у порівнянні з лінеаризованою прогностичною моделлю та релейним регулятором. Визначено, що застосування нелінійних прогнозувальних моделей є найбільш доцільним для забезпечення заданого рівня комфорту та мінімальних витрат енергії. Використання досліджених моделей дозволяє також проводити попередню підготовку мікроклімату приміщень з урахуванням прогнозів погоди та зайнятості приміщення.

Судна мають деяку кількість суміжних житлових та робітничих приміщень, тому забезпечення мікроклімату кожного з приміщень та судна в цілому потрібно розглядати як комплексне завдання оптимізації параметрів повітря у декількох контрольованих зонах. У роботі [12] Xuan Zhang, Wenbo Shi та інших запропоновано децентралізовану систему контролю мікроклімату, що працює в режимі реального часу. Метою керування системи є баланс між енерговитратами та комфортністю помешкання. Теоретичною основою системи є термодинамічна модель опору-ємності для комплексу приміщень, що дозволяє поставити задачу статичного розподілення ресурсів з метою енергозбереження шляхом контролю розподілення повітря. Для вирішення задачі статичного розподілення ресурсів

використовувались градієнтні алгоритми. Особливістю запропонованої методики є використання контролерів з динамічним зворотнім зв'язком, які реалізують децентралізовані та розподілені алгоритми для адаптації потоку повітря у кожне з контрольованих приміщень. На відміну від керування за прогнозувальними моделями, такі контролери, завдяки використаній термодинамічній моделі, не потребують явного урахування зворушень, таких як зміна параметрів зовнішнього повітря, зайнятості приміщень та їх внутрішньої теплогенерації.

Одним з перспективних підходів до керування мікрокліматом є застосування систем керування з нечіткою логікою. У роботі [13] дослідників Md. Fakhruddin H.N., Syed Akbar Ali та інших запропоновано систему з нечіткою логікою для керування мікрокліматом. Контролер отримує на вході задану користувачем температуру, поточну температуру у приміщенні, температуру точки роси, зайнятість приміщення (кількість людей) та час дня (ранок, після обіду, ніч). На виході контролер розраховує навантаження компресора та вентилятора, режим роботи (контроль температури або вологості) та напрямок потоку повітря. Контролер складається з бази даних для нормалізації значень вхідних параметрів, бази нечітких правил, ядра нечіткого виводу та декодера, що відображує висновки ядра нечіткого виводу у команди виконавчим елементам. Розрахунок вихідних значень контролера здійснюється за допомогою 18 матриць евристичних правил «якщо-то».

Висновок. Проаналізовані методи керування мікрокліматом не ставили завдання забезпечувати комфортність помешкання за усіма регламентованими параметрами (температура, вологість та рухомість повітря) з одночасним забезпеченням його безпечності за газовим складом та енергоефективності. Підтримання якості газового складу повітря приміщення за заданими критеріями вмісту домішок можна виділити як невирішену раніше частку загальної проблеми забезпечення помешкання. Виявлено необхідність вдосконалення існуючих методів управління мікрокліматом шляхом включення якості газового складу атмосфери житлових приміщень до показників комфортності помешкання. Це потребує вирішення допоміжних завдань: створення методів підтримання комфортності з обмеження за параметрами газового складу; оцінка ефективності та вдосконалення моделей герметизації приміщень та стабілізації статичного тиску; оцінка ефективності та вдосконалення моделей процесів забруднення, фільтрації та регенерації фільтрувальної установки; підвищення ефективності методів фільтрації; визначення оптимальних структури та закону регулювання системи автоматичного керування фільтрувальною установкою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Russo, Andrea & Popovic, Toni & Tomic, Vicko. (2014). THE IMPACT OF TECHNOLOGY ON SEAFARER'S WORK AND LEISURE.
2. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/281280983_THE_IMPACT_OF_TECHNOLOGY_ON_SEAFARER'S_WORK_AND_LEISURE.
3. Голиков В.А. Повышение эффективности и оптимизация режимов работы систем судового микроклимата: дис. на соиск. науч. степ. док-ра техн. наук: спец. 05.08.05 «Судовые энергетические установки» / В. А. Голиков - 2000.
4. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
5. ISO 7547. Ships and marine technology -- Air-conditioning and ventilation of accommodation spaces -- Design conditions and basis of calculations.
6. ISO 8862. Air-conditioning and ventilation of machinery control-rooms on board ships -- Design conditions and basis of calculations.
7. ISO 8864. Air-conditioning and ventilation of wheelhouse on board ships -- Design conditions and basis of calculations.
8. Державні санітарні правила для морських суден України: ДСП 7.7.4.-057-99: ДЕРЖАВНА САНІТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНА СЛУЖБА УКРАЇНИ, 1999.

9. Державні санітарні правила для річкових суден України: ДСП 7.7.4.048-99-2000: ДЕРЖАВНА САНІТАРНО-ЕПІДЕМІОЛОГІЧНА СЛУЖБА УКРАЇНИ, 2000
10. Ходарина К.В. Обеспечение комфортных условий микроклимата обитаемых помещений морских судов: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Эксплуатация и ремонт средств транспорта» / К. В. Ходарина – 2013.
11. Ходаріна К.В., Жерліцина О.В. Автоматизована діагностика суднового мікроклімату з використанням апарату нейронних сітей. // ВІСНИК ПРИАЗОВСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ. - 2011. - Вип. 22. - С 236 – 240.
12. Ryzhov, A & Ouerdane, Henni & Gryazina, Elena & Bischi, Aldo & Turitsyn, K. (2018). Model predictive control of indoor microclimate: Existing building stock comfort improvement. Energy Conversion and Management. 179. 10.1016/j.enconman.2018.10.046.
13. Xuan Zhang, Wenbo Shi, Bin Yan, Ali Malkawi and Na Li. (2017). Decentralized and Distributed Temperature Control via HVAC Systems in Energy Efficient Building.
14. Md. Fakhruddin H.N. , Syed Akbar Ali, Mohd.Muzafar Dr. Syed Azam pasha Quadri. (2016). Fuzzy Logic in HVAC for Human Comfort.

ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ДОСЛІДЖЕННІ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ТА СТВОРЕННІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Білій В.А.

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

Анотація. У доповіді розглядаються математичні моделі, які використовуються для дослідження тепломасообмінних процесів, що протікають у повітрі суднових приміщень.

Ключові слова: мікроклімат, внутрішня потужність організму, газовий склад, інтегральний показник комфортності, результівна температура, прогнозувальні моделі, модель опору-ємності, помешкання, комфортність, біометричні дані.

Вступ. Керування судновим мікрокліматом для підтримання його параметрів у комфортних та безпечних межах є невід’ємною частиною забезпечення безпеки судна. Для прогнозування динаміки параметрів мікроклімату приміщень та побудови ефективних систем керування потрібно використовувати математичні моделі з підтвердженою повнотою та адекватністю.

Розглянемо математичні моделі найбільш використовувані у сучасній теорії мікроклімату.

Основна частина. Внутрішню потужність організму P_T можна визначити у залежності від температури навколишнього повітря t_B у вигляді

$$P_T = \sum_{i=0}^n a_i t_B^i \quad (1)$$

У роботі В. А. Голікова [1] ця залежність представлена рівнянням другого порядку та коефіцієнти визначені у діапазоні температури повітря від -40 °C до 55 °C з максимальною відносною похибкою у 14%:

$$P_T = 0.04t_B^2 - 2.37t_B + 120 \quad (2)$$

Внутрішню потужність організму P_T також можна визначити у залежності від частоти серцевих скорочень w_c

$$P_T = aw_c^2 + bw_c + c \quad (3)$$

За розрахунками В. А. Голікова коефіцієнти рівняння залежать від маси тіла m_T . Тоді рівняння приймає вигляд

$$P_T = (12w_c^2 - 27.8w_c + 18.7)m_T \quad (4)$$

Максимальна відносна похибка апроксимації становила 30%, а середня - 12% для вибірки чоловіків роком від 20 до 28 років.

Залежність частоти серцевих скорочень w_c від температури навколишнього повітря t_B для роздітої неадаптованої людини діапазоні температури повітря від -40 °C до 55 °C має вигляд

$$w_c = 2.5 \times 10^{-4}t_B^2 + 1.33 \times 10^{-3}t_B + 0.983 \quad (5)$$

Емпіричні залежності показнику комфортності PMV отримані з узагальненого рівняння Фангера для швидкості повітря від 0.1 м/с до 0.3 м/с та відносної вологості у межах від 30% до 70%

$$PMV = A_0(A_1 + A_2d_n + A_3t_p + A_4t_n) \quad (6)$$

де $A_0 = 0.352e^{-0.036\frac{M_T}{F_{DU}}} + 0.032$; $A_1 = 0.39e^{1-1.33\eta}\frac{M_T}{F_{DU}} + 5.98 - \frac{35.7-0.0275(1-\eta)\frac{M_T}{F_{DU}}}{0.181} \times [1 - \frac{1}{A_5}]$

$$A_2 = 411 + 2.32\frac{M_T}{F_{DU}}; A_3 = \frac{3.59f_{OT}}{A_5}; A_4 = 0.012\frac{M_T}{F_{DU}} + \frac{10.4f_{OT}\sqrt{v_n}}{A_5}; A_5 = 1 +$$

$$0.18f_{OT}R_{OD}(3.59 + 10.4\sqrt{v_n})$$

d_n – вміст вологи у повітрі приміщення; t_p - радіаційна температура; t_n – температура повітря у приміщенні; f_{OT} – відношення поверхонь тіла одітої та роздітої людини; v_n – швидкість повітря у приміщенні; $\frac{M_T}{F_{DU}}$ - питоме тепловиділення людини, ккал/м²; η – коефіцієнт вдягненості.

Для іншого показнику комфортності - результативної температури – також були отримані емпіричні залежності

$$PT = \frac{PT_C + 12.2 + [5.94 - 0.15(PT_C - t_M)]x}{2.42 - 0.032x} \text{ - для роздягнутих людей} \quad (7)$$

де t_M – температура мокрого термометру; $PT_C = \frac{t_p + 12.1 + (1.7v_n^{0.7} + 0.9)t_n}{1.7v_n^{0.7} + 1.9}$ – суха результативна температура; t_{sh} - температура шарового термометру;

$$t_p = \sqrt[4]{(t_{sh} + 273)^4 + 2.5\sqrt{v_n}(t_{sh} - t_n) \times 10^8 - 273}; x = \frac{PT_C - b_0}{b_1 + 0.15(PT_C - t_M)}$$

$$b_0 = \begin{cases} 12.2v_n^{0.28} & 0.15 \leq v_n \leq 3.5 \text{ m/s} \\ 12.75 + 3.34 \ln v_n & 3.5 \leq v_n \leq 10 \text{ m/s} \end{cases}; b_1 = 4.52 - 0.34 \ln v_n$$

$$PT = 0.6PT_C + [3.1 - 0.09(PT_C - t_M)]x - 2.4 \text{ - для вдягнутих людей} \quad (8)$$

$$b_0 = \begin{cases} 12.8 + 7.6 \ln v_n & 0.15 \leq v_n \leq 3.5 \text{ m/s} \\ 17.7 + 3.9 \ln v_n & 3.5 \leq v_n \leq 10 \text{ m/s} \end{cases}; b_1 = 4.23v_n - 0.31$$

З вказаних формул можна отримати формули для розрахунку параметрів повітря при заданому значенні результативної температури та використовувати їх для розрахунку завдання у регуляторах комфортності.

Математична модель мікроклімату суднового приміщення відносно чотирьох змінних представлена у іншій роботі В. А. Голікова [2]

$$\begin{cases} \frac{dt_n}{d\tau} = \frac{Q_{np} + Q_{ex} + Q_h + Q_f - Q_{yx}}{c_p \rho_b V_n} \\ \frac{dd_n}{d\tau} = \frac{G_{np} + G_{ex} + G_h - G_{yx}}{\rho_b V_n} \\ \frac{dV_n}{d\tau} = \left(\frac{V_{np} + \frac{V_{np} S_{np}}{S_n}}{k_f} - V_n \right) k_f^{-2} \\ \frac{dt_f}{d\tau} = \frac{F_f [\alpha_b t_n + (K_f + \alpha_n) t_c - (\alpha_b + K_f + \alpha_n) t_f]}{c_f m_f 10^{-3}} \end{cases} \quad (9)$$

де ρ_b - щільність повітря кг/м³; V_n – об'єм повітря в приміщенні; Q_{np} - тепловий потік припливного повітря, кВт; Q_{ex} - внутрішні тепловиділення; Q_h - тепловий потік, що виділяє людина, кВт; Q_f - тепловий потік через огорожувальні поверхні; Q_{yx} - тепловий потік, що виходить з приміщення; d_n – вологість повітря у приміщенні; G_{np} – волога, що внесена припливним повітрям, відн. од; G_{ex} – волога у повітрі приміщення; G_h - волога, що виділяється людиною; G_{yx} – волога, що виходить з приміщення; k_f - коефіцієнт захарашення вхідного отвору, відн. од; S_n – площа приміщення, м²; V_{np} – об'єм припливного повітря, м³; S_{np} – площа вхідного отвору, м²; F_f – площа огорожувальних поверхонь, м²; t_f - температура огорожувальних поверхонь; t_c – температура зовнішнього повітря; α_b – коефіцієнт тепловіддачі огорожувальних поверхонь до повітря, Вт м⁻² °С⁻¹; K_f - коефіцієнт теплопередачі огорожувальних поверхонь, Вт м⁻² °С⁻¹; α_n - коефіцієнт тепловіддачі приміщення, Вт м⁻² °С⁻¹; c_f – теплоємність огорожувальних поверхонь, Дж кг⁻¹ °С⁻¹; m_f – вага огорожувальних поверхонь, кг.

Цю модель можна записати за допомогою передавальних функцій, що спрощує імітаційне моделювання процесів стабілізації інтегральних показників комфортності РТ та PMV, як показано К.В. Ходаріною [3].

У роботі А. Ryzhov, Н. Ouerdane, Е. Gryazina [4] та інших для побудови системи керування мікрокліматом з використанням прогнозувальних моделей була застосована спрощена модель мікроклімату приміщення яка не враховує зміну вологості повітря проте використовує генерацію вуглекислого газу людьми як граничну умову мінімуму швидкості потоку припливного повітря

$$\begin{cases} mC_p \frac{dT}{dt} = U(T - T_{out}) + U^*(T^* - T) + W_{oc}N_{oc} + W_{\frac{h}{c}} + C_p Q_{in}(T_{in} - T) + C_p mR(T_{out} - T) \\ m^* C^* \frac{dT^*}{dt} = -U^*(T^* - T) \end{cases} \quad (10)$$

$$Q_{in}^{min} = \frac{N_{oc} Q_{CO_2}}{v_{CO_2}^* - v_{CO_2}^{(max)}} \quad (11)$$

де m – маса повітря в приміщенні, C_p – питома теплоємність повітря при постійному тиску, T – температура повітря у приміщенні, T_{out} – температура зовнішнього повітря, U – лінійний коефіцієнт теплопередачі між внутрішнім і зовнішнім повітрям, T^* – ефективна температура «інерційних мас» (стін, підлоги, стелі та меблів у приміщенні), m^* – сумарна інерційна маса, U^* – ефективний лінійний коефіцієнт теплопередачі між інерційними масами та повітрям приміщення, W_{oc} – середня теплова потужність однієї людини, N_{oc} – кількість людей у приміщенні, Q_{in} – швидкість потоку припливного повітря, T_{in} – температура припливного повітря, R – коефіцієнт заміни повітря у приміщенні, Q_{in}^{min} – мінімальна швидкість потоку припливного повітря, $Q_{CO_2} = 0.000012$ кг/с – кількість вуглекислого газу, що видихає одна людина у секунду, $v_{CO_2}^* = 400$ ppm – середня концентрація вуглекислого газу у свіжому повітрі, $v_{CO_2}^{(max)} = 1000$ ppm – максимальна комфортна концентрація вуглекислого газу.

Однією з перспективних для моделювання суднової надбудови як групи суміжних приміщень є модель опору-ємності (RC модель). Така модель була застосована у роботі Xuan Zhang, Wenbo Shi та інших [5] для побудови децентралізованої розподіленої системи контролю температури у будівлях.

Модель опору-ємності записується у вигляді

$$C_i T_i = \frac{T^0 - T_i}{R_i} + \sum_{j \in N(i)} \frac{T_j - T_i}{R_{ij}} + c_a m_i (T^s - T_i) + Q_i \quad (12)$$

$$i \in N$$

де C_i – теплова ємність; T_i – температура у приміщенні; T^0 – зовнішня температура; R_i – тепловий опір огорожувальних поверхонь, що відділяють зону i від зовнішнього повітря; R_{ij} – тепловий опір огорожувальних поверхонь, що розділяють зони i та j ; c_a – питома теплоємність повітря, m_i – кількість припливного повітря; T^s – температура припливного повітря; Q_i – сумарний тепловий потік від людей та приладів, що знаходяться у приміщенні, тощо).

Слід зауважити, що зазначена RC модель не враховує динаміку відносної вологості у приміщеннях та не використовує обмеження m_i за максимальною швидкістю.

Висновок. Серед розглянутих математичних моделей, система рівнянь (9) найбільш повно відображає перетік тепломасообмінних процесів у приміщенні. Для забезпечення відповідності показників суднового мікроклімату сучасним вимогам [6] до якості повітря і газового складу та вимогам очікуваного стандарту ISO/FDIS 16000-40 Indoor air quality management system (Система управління якістю повітря приміщень) ця модель потребує доповнення. Зокрема, важливим є введення граничної умови (11), що має бути допрацьована для урахування динаміки концентрації не тільки вуглекислого газу, але й, за потреби, оксидів азоту, оксидів сірки, вуглеводнів та інших хімічних сполук. Це допоможе у дослідженні процесів забруднення та очищення повітря судових приміщень, вдосконалені та створені систем гарантованої безпеки суден танкерного флоту.

Рівняння (6), (7) та (8) перспективні для формулювання завдань оптимізації при створенні систем керування мікрокліматом.

Останнім часом широке розповсюдження набули персональні прилади для відстеження показників здоров'я: пульсометри, фітнесбраслети, та детектори присутності. Використання біометричних даних та залежності (4) внутрішньої потужності організму від частоти серцевих скорочень дозволяє створити систему керування мікрокліматом зі зворотнім зв'язком – показниками фізіологічного стану людей, що перебувають у керованому приміщенні. Такий підхід дозволить покращити помешкання та його безпеку й енергоефективність.

Запропонований у роботі [5] підхід до розподілу суднового мікроклімату за суміжними зонами може бути виконаний з використанням математичної моделі (9) в операторній формі для імітаційного моделювання та дослідження динаміки параметрів мікроклімату приміщень суднової надбудови.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голиков В.А. Повышение эффективности и оптимизация режимов работы систем судового микроклимата: дис. на соиск. науч. степ. док-ра техн. наук: спец. 05.08.05 «Судовые энергетические установки» / В. А. Голиков - 2000.
2. Голиков В.А. Научные основы управления микроклиматом судна / В. А. Голиков.-Одесса: ОГМА - 1999.
3. Ходарина К. В. Обеспечение комфортных условий микроклимата обитаемых помещений морских судов: дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: спец. 05.22.20 «Эксплуатация и ремонт средств транспорта» / К. В. Ходарина – 2013.
4. Ryzhov, A & Ouerdane, Henni & Gryazina, Elena & Bischi, Aldo & Turitsyn, K. (2018). Model predictive control of indoor microclimate: Existing building stock comfort improvement. *Energy Conversion and Management*.
5. Xuan Zhang, Wenbo Shi, Bin Yan, Ali Malkawi and Na Li. (2017). Decentralized and Distributed Temperature Control via HVAC Systems in Energy Efficient Building.
6. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2016, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. Режим доступу: https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard_62.1-2016.

МОДИФІКОВАНА 4,4'-МЕТИЛЕНБІС (2-МЕТОКСИАНИЛІНОМ) ЕПОКСИДНА МАТРИЦЯ З ПОЛІПШЕНИМИ ФІЗИКО- МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Букетов А.В., Безбах О.М.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Долгов М.А.

Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАНУ

(Україна, м. Київ)

Вухерер Т.

Маріборський університет

(Словенія)

Постановка проблеми. З розвитком науково-технічного прогресу, особливо в останні десятиліття, гостро стоїть проблема енерго- і ресурсозбереження. Важливе місце у вирішенні цієї проблеми займають полімерні композитні матеріали (КМ) і захисні покриття на їх основі. Полімерні покриття, особливо на епоксидній основі, застосовують у різних галузях промисловості, у тому числі і у транспорті, для захисту металевих деталей від корозії, що суттєво збільшує їх довговічність. При цьому захисні покриття повинні у комплексі відзначатися підвищеними показниками фізико-механічних властивостей.

Актуальність досліджень. Загальновідомо, що захисні покриття повинні бути багатофункціональними. З одного боку вони повинні відзначатися підвищеними показниками адгезійної і когезійної міцності, з іншого боку – усадка і залишкові напруження у них мають бути мінімальними. Виходячи з цього, для поліпшення властивостей полімерних матеріалів у комплексі в епоксидний зв'язувач необхідно вводити модифікатори за незначного вмісту. При цьому добавки повинні бути активними до фізичної і хімічної міжфазової взаємодії з епоксидним олігомером при зшиванні композицій. Враховуючи наведене вище, запропоновано у епоксидний зв'язувач вводити модифікатор 4,4'-метиленбіс(2-метоксианілін) за гомеопатичного вмісту. Дана добавка містить активні групи, що активізує перебіг фізико-хімічних процесів зшивання і забезпечить підвищення фізико-механічних характеристик досліджуваних матеріалів.

Мета роботи – дослідити вплив вмісту модифікатора 4,4'-метиленбіс(2-метоксианіліну) на фізико-механічні властивості епоксикомпозитних матеріалів.

Матеріали та методика дослідження. Як основний компонент для зв'язувача при формуванні епоксидних КМ вибрано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), який характеризується високою адгезійною та когезійною міцністю, незначною усадкою і технологічністю при нанесенні на поверхні складного профілю. Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78), що дозволяє затверджувати матеріали при кімнатних температурах.

Як модифікатор використано 4,4'-метиленбіс(2-метоксианілін) (МБМА). Молекулярна маса 4,4'-метиленбіс(2-метоксианіліну) – 258,3. Хімічна формула – $C_{15}H_{18}N_2O_2$. Модифікатор розчинний у бензолі, етанолі, ацетоні, малорозчинний у воді.

Затверджували КМ за режимом: формування зразків та їх витримання впродовж часу $\tau = 12,0 \pm 0,1$ год за температури $T = 293 \pm 2$ К, нагрівання зі швидкістю $v = 3$ К/хв до температури $T = 393 \pm 2$ К, витримання впродовж часу $\tau = 2,0 \pm 0,05$ год, повільне охолодження до температури $T = 293 \pm 2$ К. З метою стабілізації структурних процесів у

матриці зразки витримували впродовж часу $\tau = 24$ год на повітрі за температури $T = 293 \pm 2$ К з наступним проведенням експериментальних випробувань.

Результати досліджень та їх обговорення. Попередньо експериментально досліджено фізико-механічні властивості модифікованої ультразвуковою обробкою вихідної епоксидної матриці. Показники її характеристик є наступними: модуль пружності при згинанні – $E = 2,8$ ГПа, руйнівні напруження при згинанні – $\sigma_{32} = 48,0$ МПа, ударна в'язкість – $W = 7,4$ кДж/м².

Експериментально встановлено, що введення модифікатора за незначного вмісту ($q = 0,25$ мас.ч.) забезпечує підвищення модуля пружності КМ від $E = 2,8$ ГПа (для вихідної, але модифікованої ультразвуком епоксидної матриці) до $E = 3,2$ ГПа. Збільшення вмісту модифікатора не приводить до підвищення модуля пружності епоксидної матриці. Навпаки, введення у зв'язувач добавки у кількості $q = 0,50 \dots 1,50$ мас.ч. призводить до зменшення модуля пружності до $2,9 \dots 3,1$ мас.ч. в усьому досліджуваному діапазоні концентрацій. Це свідчить про те, що концентрація модифікатора – $q = 0,25$ мас.ч. для даної досліджуваної характеристики є критичною, а подальше його збільшення у зв'язувачі призводить до неповного зшивання матриці.

Наступним етапом було дослідження залежності руйнівних напружень при згинанні КМ від вмісту МБМА. Встановлено, що введення у зв'язувач добавки за незначного вмісту ($q = 0,25$ мас.ч.) забезпечує підвищення показників руйнівних напружень при згинанні модифікованої матриці порівняно з вихідною від $\sigma_{32} = 48,0$ МПа до $\sigma_{32} = 54,4$ МПа. Надалі введення МБМА у кількості $q = 0,50 \dots 1,50$ мас.ч. призводить до погіршення когезійних властивостей композитів, позаяк значення руйнівних напружень знаходяться в межах $\sigma_{32} = 50,5 \dots 51,6$ МПа. Отримані показники властивостей в результаті дослідження практично не відрізняються і знаходяться в межах похибки експерименту, тому надалі проведення випробувань з метою підвищення характеристик матеріалів за рахунок збільшення вмісту добавки не є доцільним. Водночас слід зазначити, що отримані дані корелюють з аналогічною залежністю модуля пружності при згинанні від вмісту модифікатора, де аналогічно виявлено максимальні показники E за такої ж кількості введеної добавки. Виходячи з цього можна констатувати про критичний вміст модифікатора у епоксидному зв'язувачі, який становить $q = 0,25$ мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20.

Додатково у роботі проведено дослідження ударної в'язкості розроблених матеріалів залежно від вмісту модифікатора МБМА. Показано, що максимум на кривій залежності «ударна в'язкість – вміст модифікатора» спостерігали для КМ, який містить МБМА у кількості $q = 0,25$ мас.ч. Для такого матеріалу показники ударної в'язкості порівняно з вихідною матрицею збільшуються від $W = 7,4$ кДж/м² до $W = 9,0$ кДж/м². Надалі збільшення вмісту модифікатора від $q = 0,50$ мас.ч. до $q = 1,50$ мас.ч. призводить до монотонного зменшення показників ударної в'язкості розроблених КМ. Отримані дані корелюють і добре узгоджуються з результатами дослідження залежності модуля пружності та руйнівних напружень при згинанні, що свідчить про достовірність отриманих показників в результаті проведених випробувань комплексу фізико-механічних властивостей матеріалів.

Додатково для підтвердження наведених вище результатів дослідження фізико-механічних властивостей КМ проводили аналіз поверхні їх руйнування після випробувань на маятниковому копрі методом оптичної мікроскопії. Показано, що поверхня зламу зразка на основі вихідної епоксидної матриці має неоднорідний характер. Фронт поширення тріщин зміщується під час ударних навантажень, що свідчить про існування напруженого стану у полімеризованому матеріалі. Аналіз світлин зламу КМ, наповненого модифікатором у кількості $q = 0,25$ мас.ч. свідчить про наступне. Траєкторія поширення тріщини під час удару має зигзагоподібний характер. Можна стверджувати про формування матеріалу з високими залишковими напруженнями з одного боку, а також про підвищені когезійні властивості з іншого боку. Можна констатувати про формування у процесі

полімеризації тривимірної сітки полімеру з високим міжмолекулярним розподілом за об'ємом, що передбачає високий ступінь зшивання даного матеріалу.

Висновки. Експериментально доведено, що для формування матеріалів з поліпшеними когезійними властивостями необхідно використовувати композицію наступного складу: епоксидний олігомер марки ЕД-20 ($q = 100$ мас.ч.), твердник поліетиленполіамін ПЕПА ($q = 10$ мас.ч.), модифікатор 4,4'-метиленбіс(2-метоксианілін) ($q = 0,25$ мас.ч.). Формування такого матеріалу забезпечує порівняно з вихідною епоксидною матрицею суттєве підвищення показників фізико-механічних властивостей розроблених композитів.

ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДА ЦИЛИНДРОВОГО МАСЛА ДИЗЕЛЯ MAN 6S70MC

Врублевский Р.Е.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Вступление. Судовые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) являются самым распространенным типом тепловых двигателей и применяются как на морских, так и на речных судах. В последнее время, «MAN Бурмейстер и Вайн» (MAN B&W) сконцентрировались на дальнейшем усилении топливной экономичности. Чтобы улучшить потребление мазута, в новых дизелях давление в камере сгорания было увеличено. Это увеличение давления, вместе с увеличением времени работы на низкой нагрузке, привело к увеличенной водной и кислотной конденсации на стенах цилиндров, которая в свою очередь приводит к низкотемпературной коррозии в камере сгорания. Правильный выбор дозировки масла подаваемого системой смазки в цилиндр главного двигателя позволяет не только обеспечить корректный режим смазки движущихся деталей, но и защитить от коррозии поверхности цилиндрических втулок.

Цель статьи. Провести исследования экономической эффективности применения системы адаптивного управления для оптимизации расхода цилиндрического масла дизеля MAN 6S70MC.

Основная часть. Система Alpha Lubricator System, показанная на рисунке 1, доступна для всех двухтактных двигателей MAN B&W, имеет алгоритм, регулирующий дозировку масла в цилиндре, пропорциональную содержанию серы в топливе. Этот алгоритм называется Alpha Adaptive Cylinder-Oil Control (Alpha ACC). Нашей целью является определение уровня экономии потребления масла в цилиндре при использовании электронной системы Alpha Lubricator System с электронным управлением на дизеле MAN 6S70MC. Дополнительным преимуществом является то, что такая экономия в потреблении масла снизит воздействие на окружающую среду и снизит время износа цилиндров.

В Alpha ACC количество масла в цилиндре контролируется таким образом, что оно пропорционально количеству серы, поступающей в цилиндр с топливом. Следующие два критерия определяют контроль:

- Дозировка масла в цилиндре должна быть пропорциональна проценту серы в топливе;
- Дозировка масла в цилиндре должна быть пропорциональна нагрузке на двигатель (количеству топлива, поступающего в цилиндры).

Реализация вышеуказанных двух критериев в системе привела к оптимальной дозировке масла в цилиндре, пропорциональной количеству серы, поступающей в цилиндры. Вышеприведенный принцип основан на том, что основная часть износа гильзы цилиндра имеет коррозионный характер, и поэтому количество нейтрализующих щелочных компонентов, необходимых в цилиндре, должно быть пропорционально количеству серы (образующей сернистые кислоты), входящей в цилиндры. Минимальная дозировка масла задается для обеспечения достаточной масляной пленки, моющих свойств и т. д.

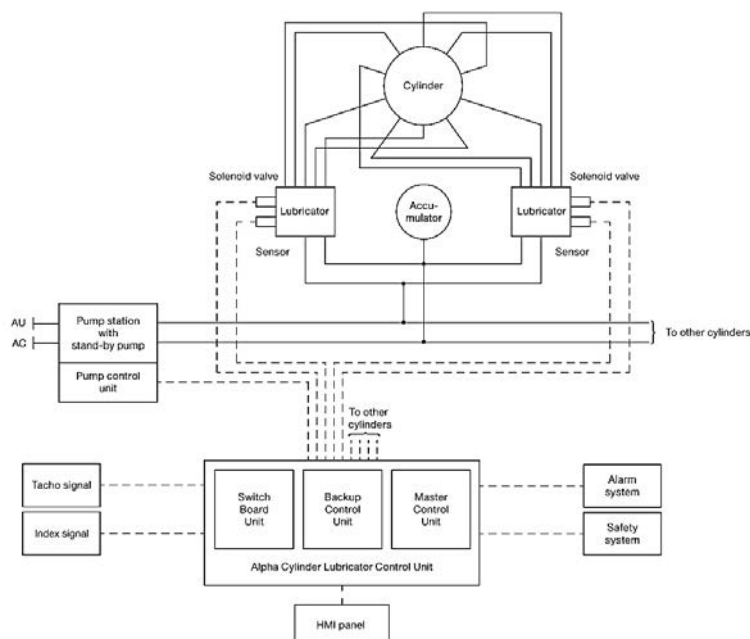


Рисунок 1 – Система Alpha Lubricator System

Иллюстрацию преимуществ Alpha ACC можно увидеть на рисунке 2. В эксперименте принимало участие судно танкер с дедвейтом 159342 тонн, оснащенный двигателем MAN 6S70MC. Alpha ACC был реализован на этом судне в начале декабря 2001 года. С тех пор судно работало с контролем дозировки масла в цилиндре. Результаты первых пяти месяцев работы показаны на рисунке 2. На диаграмме (рис. 2) показано для сравнения две кривые:

1. Типичная подача (механическая смазка);
2. Подача с помощью Alpha ACC.

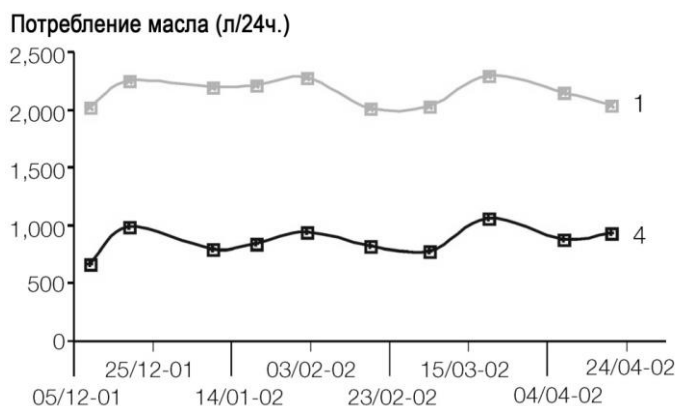


Рисунок 2 – Диаграмма потребления цилиндрического масла

Выводы. Результаты испытаний очень перспективны в отношении экономии на цилиндрическом масле, в частности, на выбросы частиц и показатели износа камеры сгорания. Снижение потребления цилиндрического масла на 58% по сравнению с механической смазкой. Экономия 84 333\$ в год. В качестве модификации на обслуживаемых судах Alpha Lubricator System с Alpha ACC будет иметь период окупаемости менее двух лет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богач В.М., Задорожный А.А., Богач А.В. Исследование масло-подачи в цилиндры двигателей V&W // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2004. – Вып. 10. – Одесса: ОНМА. – С. 14 – 23.

2. Гинзбург Л.Г. Исследование влияния качества цилиндрического масла и его дозировки на износы ЦПГ СДВС при их эксплуатации на высокосернистых топливах. – Дисс. канд. техн. наук. – Л., 1967. – 162 с.
3. Задорожный А.А. Повышение эффективности систем смазывания цилиндров судовых дизелей // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2005. – Вып. 14. – Одесса: ОНМА. – С. 79 – 91.
4. MAN Diesel & Turbo [Electronic resource] // MAN Diesel & Turbo 2014. Режим доступа: http://www.tribocare.com/pdf/MAN%20Diesel%20and%20Turbo%20SL_2014-571.pdf.
5. MAN Diesel & Turbo [Electronic resource] // Alpha Adaptive Cylinder-oil Control Alpha ACC. Режим доступа: <http://www.morehod.ru/forum/download/file.php?id=19604>

ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СИСТЕМАМ МОНИТОРИНГА ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ

Головань А.И., Дели А.К.

*Одесский национальный морской университет
(Украина)*

В современном мире правительства развитых стран уделяют все большее внимание снижению вредных выбросов транспортном, в том числе и морским транспортом. Согласно Постановлению (EU) 2015/757 по Мониторингу, Отчетности и Верификации выбросов углекислого газа в сфере морских перевозок (REGULATION (EU) 2015/757 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC), судоходные компании с судами, превышающими 5000 GT (валовой вместимости), заходящие в порты ЕС с 2018 года, должны подготовить План мониторинга (MRV Monitoring Plan) и процедуры мониторинга и отчетности об их выбросах углекислого газа. С 1 января 2018 года компании обязуются отслеживать выбросы CO₂ по каждому судну во время каждого рейса с ежегодным отчетом [1].

В соответствии с положениями COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2016/2072 (по проверке деятельности по внедрению Правила EU 2015/57), план и отчеты по мониторингу/контролю выбросов CO₂ должны быть рассмотрены и одобрены аккредитованной ЕС Компанией (в соответствии с Правилем EU 2016/1927) [2].

В конце 2018 г. каждой судоходной Компанией должен быть подготовлен годовой отчет о выбросе CO₂ судами Компании за календарный год, который направляется на верификацию в Компанию, аккредитованную ЕС. При этом рейсы в балласте должны рассматриваться так же, как и загруженные рейсы. С 30 апреля каждого года, следующего за 2019 годом, проверенные ежегодные отчёты должны быть переданы на рассмотрение Европейской комиссии. С 30 июня каждого года, следующего за 2019 годом, Европейская комиссия должна опубликовать данные о выбросах морским транспортом для всеобщего доступа.

На сегодняшний день не предлагается комплексных решений по измерению уровня загрязнений морским транспортом, вместо этого компаниям предложены несколько методов приблизительного расчета уровня выбросов CO₂.

Методы расчета уровня выбросов CO₂ основаны на использовании следующих источников данных [1]:

- а) Бункерная топливная накладная (BDN) и периодические обмеры топливных танков;
- б) Мониторинг топливных танков на борту судна;
- в) Расходомеры топлива;
- г) Прямые измерения уровня выбросов CO₂.

Из предлагаемых методов три метода являются расчетными. Точность предлагаемых расчетных методов весьма подвержена критике. И только лишь один из предлагаемых методов является методом прямых измерений уровня выбросов CO₂. В настоящее время не существует практической реализации, обеспечивающей комплексное решение задачи мониторинга выбросов CO₂ методом прямых измерений выбросов [3-4].

В связи с изложенным, разработка комплексной системы, которая будет осуществлять непрерывный, хронологический мониторинг уровня выбросов CO₂, формировать отчеты по результатам каждого рейса и годовой отчет, а также передавать отчет в аккредитованную ЕС Компанию, является актуальной.

ЛИТЕРАТУРА

1. REGULATION (EU) 2015/757 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 29 April 2015 on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport, and amending Directive 2009/16/EC. // <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015R0757&from=EN>
2. COMMISSION DELEGATED REGULATION (EU) 2016/2072 of 22 September 2016 on the verification activities and accreditation of verifiers pursuant to Regulation (EU) 2015/757 of the European Parliament and of the Council on the monitoring, reporting and verification of carbon dioxide emissions from maritime transport. // <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32016R2072&from=EN>
3. Golovan, A., Rudenko, S., Gritsuk, I., Shakhov, A. et al., «Improving the Process of Vehicle Units Diagnosis by Applying Harmonic Analysis to the Processing of Discrete Signals,» SAE Technical Paper 2018-01-1774, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-1774>
4. Gritsuk, I., Zenkin E.Y., E., Bulgakov, N., Golovan, A. et al., «The Complex Application of Monitoring and Express Diagnosing for Searching Failures on Common Rail System Units,» SAE Technical Paper 2018-01-1773, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-1773>

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ПОТОКУ ПОВІТРЯ У РОБОЧІЙ ДІЛЯНЦІ РОЗІМКНЕНОЇ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ТРУБИ ДОЗВУКОВИХ ШВИДКОСТЕЙ

Горобець В.Г., Троханяк В.І., Антипов Є.О., Масюк М.Ю.
Національний університет біоресурсів і природокористування України
(Україна, м. Київ)

Богдан Ю.О.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Побудова та вдосконалення аеродинамічних труб широко розглядається у відомих наукових роботах [1-5] проте кожна аеродинамічна труба являється оригінальною і потребує обов'язкового попереднього визначення її характеристик до початку виконання досліджень дослідних зразків [6].

При виконанні досліджень у аеродинамічній трубі важливою і необхідною умовою є визначення меж режимів потоку повітря, що забезпечує коректність проведення експериментів. Тому визначення режимів потоку повітря у робочій ділянці труби є актуальним на стадії підготовки труби перед проведенням подальших досліджень.

Метою роботи являється визначення експериментальним шляхом режимів потоку повітря у робочій ділянці досліджуваної аеродинамічної труби та розрахунок чисел Рейнольдса за результатами експерименту.

Обладнання і методика експерименту. Загальний вигляд і схема аеродинамічної труби дозвукових швидкостей приведені на рисунках 1 і 2. До складу аеродинамічна труба входять наступні ділянки і устаткування: колектор 1, хонейкомб 2, сопло Вітошинського 3, стабілізуюча ділянка 5, робоча ділянка 6, заспокійлива ділянка 8, розтруб 9, осьовий вентилятор 10 типу ВО-46-130-5,6-0,1 продуктивністю 11000 м³/год і напором до 370 Па, який приводиться у обертання трьохфазним асинхронним двигуном потужністю 2,2 кВт.

Робоча ділянка аеродинамічної труби представляє собою канал квадратного перерізу (300×300 мм²) виготовлений з органічного скла.

Визначення режимів потоку повітря у робочій ділянці виконувалися за допомогою введення димових цівок, що являлися індикаторами зміни режиму.

Швидкість потоку повітря варіювалася за допомогою перетворювача частоти струму, який змінював частоту обертання ротора електродвигуна і відповідно частоту обертання робочого колеса вентилятора, змінюючи при цьому витрату повітря у робочій ділянці труби.

Вимірювання швидкості потоку повітря здійснювалося за допомогою термоанемометра АМ-70. Щуп термоанемометра був закріплений для проведення вимірювань у центральні точці поперечного перерізу робочої ділянки аеродинамічної труби.

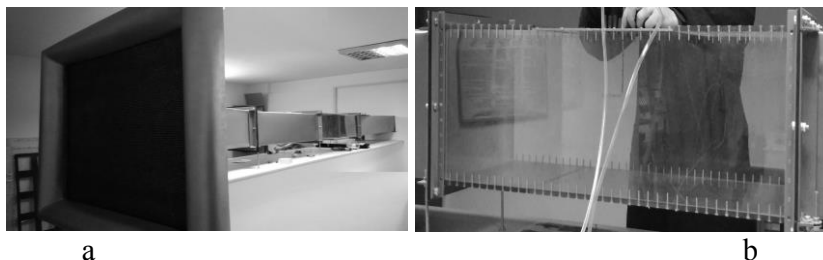


Рисунок 1 – Загальний вигляд аеродинамічної труби розімкнутого типу дозвукових швидкостей (а) та її робочої ділянки (б)

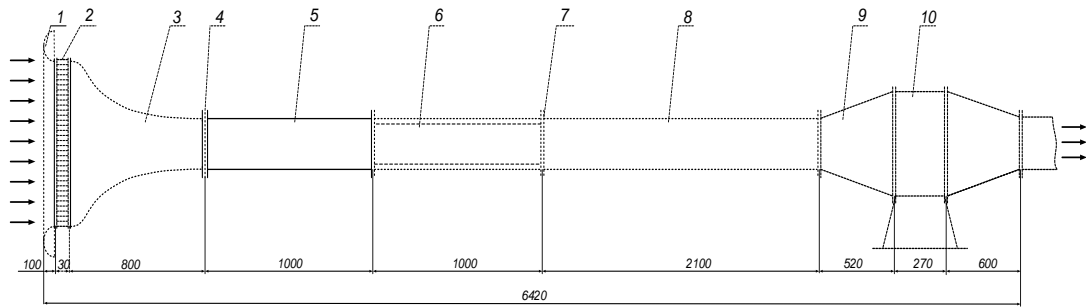


Рисунок 2 – Схема розіткненої аеродинамічної труби дозвуків швидкостей:
1 – колектор; 2 – хонейкомб; 3 – вхідне сопло Вітошинського; 4 – сітка; 5 - стабілізуюча ділянка; 6 – робоча ділянка; 7 – фланець; 8 – заспокійлива ділянка; 9 – розтруб; 10 – осьовий вентилятор

Числа Рейнольдса для потоку повітря у робочій ділянці труби при різних швидкостях визначалися за формулою,

$$Re = \frac{V \cdot d_e}{\nu}, \quad (1)$$

де V – швидкість потоку повітря у центральній точці поперечного перерізу робочої ділянки аеродинамічної труби, м/с;

d_e – еквівалентний діаметр поперечного перерізу робочої ділянки (для квадратного поперечного перерізу рівний довжині однієї зі сторін) аеродинамічної труби, м.

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, м²/с.

Аналіз результатів дослідження. Під час проведення експерименту при малих швидкостях до 1,75 м/с димові цівки були рівними і їх контури добре проглядалися (рис. 3). Режим потоку повітря згідно спостережень являється ламінарним. Далі при зростанні швидкості контури цівок приймали хвилясту форму, збільшувалась їх амплітуда і близько швидкості 4,3 м/с почали розсіюватися, що свідчить про початок турбулентного режиму. Таким чином протікання повітря у робочій ділянці при швидкостях 1,75 ÷ 4,3 м/с характеризує перехідний режим, після якого настає турбулентний режим потоку повітря. Димові цівки при турбулентному режимі розсіяні у потоці і не проглядаються.

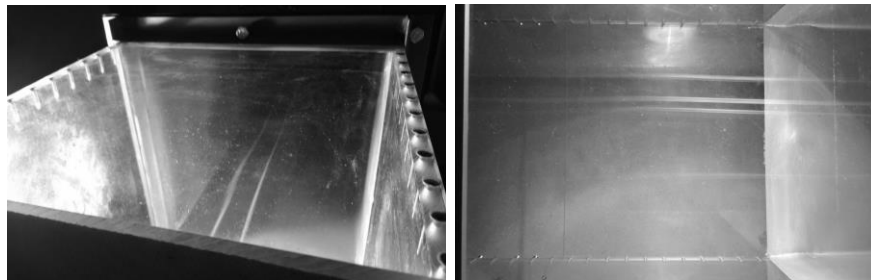


Рисунок 3 – Протікання димових цівок у робочій ділянці аеродинамічної труби при малих швидкостях потоку повітря до 1,75 м/с

Результати розрахунку чисел Рейнольдса для потоку повітря у робочій ділянці труби при різних швидкостях приведені на діаграмі (рис. 4).

Горизонтальні лінії на діаграмі, що визначають режим потоку повітря відповідають критичним значенням чисел Рейнольдса $Re = 33805$ – ламінарний режим і $Re = 83065$ – турбулентний режим

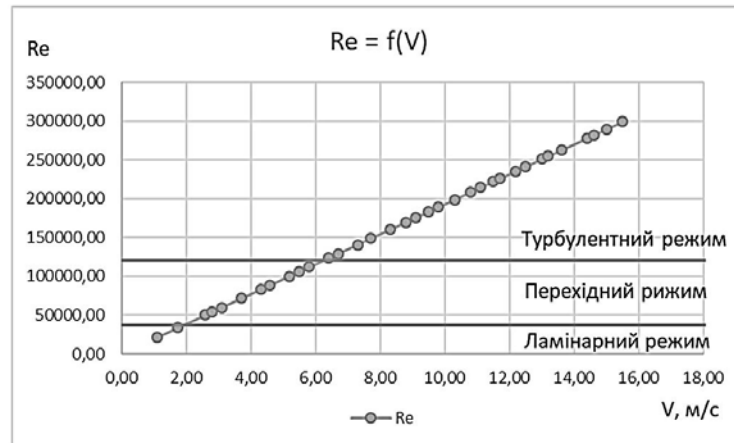


Рисунок 4 – Діаграма залежності чисел Рейнольдса від швидкостей потоку повітря у робочій ділянці досліджуваної аеродинамічної труби

Висновки. Проведено вимірювання швидкості потоку у робочій ділянці труби при зміні витрати повітря. Визначено межі режимів потоку повітря у робочій ділянці труби, так при швидкостях потоку повітря до 1,75 м/с має місце ламінарний режим, при швидкостях потоку у діапазоні 1,75 ÷ 4,3 м/с – перехідний режим і при швидкостях потоку більших за 4,3 м/с – турбулентний режим. На основі отриманих швидкостей розраховані і визначені критичні числа Рейнольдса.

ЛІТЕРАТУРА

1. Харитонов А.М. Техника и методы аэрофизического эксперимента / А.М. Харитонов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2016. – 643 с.
2. Идельчик И.А. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. Изд. 3-е. – Москва: Машиностроение, 1992. – 672 с.
3. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении. - М: Машиностроение, 1965. – 480 с.
4. Lerner J.C. Wind Tunnels and Experimental Fluid Dynamics Research / Jorge Colman Lerner. InTech, 2011. – 709 p.
5. Pankhurst R.C. Wind-tunnel Technique / R.C. Pankhurst, D.W. Holder. - London: Pitman, 1968. – 762 p.
6. Специальный физический практикум по физической гидро- и аэродинамике / Исатаев С.И., Аскарлова А.С., Болегенова С.А. и др.– Алматы: Қазақ университеті, 2015. – 226 с.

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ПРИСКОРЮВАЧ МАКРОТІЛ (РЕЙКОТРОН), ЯК ІННОВАЦІЙНА ТРАНСПОРТНА ТЕХНОЛОГІЯ

Дзензерський В.О., Бурилов С.В., Тарасов С.В., Скосар В.Ю.

Інститут транспортних систем і технологій НАН України

(Україна, м. Дніпро)

Вступ. Рейкотрони (електромагнітні прискорювачі макротіл) можуть знайти застосування не тільки, як засоби високошвидкісного метання твердих тіл, але і як інноваційні транспортні технології [1]. Рейкотрони можуть бути використані для рішення наукових та прикладних задач, а саме – для дослідження фазових перетворень речовин, дослідження термодинамічних ефектів, які супроводжують гіперзвуковий рух тіл у щільних шарах атмосфери, для моделювання малих метеоритів і техногенних частинок, для вивчення руйнуючої дії швидкісних тіл при зіткненні з різноманітними мішенями, а також можуть знайти використання у військовій справі. Крім того, методи електромагнітного прискорювання в майбутньому можуть бути використані для запуску малогабаритних космічних апаратів.

Актуальність дослідження. З початком космічної ери виникла проблема вивчення високошвидкісної дії твердих частинок на матеріали космічних апаратів. На сьогодні це проблема ще більш актуальніша, оскільки космічний простір забруднено високошвидкісними частинками техногенного походження. Тому рейкотрони використовують в лабораторних іспитах, перевіряючи стійкість космічних апаратів до руйнуючої дії різноманітних частинок [2]. Існують також більш масштабні проекти, наприклад, проекти гігантських електромагнітних прискорювачів: російський рейкотрон [3] та американський комбінований прискорювач [4, 5], які здатні виводити супутники на космічну орбіту. Попередні розрахунки вказують, що такі транспортні технології з використанням «космічних» прискорювачів економічно доцільні, бо основні витрати виводу апаратів на орбіту пов'язані з попереднім розгоном ракети, а електромагнітний розгін більш ефективніший, ніж стандартний розгін ракетними двигунами. Так, коштовність виводу на орбіту одного кілограму вантажу як мінімум в два рази менше при електромагнітному розгоні в рейкотроні, ніж при використанні сучасних ракетних комплексів [3]. Проекти попереднього електромагнітного розгону космічних апаратів поряд з інноваційними проектами рейкотронів транспортного призначення для використання в інших галузях народного господарства і військової техніці потребують подальших наукових досліджень і детальної конструкторської та технологічної проробки.

У даній роботі проведено аналіз можливостей рейкотрону, як перспективної інноваційної транспортної технології, вказано основні недоліки існуючих апаратів та продемонстровано деякі розробки Інституту транспортних систем і технологій НАН України (ІТСТ НАН України) в галузі електромагнітних прискорювачів макротіл.

Результати досліджень. Стандартна конструкція рейкотрону включає два (або парну кількість) паралельних ізольованих електродів, до яких крізь пристрій комутації підключено потужне джерело електричної енергії. До таких джерел належать: батарея імпульсних конденсаторів високої напруги; вибухомагнітний або магнітокумулятивний генератор; генератор на хімічному паливі; уніполярний генератор з індуктивним накопичувачем. Проміж електродами розміщено якір – макротіло, що прискорюють, і металевий провідник. При замкненні електричного ланцюгу крізь електроди і якір проходить імпульсний струм і виникає сила Лоренца, яка виштовхує якір. При цьому можливі дві ситуації, на яких обґрунтовано два метода виштовхування. Якщо макротіло і металевий провідник є одне суцільнометалеве тіло, то струм проходить крізь нього, і сила Лоренца діє безпосередньо на макротіло. Якщо ж металевий провідник зроблено окремо, то

він перетворюється в плазму, на яку діє сила Лоренца. Ця плазма виштовхує макротіло [1, 2], що прискорюється.

Низку рейкотронів, які відповідають сучасному рівню техніки та технологій, вже успішно реалізовано на практиці та отримано досить непогані результати по прискоренню тіл невеликої масі. Наприклад, в компанії «Вестингауз» (США) на рейкотроні довжиною 4 м було розігнано якір масою 320 г до швидкості 5,15 км/с (величина електричного струму досягала $2,1 \times 10^6$ А), а в лабораторії «Максвелл» (США) на рейкотроні довжиною 8 м було розігнано якір масою 640 г до швидкості 4,3 км/с (за рахунок розряду конденсаторної батареї на 32 МДж). В «ІЕЕ РАН» (РФ) на рейкотроні з конденсаторної батареєю 10 кВ, 6 МДж було розігнано якір масою 13,8 г до швидкості 5,9 км/с, і якір 300 г до швидкості 2 км/с.

Між цим, у процесі експлуатації експериментальних апаратів дослідники виявили низку технічних проблем використання рейкотронів: ерозія стартової зони каналу прискорювача; руйнування плазмового поршню; велике механічне навантаження на рейки, що швидко виводить їх з ладу. На думку дослідників, деякого покращення можливо досягти шляхом попереднього розгону якорю (це зменшує ерозію стартової зони каналу), а також шляхом використання додаткового імпульсного магнітного поля в каналі прискорювача. При цьому швидкість якорю на рейкотронах новітніх конструкцій може досягти 10–15 км/с [2, 3]. Тому на даному етапі фахівці ІГСТ НАН України запропонували розробки рейкотрону в напрямку використання попереднього розгону якорю, а також в напрямку використання додаткового імпульсного магнітного поля в каналі прискорювача. Крім того, внесено деякі конструктивні зміни до якорю. Ці розробки захищено патентами [6, 7].

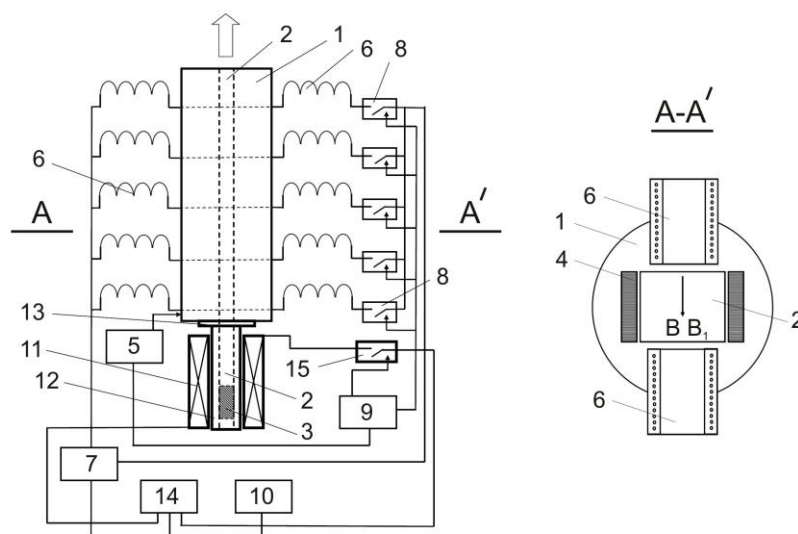


Рисунок 1 – Схема електромагнітного прискорювача макротіла (рейкотрону)

Принципову схему рейкотрону, що запропоновано, наведено на Рис. 1. Рейкотрон містить силовий корпус 1, який є несучим елементом конструкції. У середині силового корпусу 1 виконано канал 2 для розгону макротіла 3, в якому чітко паралельно закріплені струмопровідні рейки 4, приєднані до джерела струму 5. На корпусі рейкотрону встановлені котушки 6, розташовані попарно з протилежних боків корпусу 1 у вигляді секцій, розташованих уздовж нього, причому кожна секція котушок 6 виконана з двох однакових співвісних котушок, електрично послідовно з'єднаних між собою. Пари котушок 6 розташовані уздовж всього силового корпусу 1, причому вектор індукції B_1 їх магнітного поля спрямований паралельно вектору індукції B магнітного поля, що створюється струмопровідними рейками 4. Через заданий проміжок часу, який залежить від

режиму, коли макротіло 3 увійде в канал між рейками і потрапить у сферу дії поля першої секції котушок 6, пристрій управління комутаторами 9 генерує імпульс на керуючому електроді першого неполярного комутатора 8. Далі по ланцюгу – конденсаторний накопичувач 7, перша секція котушок 6 і перший неполярний комутатор 8 – починає протікати струм розряду конденсаторного накопичувача. У той час, як струм в описаному ланцюгу досягає штатного рівня, джерело струму 5 генерує потужний імпульс потенціалу, який подається на провідні рейки 4, і в ланцюзі комутації рейок 4 виникає струм. Струм, що протікає через рейки 4, збуджує магнітне поле, яке збігається по напрямку з локальним магнітним полем, яке концентрується в об'ємі між двома котушками 6 першої секції, по яких тече струм конденсаторного накопичувача 7. В результаті взаємодії сумарного магнітного поля і струму, що протікає через макротіло, виникає штовхаючий імпульс, який і прискорює макротіло 3 в каналі 2 установки. Оскільки через рейки 4 струм тече в протилежних напрямках, то виникає потужна сила відштовхування між ними по всій довжині від рухомої зони контакту макротіла з рейками до початку рейок. Однак, за рахунок дії магнітного поля котушок 6 в місці знаходження макротіла в каналі 2 для розгону виникає ефект магнітного підвішування, який частково зменшує сили відштовхування проміж рейками 4. Це, по-перше, знижує ймовірність втрати прямого електричного контакту макротіла з рейками, по-друге, зменшує механічне навантаження на рейки та їх зношування. Необхідною умовою роботи запропонованої установки є багаторазове перевищення тривалості імпульсу струму, що протікає по рейках 4, над імпульсом струму в ланцюзі котушок підмагнічування 6. Це необхідно тому, що кожна секція котушок 6 повинна відпрацювати короткий проміжок часу, поки макротіло проходить дистанцію цієї секції. Кожна секція котушок 6 по закінченні імпульсу струму вимикається (при заданій малій величині струму). Вимкнення відбувається одночасно з тим моментом, коли пристрій управління комутаторами 9 генерує імпульс, який надходить на наступний комутатор 8. Тоді процес повторюється знову, але вже на наступній парі котушок 6. Очевидно, що максимальна ефективність розгону буде досягатися при узгодженні руху в областях дії поля, створюваного котушками 6, і руху макротіла 3 уздовж рейок 4. Тіло, яке метаять, рухаючись з прискоренням по каналу 2, переходить послідовно від секції до секції, перетворюючи енергію сумарного магнітного поля, і отримуючи на виході з каналу максимальну кінетичну енергію польоту. Оскільки в канал рейкотрону макротіло входить вже на швидкості, то дугова ерозія рейок при зрушенні макротіла мінімізується, що веде до збільшення ресурсу служби рейок. Крім того, котушки 6 не тільки дозволяють посилити магнітне поле в каналі для розгону макротіла, уникаючи збільшення імпульсу струму крізь рейки і якір, а й знімають частину сили, що розштовхують рейки за рахунок ефекту магнітного підвішування.

Установка працює таким чином. Макротіло 3 вводять в канал 2 блоку попереднього прискорення з боку тильного отвору. Блок попереднього прискорення містить соленоїд 11, виконаний у вигляді потужнострумної котушки індуктивності, і насаджений на патрубок 12. Він з'єднаний з корпусом рейкотрону 1 за допомогою фланця 13. Канал 2 є спільним для обох вузлів, і безперервним чином переходить від одного до іншого. Макротіло 3 має феромагнітну частину, наприклад, сталеву оболонку, розташовану попереду по ходу руху від зони динамічного контакту макротіла 3 з рейками 4. Маса феромагнітної частини становить 5–10% від маси всього макротіла. Перед прискорюванням джерело струму 5, конденсаторний накопичувач 7 і попередній конденсаторний накопичувач 14 заряджають необхідним обсягом енергії. Причому конденсаторні накопичувачі 7 та 14 заряджаються від джерела живлення 10. При досягненні необхідного обсягу енергії на виході джерела струму 5 з'являється сигнал готовності до пуску, який

надходить в пристрій управління комутаторами 9. За даним сигналу оператор запускає пристрій 9, який генерує імпульс на керуючому електроді попереднього неполярного комутатора 15 (наприклад, тригатрон), який переводить комутатор в провідний стан. Тепер по ланцюгу – конденсаторний накопичувач 14, соленоїд 11 і попередній неполярний комутатор 15 – починає протікати струм розряду конденсаторного накопичувача. Протікання струму через соленоїд створює в ньому магнітне поле, осьова неоднорідність якого призводить до втягування макротіла 3 в канал 2 для розгону. Параметри ланцюга вибрані таким чином, щоб імпульс струму припинявся, коли феромагнітна частина макротіла 3 досягає середини довжини соленоїда 11, щоб магнітне поле соленоїда не перешкоджало перельоту за інерцією макротіла з каналу котушки 11 в канал рейкотрону. Живлення потужнострумове соленоїду може проводитися з тих же накопичувальних пристроїв, що і живлення рейкотрону.

Висновки. В даній роботі запропоновано удосконалену конструкцію рейкотрону, як транспортної технології, що здатна швидко доставляти корисний вантаж до пункту призначення. Це може бути пристрій для руйнування астероїду або зміни його траєкторії, науково-дослідний зонд, який досліджує термодинамічні ефекти, що супроводжують гіперзвуковий рух тіл у щільних шарах атмосфери, або вивчає ефекти, що виникають у верхніх шарах атмосфери, та інші. Основний результат модернізації й удосконалення конструкції рейкотрону досягнутий за рахунок використання додаткового імпульсного магнітного поля в каналі прискорювача та за рахунок використання попереднього розгону якорю рейкотрону.

Автори висловлюють подяку Олександру Буряку, котрий приймав активну участь в патентних розробках [6, 7].

ЛИТЕРАТУРА

1. John G. Ciezki, Jeffrey Scott McGuirk. An electromagnetic Railgun Design and realization for an electrical engineering capstone project/ ASEE's 123rd Annual Conference&Exposition, New Orleans LA, 26-29.06.2016. – paper ID #14624.
2. Семкин Н.Д. Методы и средства ускорения частиц естественного и техногенного происхождения/ Н.Д.Семкин, К.И.Сухачев, А.С.Дорофеев // Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь, т.14, №4, 2015. – с.171-191.
3. По рельсам в ад: сверхзвуковой экспресс смерти (20.07.2008). Популярная механика, №8, 2008. Режим доступу: <https://www.popmech.ru/technologies/7863-po-relsam-v-ad-sverkhzvukovoy-ekspress-smerti/#part7>.
4. Patent 6311926 US. Int. Cl.⁷ B64F 1/04. Space Tram/ James R. Powell, George Maise. 06.11.2001.
5. Patent 2016/0297548 US. CPC (2013.01) B64G 1/002, B64G 5/00, F41B 6/006. System and method for magnetically launching projectiles or spacecraft/ James R. Powell. 13.10.2016.
6. Пат. 131378 Україна, МПК (2006) H02K 41/00, F41F 7/00. Якір для електромагнітного прискорювача макротіл/ Дзензерський В.О., Бурилов С.В., Тарасов С.В., Скосар В.Ю., Буряк О.А.; Заявник і патентовласник Інститут транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг» (UA). - № u201808028; заявл. 19.07.2018; опубл. 10.01.2019, бюл. № 1.
7. Пат. 131727 Україна, МПК (2006) F41F 7/00, F41B 6/00, H02K 41/00. Електромагнітний прискорювач макротіл з феромагнітною частиною/ Дзензерський В.О., Бурилов С.В., Тарасов С.В., Скосар В.Ю., Буряк О.А.; Заявник і патентовласник Інститут транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг» (UA). - № u201808407; заявл. 01.08.2018; опубл. 25.01.2019, бюл. № 2.

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КАВИТАЦИИ И ИХ РЕШЕНИЕ

Бабенчук Н.С., Ермошкин Н.Г.

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

С увеличением мощности тепловых двигателей и их оборотов, которые стали вызывать явление кавитации, у специалистов появилась проблема, как избежать этого явления.

Начиная с 1894 г., когда при испытаниях опытной паротурбинной яхты «Турбиния» с большой частотой вращения гребных валов, Ч. Парсонс не смог достичь ожидаемой скорости и столкнулся с непредвиденным снижением эффективности гребного винта, кавитация, которая явилась причиной этих неприятностей, рассматривалась как крайне нежелательное явление. В инженерной практике кавитация является причиной снижения коэффициента полезного действия винтов вследствие падения подъемной силы и появления кавитационного сопротивления на лопастях, эрозии лопастей движителей при их работе в неоднородном потоке за корпусом судна, когда каверна периодически разрушается, усиления вибрации корпуса вследствие возникновения кавитации в концевых сечениях лопастей, появления кавитационного шума в результате схлопывания кавитационных пузырьков, снижения эффективности рулей и крыльевых систем быстроходных судов и т.д.

Явление кавитации настолько эффективно способно разрушать инженерные конструкции, что создавало проблемы для создателей этих сооружений. Одним из многих примеров можно привести обнаружение во время осмотра в доке после ходовых испытаний разрушения гребных валов и угрозу поломки концевых гребных валов, в то время новейшего эскадренного миноносца «Ленинград».

В тех случаях, когда возможность возникновения кавитации — разрыва сплошности жидкости с образованием каверн, заполненных парами жидкости и газами, — прогнозировалась еще Л. Эйлером, изучать это явление начали лишь после того, как с ним столкнулись в процессе испытаний первых паротурбинных судов. Исследования показали, что кавитация возникает, когда давление достигает некоторого минимального значения или на поверхности тел, обтекаемых жидкостью или в свободном потоке, например, в ядрах вихрей, сбегаящих с концов лопастей гребных винтов и крыльев. На рис. 1, 2 показаны три характерные картины кавитации вблизи профиля крыла. Первая соответствует пузырьковой форме кавитации. Она возникает из газовых пузырьков микроскопических размеров, которые попадая в зоны пониженного давления, вблизи крыла, вырастают за короткое время (около 10^{-3} с) до видимых глазом размеров. Далее выросшие пузырьки сносятся потоком к задней кромке крыла в зону повышенного давления, где схлопываются, производя характерный шум. Для возникновения пузырьковой кавитации необходимо, чтобы эпюра пониженных давлений вдоль контура профиля была плавной, без пиков.

В случае увеличения скорости обтекания или при наличии пика разрежений на профиле вместо пузырьков образуется так называемая присоединенная каверна (см. рис. 2). Передняя ее часть примыкает к профилю в точке, положение которой с течением времени практически не изменяется, а в хвостовой части наблюдаются пульсации границы каверны. Такую кавитацию иногда называют пленочной. Если хвостовая часть каверны не выходит за пределы профиля (рис. 2, а), то кавитация приводит к некоторому увеличению подъемной силы по сравнению со случаем бескавитационного обтекания крыла. Если при этом кавитационное сопротивление будет невелико, то может снизиться суммарное гидродинамическое сопротивление крыла, поскольку участок его поверхности, занятый каверной, будет изолирован от потока жидкости, и на нем сопротивление трения будет близко к нулю. В режиме течения, изображенном на рис. 2, б, подъемная сила будет меньше, чем у крыла, обтекаемого без кавитации.

Отрицательные эффекты, вызываемые кавитацией, вынуждали исследователей искать различные пути ее устранения, идея которых сводилась, главным образом, к снижению уровня разрежений за счет достижения заданной подъемной силы путем увеличения площади крыльев при меньших углах атаки. Очевидно, что возможности этого пути ограничены, поскольку при значительном уменьшении угла атаки снижается гидродинамическое качество профиля, а, следовательно, и эффективность конструкции. В связи с этим возможен случай, когда потери, связанные с предотвращением кавитации, окажутся большими, чем обусловленные ее возникновением и развитием. Отсюда непосредственно следует идея проектирования лопастного механизма или несущей системы, приспособленных к режиму кавитации с целью получения наивысшей в этих условиях эффективности. Эта кажущаяся сегодня очевидной идея была впервые высказана в 1940 г. академиком В.Л. Поздюниным, причем получила признание лишь после длительных дискуссий.

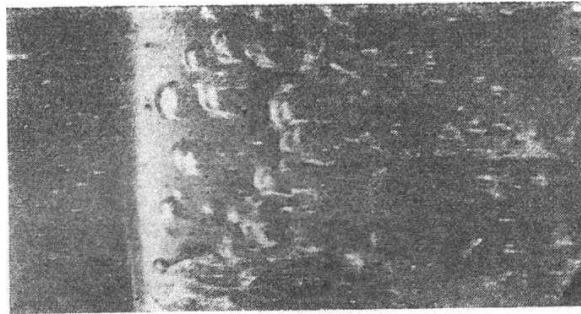


Рисунок 1 – Пузырьковая кавитация на поверхности профиля

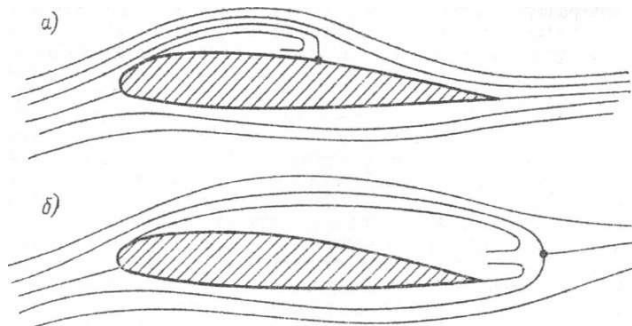


Рисунок 2 – Схематическое изображение плёночной кавитации

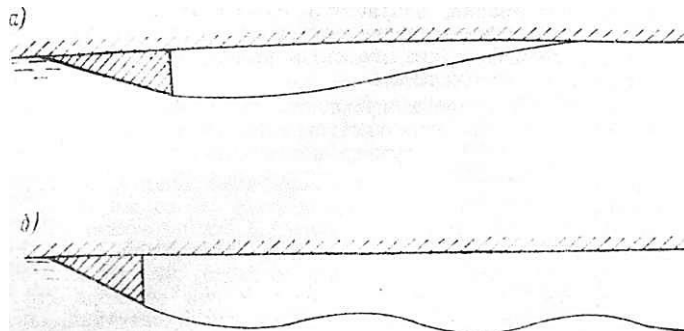


Рисунок 3 – Искусственные каверны на днище судна

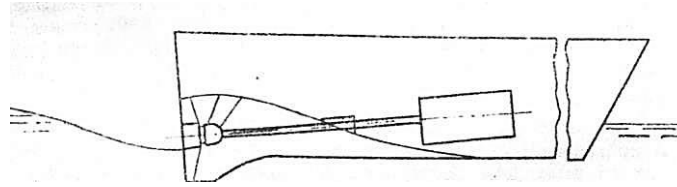


Рисунок 4 – Схема вентилируемого водометного движителя

Созданные В.Л. Поздюниным гребные винты, получившие название суперкавитирующих, явились первой новой конструкцией, которая повысила эффективность на определённых скоростях, за счёт своей особой формы кавитации. Это достигалось подбором особой геометрии лопастей, у которой кавитационное сопротивление вследствие образования каверны было бы значительно меньше сопротивления трения.

Однако общим недостатком конструкций, спроектированных на заданную скорость или число кавитации, является то, что при отклонении от расчетного режима их эффективность резко снижается. В частности, суперкавитирующие винты при отсутствии кавитации имеют существенно более низкий пропульсивный КПД, что в ряде случаев ограничивает область их применения. Таким образом, жесткая связь между развитием кавитации и скоростью ограничивает область применения подобных конструкций узким диапазоном относительно высоких скоростей.

Кроме того, можно также идти по пути образования каверн при малых скоростях за счёт подачи газа. Особенностью этого способа является использование искусственной кавитации для улучшения гидродинамических характеристик по сравнению с бескавитационным обтеканием. Было установлено, что каверны, образованные подачей воздуха при малых скоростях обтекания тела по своим главным свойствам идентичны, поскольку и в том и в другом случае они определяются постоянством давления в каверне. Это имеет место, как в воздушной, так и в парогазовой кавернах, вследствие большой разности в плотностях между жидкостью и содержимым каверн.

Главной причиной явилось упрощённое представление авторов изобретений о характере поведения воздушных масс в потоке жидкости. Часть из них стремилась насытить тонкий слой воды, прилегающий к корпусу судна, мелкими газовыми пузырьками и таким путем снизить плотность газовой смеси во много раз по сравнению с водой. Для достижения ожидаемого эффекта необходимо, чтобы указанная смесь была достаточно однородной. Как показали позднейшие исследования, это сделать практически невозможно ввиду неустойчивости газовой смеси: мелкие газовые пузырьки сливаются в достаточно крупные, хаотично распределенные в потоке воды. При этом часто гидродинамическое сопротивление не снижалось, а увеличивалось.

Многие авторы считали, что если в носу судна в плоскости шпангоута установить препятствие небольшой высоты (в современной терминологии «кавитатор»), продольное сечение которого имело бы, например, форму прямого клина, то вниз по потоку за ним образуется тонкая воздушная прослойка большой протяженности, изолирующая корпус судна от контакта с потоком воды. В действительности, даже на плоском горизонтальном днище судна образуются каверны сравнительно малой длины.

Уже в начале 50-х годов во всем мире получили распространение теоретические и экспериментальные исследования в области кавитационных течений, в том числе и течений с образованием газовых (воздушных) каверн. Результаты этих работ позволили установить объективную картину развития каверн на телах различной формы и решить принципиальные вопросы формирования каверн, с помощью которых можно получить ощутимый эффект по снижению гидродинамического сопротивления большегрузных и глиссирующих судов.

Надо заметить, что один интересный, практический результат, полученный А. А. Бутузовым, заключается в том, что при движении судна со скоростью, характерной для большегрузных судов, за кавитатором, установленным на плоском днище, можно образовать устойчивую воздушную каверну только одной определенной длины (рис. 3). Основная характерная особенность показанной на рис. 3 каверны заключается в том, что ее хвостовая часть замыкается по касательной к днищу. Для поддержания такой каверны требуются минимальные расходы воздуха, а кавитационное сопротивление клина оказывается равным нулю. При этом длина каверны практически не зависит от высоты кавитатора и связана со скоростью движения судна зависимостью, аналогичной зависимости между длиной прогрессивной волны на свободной поверхности воды и скоростью ее распространения.

На основании исследований оказалось, что для получения ощутимого эффекта по снижению гидродинамического сопротивления судна требуется устанавливать не один кавитатор, а несколько. Их количество зависит от длины цилиндрической вставки и эксплуатационной скорости судна. Эффективность такого способа была проверена в натуральных условиях. Оказалось, что для речных судов типа «Волго-Дон» оно может быть снижено на величину до 17%. При этом для поддержания каверн требуются затраты мощности, равные 1—2% мощности главных двигателей.

Организация на плоском днище течения, изображенного на рис. 3,6, позволяет на всей цилиндрической вставке судна создать только одну каверну, что приведёт к ещё более существенному снижению гидродинамического сопротивления.

Надо отметить, что на формирование рассмотренных кавитационных течений, характерных для малых чисел Фруда, определяющую роль играют силы весомости жидкости, поэтому формы границ каверн напоминают волны на свободной поверхности жидкости.

В отличие от этого в формировании каверн на глиссирующем днище преобладающую роль играют инерционные силы. Поэтому для образования здесь каверн, кавитаторы, применявшиеся на большегрузных судах, оказались неэффективными.

В случае заметного, эффективного понижения гидродинамического сопротивления судов глиссирующего типа было необходимо создание устойчивой каверны на возможно большей площади днища, для поддержания которой требовались бы небольшие расходы воздуха; давление в каверне должно быть достаточно высоким, чтобы она воспринимала более половины веса судна. Такую каверну можно создать путем устройства в днище судна выемки, ограниченной носовым реданом и боковыми скегами. При этом на указанные характеристики оказывают влияние форма смоченной части днища перед реданом, изменения ширины скегов по длине судна, форма линии днища на редане и свода выемки в районе транца и т. п.

В силу того, что на каверну влияет значительное число параметров, отработка формы обводов глиссирующего судна с днищевой каверной представляет собой сложный процесс. Натурные испытания судов такого типа подтвердили возможность снижения их гидродинамического сопротивления на 30 - 35% по сравнению с обычным глиссирующим прототипом. Кроме того, днищевая каверна приводит к улучшению характеристик мореходности, что свидетельствует о перспективности постройки морских быстроходных судов с каверной на днище. Реализация этой идеи на катерах обеспечила повышение их скорости по сравнению с традиционными обводами на 8,5 уз.

Применительно к движителям идея создания искусственных каверн нашла воплощение в различного рода вентилируемых движителях. В теоретическом плане, в случае, когда нет необходимости создавать каверны значительной протяженности, задача решается несколько проще, однако инженерные аспекты проблемы достаточно сложны.

Простейшим вентилируемым движителем является частично погруженный гребной винт, у которого вентиляция осуществляется за счет подсоса воздуха со свободной

поверхности. Однако несоосное с гребным валом приложение упора и наличие боковых нагрузок за счет возникновения тангенциальной силы лишь на части диска винта существенно ухудшает эксплуатационные качества такого движителя. Кроме того, поскольку в воде находится лишь часть диска, для создания необходимого упора требуется увеличение диаметра гребного винта. Отличительной особенностью всех вентилируемых движителей является невозможность обеспечения значительных удельных упоров особенно при малых скоростях. Поэтому более перспективны движители с управляемой вентиляцией, которые в зависимости от режима движения могут использоваться и как обычные, обтекаемые сплошным потоком, и как вентилируемые. К числу подобных движителей может быть отнесен так называемый вентилируемый водометный движитель, предложенный М. А. Мавлюдовым и представляющий собой гребной винт, расположенный в коротком канале, где обеспечивается управление потоком и регулирование подачи воздуха (рис. 4, а. с. 486957). Водомет лишен недостатков полупогруженных винтов в части действия поперечных сил и использования площади диска, и основные проблемы его применения связаны с надежностью управления вентиляцией.

Таким образом, применение искусственной кавитации для снижения сопротивления корпуса и повышения эффективности движителей — новый подход к этому явлению в инженерной практике. Он связан с использованием благоприятных особенностей кавитационных течений для совершенствования судовых конструкций. Это направление является сегодня одним из наиболее перспективных для повышения технико-экономических показателей судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Движители быстроходных судов/М.А. Мавлюдов, Русецкий, Ю.М. Садовников, Э. А.Фишер. Л., Судостроение, 1982.
2. Иванов А. Н. Гидродинамика развитых кавитационных течений. Л., Судостроение, 1980.
3. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. Кавитация. Пер. с англ. М., Мир, 1974.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОАГУЛЯНТОВ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МОРСКИХ СУДОВ

Ермошкин Н.Г., Рябоус Л.М.

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

Во время Второй мировой войны было затоплено большое количество транспортных судов, боевых кораблей, самолётов в разных точках Мирового океана, на борту которых находились все виды потенциальных и явных материалов и жидкостей, находившихся внутри затопленных кораблей и постепенно отравляющих окружающую среду особенно опасными боевыми химическими веществами. С 1946 года появилась проблема радиоактивных отходов и их захоронений, с учётом роста эксплуатируемых судов после военного периода. Для создания универсального инструмента по контролю за сбросами 13 ноября 1972 г. в Лондоне была принята конвенция по предотвращению загрязнения сбросами, отходами и другими материалами. Украина ратифицировала конвенцию 6 марта 1976г.

Учитывая рост в мире количества и размеров морских транспортных, пассажирских, рыбодобывающих судов, кораблей ВМФ, а также рост числа буровых платформ в морях и океанах в связи с увеличением добычи нефти, необходимо признать, что эти объективные обстоятельства сопровождаются ростом загрязнения Мирового океана нефтепродуктами, мусором, льяльными сточными водами, химикалиями и другими вредными веществами. Особенно Участившиеся аварии танкеров послужили особенно серьёзной причиной для разработки новых меры безопасности.

Конвенция МАРПОЛ -73/78 состоит из двух протоколов:

Протокол I – Положения, предусматривающие сообщения об инцидентах, которые были связаны со сбросом вредных отходов для окружающей среды.

Протокол II – Арбитраж.

Основные правила конвенции МАРПОЛ - 73/78 вошли и содержатся в шести приложениях:

В данной статье мы рассматриваем приложение I, II и IV:

Приложение I – Правила предотвращения загрязнения нефтью;

Приложение II - Правила предотвращения загрязнения вредными жидкими веществами, перевозимыми наливом;

Приложение IV - Правила предотвращения загрязнения сточными водами с судов.

6 мая 1975 г. была принята конвенция относительно загрязнений в открытом море в случае аварий, приводящих к загрязнениям нефтью. Поводом для её принятия послужила гибель танкера «Тори Каньон» у берегов Британии в 1967г., так как возникла необходимость защиты побережья от возникшей угрозы загрязнения в результате разлива нефти в открытом море.

2 ноября 1973г. в Лондоне был принят Протокол о вмешательстве в открытом море даже в том случае, если произошло загрязнение иными, чем нефть, веществами. Данный протокол вступил в силу в 1983 году (30 марта), а в 1991 году были приняты дополнения к нему, который уточнял список веществ, которые указывались в Протоколе 1973 г.

Международная конвенция о готовности предотвращения загрязнения нефтью, ответственности и сотрудничестве, была принята 30 ноября 1990 года, а Украиной была ратифицирована 13 мая 1994 года.

Такие широкомасштабные аварии крупнотоннажных танкеров, как «Тори Каньон» (1967г.), «Амоко Кадиз» (1978г.), «Эксон Валдиз» (1989г.) были катастрофическими для прибрежных государств, и появилась необходимость в создании документа для

обеспечения международного сотрудничества в борьбе с крупными загрязнениями нефтью. Суда должны сообщать о всех происходящих случаях загрязнений береговым властям в соответствии с Резолюцией ИМО А.648 (16) «Общие принципы судовых сообщений». Участники призываются организовать центры по борьбе с загрязнениями и ликвидацией последствий разливов нефти (ЛПРН) с применением соответствующего оборудования и проводить учения по ликвидации возможных последствий разливов нефти, взаимодействий с другими государствами, координация действий в мировом судоходстве, связанными с техническим прогрессом в судостроении, радионавигационном оборудовании и технологии перевозки грузов, что повлияло на подготовку морских экипажей. Появление новых технологий в области мореплавания заставило Международную морскую организацию разработать и создать новые, соответствующие времени действующие документы. За период работы ИМО создало 50 международных конвенций и множество протоколов, а также дополнений к ним.

В процессе подготовки конвенций, ИМО получает большую помощь от участия международных организаций, тесно с ней сотрудничающих. К таким Межправительственным организациям относятся: Международная организация труда «МОТ», Международное агентство по атомной энергии «МАГАТЭ», Конференция ООН по охране окружающей среды «ЮНЕП», Всемирная организация здравоохранения «ВОЗ», Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН «ФАО». К разработке особо назревших проблем привлекаются неправительственные организации такие как: Международная палата судоходства «ICS», Международная федерация судовладельцев «ISF», Международная организация по стандартизации «ISO», Международная торговая палата «ICC», Международная ассоциация классификационных обществ «IACS», Балтийский и международный морской совет «BIMCO», Международная федерация капитанов «IFSMА», «INTERTANKO», «INTERCARGO» и др. За последнее десятилетие в мире значительно увеличилось количество аварий и морских катастроф. Из-за интенсификации судоходства увеличился рост загрязнений океанов и морей нефтепродуктами, химикатами, мусором и сточными водами. В соответствии с Конвенцией МАРПОЛ – 73/78 каждое судно должно быть снабжено установками для обработки сточных вод или цистернами с последующей передачей на береговые очистительные сооружения.

Хорошие результаты показали применяемые установки, которые основаны на биологическом и физико-химическом принципах действия. Последние более полно отвечают судовым условиям, поскольку характеризуются малой чувствительностью к гидравлическим, температурным и биохимическим колебаниям потока сточных вод, а также возможностью быстрого выхода на рабочий режим. Очистка сточных вод происходит в них за счёт добавления химических реагентов (коагулянтов), под воздействием которых взвешенные твёрдые частицы выделяются из жидкостей, адсорбируясь на хлопьях гидроокисей металлов. Эти хлопья либо оседают, либо отфильтровываются и перекачиваются в сборную ёмкость, а затем очищенные стоки поступают в дезинфекционную камеру для процесса обеззараживания.

В выше указанных установках применяют хлорное железо, гидроокиси магния, калия и различные другие химикаты. Несмотря на это, проблема получения, применения и поиска более экономичных коагулянтов является весьма актуальной. По этой причине были проведены исследования возможности применения для очистки судовых сточных вод алюмосодержащих коагулянтов.

Согласно специальным литературным источникам для обработки сточных и природных вод широкое применение находят оксихлориды алюминия, которые обладают хорошей растворимостью и гидролизующей способностью.

Оксихлориды алюминия это вещества переменного состава с основностью от 30% до 90%. Сырьём для их получения служат соляная кислота, хлорид алюминия и гидроокись

алюминия. В настоящее время начали получать оксихлорид алюминия из алюмосодержащих отходов химической, химико-фармацевтической, машиностроительной и металлургической промышленности. Цена указанных коагулянтов в 2-5 раз ниже цены обычно применяемых реагентов для очистки воды.

В Одесском НИИ были обобщены результаты испытаний оксихлоридов алюминия различной основности $Al(OH)Cl_2$, $Al(OH)_2Cl$, $Al_2(OH)_5Cl$, а также коагулянтов, полученных из отходов хлорнеорганического и анилиноокрасочного производства. Все исследования проводились как в лабораторных, так и в реальных судовых условиях.

Оценка степени очистки стоков определялась по содержанию взвешенных веществ BTK_5 и окисляемость, традиционными методами очистку судовых сточных вод производили в лаборатории с содержанием взвешенных веществ 300/800 мг/л и BTK_5 130 - 750 мг/л. Исследования проводили используя методику пробного коагулирования в дозах от 10 до 200 мг/л по A_2O_3 ; за период времени 15-30 мин. Оптимальные дозы оксихлоридов алюминия, применяемых во время исследований составляли 100-150 мг/л, а эффективность очистки от взвешенных веществ указанных в таблице:

Таблица 1 – Уровень очистки судовых сточных вод при применении оксихлоридов алюминия

Коагулянт	Концентрация, мг/л	Эффективность очистки, %
1/3 ОХА	100	77
1/3 ОХА	150	80
2/3 ОХА	100	87
5/6 ОХА	100	92
5/6 ОХА	150	89

Полученные во время исследования результаты показали, что оксихлориды алюминия (ОХА) в оптимальных концентрациях могут обеспечить достаточно эффективную очистку сточных вод от взвешенных веществ, и отмечено снижение BTK_5 и окисляемость.

В процессе испытаний в судовых условиях сравнили (ЧАМП) активность зарубежного и двух отечественных коагулянтов, полученных из отходов промышленности. Эти испытания проводились на установке «Элсан» во время её эксплуатации, в которой для коагуляции стоков применялся чистый едкий натрий. Результаты исследований показали высокую коагулирующую способность обоих отечественных химикатов. Доза 150/200 мг/л обладает степенью очистки стоков от взвешенных веществ 92 – 96%, и уровень BTK_5 снизился на 94 – 95%. Такие показатели очищенной сточной воды позволяют сбрасывать её за борт, так как показатели чистоты соответствуют санитарно-гигиеническим нормам Морских классификационных обществ и требованиям ИМО: взвешенные вещества – менее 50 мг/л, и BTK_5 – менее 50 мг/л.

Из этого следует, что проведённые исследования показали достаточно высокую эффективность алюмосодержащих коагулянтов в процессе очистки судовых сточных вод. Сравнительные исследования гигиенических свойств отечественных коагулянтов показали, что по эффективности очистки сточных вод они не уступают зарубежным реагентам и могут быть использованы для обработки стоков в установленных на судах установках физико-химического принципа действия.

На сегодняшний день проводятся исследования различных способов очистки сточных вод при помощи пропускания через сточные воды электрического тока, который разлагает солёную морскую воду, содержащую большое количество различных солей, фтор, хлор, йод и др.

ЭНЕГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

*Каплун В.Г., Донченко Т.В., Донченко О.А.
Хмельницкий национальный университет
(Украина)*

Введение. Повышение надежности, долговечности и конкурентоспособности машин и оборудования, создание высокопроизводительных энерго - ресурсосберегающих технологий является важнейшей задачей современного автомобилестроения.

Перспективным направлением в решении поставленной задачи является создание упрочняющих покрытий с применением высококонцентрированных источников энергии и, в частности, тлеющего разряда. К числу наиболее прогрессивных технологий поверхностного упрочнения конструкционных элементов в автомобилестроении,, обеспечивающих высокую износостойкость, относится азотирование в тлеющем разряде (ионное азотирование). Однако, существующие технологии ионного азотирования базируются на использовании водородосодержащих насыщающих сред (аммиака, смеси азота с водородом и др.) [1-4]. Это вызывает водородное охрупчивание металла, снижает прочность, надежность и долговечность деталей машин [5].

Новые перспективы в решении поставленной задачи открывает технология ионного азотирования в безводородных насыщающих газовых средах, исключаящая разупрочнение металла водородом, обеспечивающая значительную экономию электроэнергии и газов. Кроме того, данная технология экологически чистая, хорошо управляемая, исключает коробление длинных деталей и обеспечивает сохранение исходного класса чистоты поверхности.

Физическая сущность процессов ионного азотирования в водородосодержащих и безводородных средах одинакова. Однако качественные и количественные характеристики отдельных стадий этих процессов имеют свои отличия, что оказывает влияние на структуру и кинетику формирования азотированного слоя.

Процесс ионного азотирования в водородосодержащих средах (аммиак, смесь азота с водородом) достаточно хорошо изучен в отечественной и зарубежной литературе [1–4]. Водород, являясь хорошим восстановителем, оказывает существенное влияние на кинетику формирования азотированного слоя, интенсифицируя процесс. Однако, как отмечалось ранее, присутствие водорода в насыщающей среде в значительных количествах вызывает охрупчивание поверхности (особенно острых кромок) и разупрочнение основы, что в определенных условиях ведет к снижению прочности и долговечности элементов конструкций. Добавка аргона в водородосодержащую насыщающую среду способствует повышению пластичности азотированного слоя [2, 5]. Замена водорода аргоном в насыщающей среде (смесь азота и аргона) исключает водородное охрупчивание азотированного слоя, но при этом меняется энергетика процесса ионного азотирования.

Под действием электрического поля тлеющего разряда ионы газовой среды (азота и аргона) бомбардируют поверхность катода с высокой энергией, превышающей в 5000 раз (при разности потенциалов 1200 В) энергию атомов азота при печном газовом азотировании. Ионы аргона, обладающие значительно большей массой и радиусом, обеспечивают более интенсивное распыление металла в период ионной очистки по сравнению с водородом. На упрочняемой поверхности образуются многочисленные дефекты, способствующие ускорению процесса диффузии азота в металле, что подтверждается результатами металлографических и рентгеновских исследований. Образцы из циркония и стали Ст. 3 подвергли ионной очистке в плазме тлеющего разряда при давлении 1,5 Па и напряжении 1200 В в течение 10 мин. в среде различных газов: водорода, гелия, азота и аргона с целью определения характера изменения структуры поверхности в результате ионной бомбардировки. Металлографическими исследованиями

методом травлення ямок установлено, что при ионной бомбардировке на поверхности металла образуются многочисленные несовершенства строения решетки, которые имеют различную форму и величину. На поверхности имеется большое число дислокаций с ориентацией в различных направлениях (рис. 1). Из рис. 1 видно, что размеры и площадь, занимаемые несовершенствами, возрастают с увеличением массы и радиуса бомбардирующих ионов и для аргона они в 1,3...1,5 раза больше, чем для водорода и гелия. Данная тенденция подтверждается исследованиями рентгеновским методом.

Проведены исследования энергии активации процесса ионного азотирования в водосодержащих и безводородных средах, результаты которых представлены в таблице 1. Исследованиями установлено, что энергия активации процесса ионного азотирования в азот-аргонной среде в 1,3...1,5 раза меньше по сравнению с ее значением в водородсодержащей среде и в 2...3 раза меньше по сравнению с газовым печным азотированием в аммиаке (табл. 1). Одной из главных причин такого уменьшения энергии активации является наличие в насыщающей среде аргона, имеющего значительно большую массу ионов по сравнению с водородом и гелием и интенсифицирующего все стадии процесса. Снижение энергии активации при ионном азотировании в водородсодержащей среде, по сравнению со смесью азота с гелием достигается за счет химической активности водорода.

Таблица 1 – Энергия активации процесса азотирования различных сталей в различных газовых средах

№ п/п	Марка стали	Энергия активации в ккал/моль			
		Ионное азотирование в различных средах			Газовое азотирование в среде аммиака
		75N ₂ +25Ar	75N ₂ +25H ₂	75N ₂ +25He	
		Ионная очистка в среде			
	Ar	H ₂	He		
1	Ст 3	8,0	10,4	14,4	19,1
2	45	7,9	9,94	13,6	18,5
3	40X	9,6	12,8	-	21,6
4	ШХ15	8,8	11,2	-	19,3
5	12ХН3А	11,5	15,5	-	22,2
6	38ХМЮА	13,6	17,1	-	23,4
7	25Х5М	15,5	20,1	-	25,5
8	Х12Ф	15,8	18,6	21,2	26,7

Примечания:

1. Процесс ионного азотирования проводился по режиму: ионная очистка при давлении 1,5 Па и напряжении 1200В; диффузионное насыщение при давлении 240Па в течение 6 ч.;

2. Данные энергии активации при газовом азотировании получены на основании литературных источников [2, 5].

Исследования показали, что константа скорости процесса ионного азотирования в азот-аргонной среде значительно выше по сравнению с водородсодержащей средой и смесью азота с гелием для всех испытываемых сталей. С повышением степени легирования константа скорости K_h уменьшается (табл. 2). При этом снижается влияние аргона на интенсификацию процесса диффузии азота.

В период диффузионного насыщения сталей кинетическая энергия иона расходуется на нагрев поверхности и на отрыв атомов железа, которые в плазме тлеющего разряда соединяются с азотом, образуя нитриды и адсорбируются на поверхности. Под действием бомбардировки полученный нитрид Fe_2N разлагается ($Fe_2N \rightarrow Fe_3N \rightarrow Fe_4N$) на низший нитрид и атомарный азот. Атомарный азот немедленно диффундирует вглубь металла и образует зону внутреннего азотирования [1, 2].

Таблиця 2 – Зависимость константы скорости K_h от температуры при ионном азотировании различных сталей в водородсодержащей и безводородной средах

Марка стали	Обозначение режима азотирования	T = 773°K		T = 813°K		T = 853°K	
		h, мкм	K_h , мкм/час	h, мкм	K_h , мкм/час	h, мкм	K_h , мкм/час
45	A	137,4	22,9	157,8	26,3	189,7	31,62
45	B	138,6	23,1	144,0	24,0	250,1	41,7
40X	A	165,0	27,5	217,8	36,3	287,4	47,9
40X	B	125,4	20,9	185,4	30,9	282,6	47,1
ШХ15	A	207,0	34,5	244,2	40,7	332,4	55,4
ШХ15	B	206,4	34,4	217,8	36,3	329,4	54,9
38ХМЮА	A	164,4	27,4	218,4	36,4	261,6	43,6
38ХМЮА	B	150,6	25,1	217,6	34,6	293,4	48,9
25X5M	A	125,4	20,9	169,2	28,2	222,6	37,1
25X5M	B	106,8	17,8	157,8	26,3	217,8	36,3
12ХН3А	A	118,8	19,8	150,6	25,1	175,2	29,2
12ХН3А	B	97,8	16,3	139,2	23,2	170,4	28,4

Обозначения:

A – ионная очистка в среде аргона 30 мин. при напряжении 1200 В, насыщение в среде – 75об.% N_2 +25об.% Ar 2, 6 часов.

B – ионная очистка в среде водорода 30 мин. при напряжении 1200 В, насыщение в среде 75 об. % N_2 + 25 об. % H_2 , 6 часов.

Строение азотированного слоя и его фазовый состав определяются протеканием двух конкурирующих процессов: катодного распыления и обратного катодного напыления, которые зависят от технологических параметров ионного азотирования. В зависимости от характера протекания этих процессов можно получить диффузионный слой на базе высокоазотистого α - твердого раствора без поверхностной нитридной зоны и с поверхностной нитридной зоной (рис. 1). Присутствие водорода в насыщающей среде способствует образованию однофазных нитридных зон с γ' -фазой (Fe_4N) и ϵ -фазой (Fe_2-3N). При этом в нитридной зоне отсутствуют поры и концентрация азота колеблется от 5,9 до 17 % по массе [2].

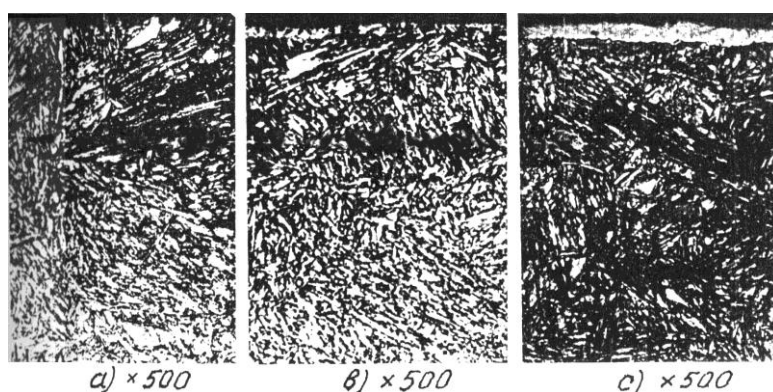


Рисунок 1 – Микроструктура стали 25X5M после ионного азотирования (среда 25об.% N_2 + 75об.% Ar, P = 65 Па, τ = 6 ч) при различных температурах: a) – 500°С; б) – 540°С; в) – 580°С

В азот-аргонной среде, процессы катодного распыления и обратного катодного напыления, происходят интенсивнее, чем в водородсодержащей. В результате на поверхности не образуются однофазные зоны, а присутствуют все три фазы: ϵ , γ' и α -Fe. Это обстоятельство вызывает снижение концентрации азота в нитридном слое, повышая пластичность последнего.

Таким образом, применение безводородных азотсодержащих газовых сред с заменой водорода на аргон при ионном азотировании в плазме тлеющего разряда меняет кинетику процесса диффузионного насыщения, физико-механические характеристики и фазовый состав азотированного слоя. В результате этого повышается пластичность поверхностного слоя, уменьшается энергия активации процесса в 1,3...1,5 раза, что приводит к уменьшению расхода электроэнергии по сравнению с аналогичными режимами азотирования в водородосодержащих средах. Для эффективного ведения данного процесса необходима тщательная очистка рабочей газовой смеси от кислорода.

Влияние водорода на усталостную прочность сталей при ионном азотировании наглядно видно из проведенных нами исследований. Исследовались малоцикловая и многоцикловая усталости сталей 20, 45, 45X, 38ХМЮА, подвергавшихся ионному азотированию в водородосодержащих (смесь азота с водородом) и безводородных (смесь азота с аргоном) средах по различным режимам. Испытания проводились на воздухе и в различных средах (кислых, щелочных и нейтральных) на плоских и цилиндрических образцах, с концентраторами напряжений и без них.

Результаты этих исследований показывают, что предел выносливости образцов, подвергавшихся предварительно ионному азотированию в безводородной среде, при испытаниях на воздухе повысился в 1,9 раза, а при испытаниях в 3% - ном растворе NaCl в 3,6 раза по сравнению с аналогичными значениями для неазотированных образцов. Предел выносливости образцов, азотированных в водородосодержащей среде (кривая 3) при испытаниях в 3%-ном растворе NaCl на 25 % ниже по сравнению с образцами, азотированными по аналогичному режиму в безводородной среде. Причиной снижения предела выносливости является вредное влияние водорода, вызывающее декогезию кристаллической решетки металла, взаимодействие атомов водорода в металле с дислокациями, давлением молекулярного водорода в микрополостях стали, химическое взаимодействие водорода с компонентами сплава и выделением водородосодержащих фаз.

Исследования малоцикловой усталости сталей приводят к выводу о нецелесообразности применения азотирования в случае упругопластической деформации с $\epsilon \geq 0,3\%$, так как долговечность сталей в этом случае ниже, в сравнении со значениями для неазотированных сталей в аналогичных условиях.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что технология ионного азотирования в безводородных средах позволяет в широких пределах изменять физико-механические свойства поверхностных слоев, значительно повысить многоцикловую усталостную прочность конструкционных сталей при изгибе в различных средах с концентраторами и без них. Максимальная долговечность достигается оптимизацией технологических параметров диффузионного процесса насыщения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б.Н. Арзамасов, А.Г. Братухин и др. Ионная химико-термическая обработка сплавов. – М: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1999. – 400 с.
2. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. – М: Машиностроение, 1976. – 256 с.
3. Бабад-Захрянин А.А., Кузнецов Г.Д. Химико-термическая обработка в тлеющем разряде. – М: Атомиздат, 1975. – 175 с.
4. Коротченко В., Белл Т. Применение ионного азотирования в обрабатывающей промышленности Великобритании. Перевод № Б-14287 – М.; 1979. – 29 с.
5. Каплун В.Г., Каплун П.В. Вплив технології нанесення дифузійних покриттів на характеристики міцності і пластичності конструкційних сталей. – Вісник Технологічного університету Поділля. – Хмельницький, 1999, № 4. – С. 131-135.

ПЕО-ПОКРИВИ НА СПЛАВАХ АЛЮМІНІЮ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЕКОЛОГІЧНОГО КАТАЛІЗУ

Каракуркчі Г.В., Сахненко М.Д., Ведь М.В.

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"
(Україна)*

Вступ. Забруднення навколишнього природного середовища вважається однією з основних проблем сьогодення. Це пов'язано з тим, що в результаті природних процесів та інтенсивної господарської діяльності в екосистемі додатково потрапляє значна кількість токсичних агентів різного походження. В результаті такого впливу змінюються основні характеристики повітря, води, землі, що, як правило, здійснює негативний вплив на життя і здоров'я живих істот, виробничі процеси та сировинні ресурси.

В сучасних умовах зниження забруднення повітряного і водного басейнів можливо здійснювати із застосуванням наукового підходу і використанням раціональних безвідходних технологій. Найбільш ефективним інструментом знешкодження забруднюючих речовин газових викидів і стічних вод до рівня гранично допустимих концентрацій є каталітичні реакції.

Науковий напрям, пов'язаний з практичним використанням каталізу в цілях охорони навколишнього середовища від забруднень різного походження, отримав визнання в світовій практиці як екологічний каталіз. Для реакцій екологічного каталізу характерно перетворення токсичних агентів в нешкідливі сполуки. Це досягається поєднанням обмеженого кола перетворень токсикантів з використанням високоселективних і поліфункціональних каталізаторів. При цьому серед численних способів очищення такий підхід є достатньо економічним.

Тому розробка вискоелективних каталітичних матеріалів для нейтралізації речовин, що забруднюють навколишнє середовище, у різних галузях промисловості, зокрема на транспорті, є актуальним і перспективним напрямом досліджень.

Для цілей екологічного каталізу найбільш поширеною і технологічною формою каталізатора є нанесення каталітично активного компонента на структуровану підкладку. Прикладом практичної реалізації такої системи є використання нейтралізаторів токсичних викидів двигунів внутрішнього згорання.

Перспективним класом сполук, що використовуються з цією метою, є оксидно-металеві системи. Такі каталізатори мають високу каталітичну активність через відхилення від стехіометрії, впровадження домішок, а також локальних хімічних утворень. Також вони тривалий час зберігають працездатність в умовах дії високих температур і тиску, що часто характерно для процесів нейтралізації токсичних компонентів. Високі показники корозійної стійкості, механічної міцності і здатність до регенерації забезпечують тривалий термін експлуатації таких матеріалів.

Доступним і перспективним способом одержання оксидно-металевих систем на високорозвинених структурованих носіях є плазмово-електролітичне оксидування (ПЕО) вентильних металів у розчинах електролітів. ПЕО полягає в оксидуванні поверхні під дією короткоживучих електричних розрядів при високій напрузі. Особливістю ПЕО є те, що в одному технологічному процесі можливе одночасне одержання високорозвиненої поверхні матеріалу-носія та шару каталітично активного матеріалу.

Зміна складу робочих електролітів і умов обробки дозволяє гнучко керувати процесом одержання каталізаторів, варіювати склад і властивості матеріалів в широких межах. Крім цього, із застосуванням ПЕО можливо обробляти деталі значних розмірів і геометрично складної форми. Це істотно розширює область використання таких каталітичних систем. Простота обладнання та нетоксичність робочих електролітів позиціонують ПЕО як екологічно безпечну ресурсозберігаючу технологію одержання каталізаторів із широкою сферою застосування [1].

ПЕО-покриви на вентильних металах (зокрема алюмінії та його сплавах), мають каталітичні властивості і широко використовуються в гетерогенному каталізі. В той же час ефективність індивідуальних оксидів не достатньо висока. Введення до складу системи Al_2O_3 додаткових компонентів суттєво збільшує ефективність каталітичної дії одержуваних оксидно-металевих систем.

Результати та обговорення. За результатами проведених експериментальних досліджень доведено можливість формування рівномірних оксидних покривів на сплавах алюмінію (А99, Д16, АМц, АК12М2МгН) в режимі ПЕО із лужних розчинів на основі КОН або $K_4P_2O_7$ з добавками $KMnO_4$ і $CoSO_4$ при наступних технологічних параметрах процесу: температура робочих розчинів 25–30°, густина струму 5...20 А/дм², кінцева напруга формування 180...240 В, загальна тривалість процесу 15...30 хвилин. Варіювання умов технологічного процесу дозволяє формувати покриви різного складу і морфології, що впливає на їх функціональні властивості.

Реалізація в режимі ПЕО одночасного перебігу процесів електрохімічного окиснення та термічного розкладання компонентів електроліту дозволяє одержувати покриви з високою адгезією до основного металу, розвиненою поверхнею, значним вмістом допантів. В запропонованих режимах на алюмінії та його сплавах сформовані оксидні покриви з вмістом мангану (до 30..36 ат.%) та кобальту (до 20...25 ат.%), послідовне ПЕО в електролітах указанного складу дозволяє формувати змішаний шар оксидів мангану та кобальту із сумарним вмістом каталітичних компонентів до 50...60 ат.%.

Морфологія поверхні змішаних оксидних покривів змінюється з інкорпорацією металів-допантів до матриці оксиду алюмінію. Включення кобальту відбувається у вигляді сфероїдних острівкових структур синьо-фіолетового кольору. ПЕО матеріалів в електроліті із вмістом мангану забезпечує формування рівномірного коричнево-чорного оксидного шару. Двостадійне оксидування з формуванням змішаного шару оксидів кобальту та мангану дозволяє одержати дрібнодисперсний поруватий покрив. Сформовані оксидні покриви мають високий ступінь розвинення поверхні, що підтверджується результатами атомно-силової мікроскопії поверхневих шарів.

Перераховані фактори є передумовою високої каталітичної активності одержаних оксидних систем. Синтезовані ПЕО-покриви за результатами тестування у модельних реакціях окиснення СО і бензолу характеризуються високою каталітичною активністю і не поступаються матеріалам із вмістом коштовних металів. ПЕО-покриви на АК12М2МгН додатково тестували в процесі згоряння і каталітичного перетворення токсичних речовин в циліндрі двигуна внутрішнього згоряння під час стендових випробувань одноциліндрового безнаддувного дизеля [2]. Найвищі показники паливної економічності демонструє манган-вмісна оксидна система. Емісія токсичних газових викидів зменшується під час використання поршня із покривом оксидами кобальту.

Висновки. Таким чином, манган- і кобальтовмісні оксидні покриви, сформовані методом ПЕО, можуть знайти застосування в технологіях екологічного каталізу для знешкодження токсичних компонентів під час використання в системах повітря- і водоочищення. Перспективним напрямком використання оксидно-металевих покривів при безпосередньому нанесенні на деталі поршневої групи ДВЗ, є застосування каталітичних матеріалів для внутрішньоциліндрового каталізу з метою зниження токсичності викидів двигунів та підвищення їх паливної економічності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Karakurkchi A. Application of oxide-metallic catalysts on valve metals for ecological catalysis / A. Karakurkchi, M. Sakhnenko, M. Ved, etc. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – Vol. 5/10 (89). – P. 12–18.
2. Parsadanov I.V. Increasing the efficiency of intra-cylinder catalysis in diesel engines / I.V. Parsadanov N.D. Sakhnenko, M.V. Ved', etc. // Вопросы химии и химической технологии. – 2017. – Vol. 52, No 6. – P. 145–151.

ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАЛАСТНИХ НАСОСІВ КОНТЕЙНЕРОВОЗА СМА CGM HERODOTE

Колебанов О.К.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Під час проведення вантажних операцій та при русі судна для попередження виникнення небезпечних ситуацій використовуються автоматичні системи баластування та кренування. Баластна система призначена для прийому в цистерни водяного баласту, перекачування і видалення його з судна з метою зміни осадки і остійності судна. При проведенні баластних операцій виникає низка проблем як технічного, так і екологічного характеру.

Зокрема, внаслідок переміщення баласту з однієї області в іншу можлива паразитна інвазія, тобто біологічне забруднення вод. Вона може призвести до безконтрольного розмноження чужорідних видів морських організмів, викликати пригнічення або витіснення місцевих видів, поширення хвороб і паразитів і інші проблеми [1, 2].

Міжнародні організації ініціюють законодавчі обмеження, спрямовані на контроль і запобігання забрудненню чужорідними організмами. Зокрема, Міжнародною морською організацією (ІМО) в 2004 р була прийнята «Конвенція з контролю та управління баластними водами і осадами» [2]. Відповідно до Конвенції з 2009 року на всіх судах повинні вживатися наступні заходи запобігання забрудненню баластними водами:

шляхом їх заміни (стандарт D1)

шляхом їх обробки (стандарт D2).

Одним з факторів, що обмежує впровадження систем очищення баластних вод, є необхідність додаткового часу на проведення обов'язкових баластових операцій, що призводить до додаткових втрат суднових компаній.

Таким чином, питання підвищення ефективності функціонування устаткування для прийняття та обробки баластних вод є актуальним, так само, як і раціональний вибір відповідного обладнання при проектуванні або модернізації суден.

Основна частина. Контейнеровоз СМА CGM HERODOTE, що розглядається в роботі, побудований у 2007 році на корейському суднобудівному заводі Samho Shipyard. Судно ходить під прапором Великобританії з портом приписки Лондон. Довжина судна складає 170 м, дедвейт 21257 т, загальна місткість контейнерів – 1700 TEU. Судно задовольняє наставленню по управлінню баластними водами GL, машинне відділення повністю автоматизоване та має змогу працювати без втручання людини не менше 24 годин.

Судно експлуатується в акваторії Середземного, Мармурового та Чорного морів, що вимагає проведення багаторазових операцій заміни баласту при переходах.

На судні встановлено баластову систему з системою очищення Seascare-BWMS Elite Marine Ballast Water Treatment System (рис. 1). Вона є комбінованою системою очищення, що використовує переваги фільтрації і технології EPT [3]. Це забезпечує високу екологічність і оптимізує розміщення системи для кожного типу судів. Адаптуючи технологію EPT, Seascare-BWMS ефективно усуває небезпечні водні організми і патогени без утворення токсичних субстанцій під час баластування і дебаластування.

Керування режимами роботи баластовою системою здійснюється за допомогою програмованого логічного контролера, який налаштований для оптимального управління комплексом. Протокол мережевої комунікації в реальному часі використовується для інтеграції Seascare-BWMS з іншими автоматичними контрольними системами на борту і забезпечує доступ до Seascare-BWMS через стандартний інтерфейс судна.

При проведенні операцій зміни баласту найбільш відповідальною ланкою є саме баластний насос, від ефективності функціонування якого в значній мірі залежить час проведення баластних операцій. Проведені дослідження показали, що подача баластного насоса може змінюватися в широких межах і при її збільшенні призводити до значного зростання споживаної потужності.

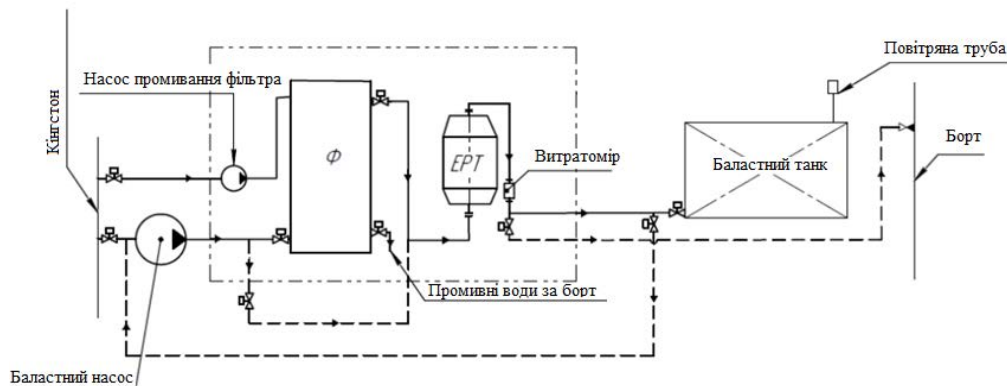


Рисунок 1 – Принципова схема обробки баластових вод контейнеровоза CMG CMA HERODOTE

Підвищення ефективності його функціонування можливе за рахунок впровадження керованого електроприводу, в якому регульованим параметром є максимальний натиск рідини. В якості регульованого електроприводу баластного насоса передбачається використання електроприводу з живленням від частотних перетворювачів фірми Stromberg.

Стабілізація напору рідини здійснюється за рахунок того, що при зменшенні тиску напір в мережі збільшується, а частота обертання електродвигуна насоса в результаті дії системи регулювання зменшується.

Частотне керування приводом насоса баластної системи забезпечує плавне регулювання швидкості в широкому діапазоні, а механічні характеристики мають високу жорсткість [4]. Крім того, регулювання швидкості при цьому не супроводжується збільшенням ковзання, тому втрати потужності при регулюванні невеликі.

Для отримання високих енергетичних показників асинхронного двигуна – коефіцієнтів потужності, корисної дії, переваантажувальної здатності - необхідно одночасно з частотою змінювати і напругу, що підводиться, відповідно до характеру механічної характеристики навантаження (вентиляторна характеристика)

Висновки. Пропонована система управління дозволяє значно скоротити час проведення операцій заміни баласту за рахунок більш ефективного завантаження баластного насоса. Застосування регульованого приводу збільшує термін служби двигуна приводу насоса і забезпечує необхідну подачу баласту і відповідну їй витрату електроенергії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ballast Water Treatment Advisory [Electronic resource]. – Houston: American Bureau of Shipping, 2011. – Mode of access : <http://www.eagle.org/eagleExternalPortalWEB/ShowProperty/BEA%20Repository/References/ABS%20Advisories/BWTreatmentAdv>.
2. Vessel details for: CMA CGM HERODOTE (Container Ship) – IMO 9360142 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.marinetraffic.com/ru/ais/details/ships/shipid:754501/mmsi:235051085/vessel:CMA%20CGM%20HERODOTE>
3. Seascope BWMS Ballast Water Treatment System [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.elit-engine.ru/data/uploads/pdf/Elite%20Marine%20Brochure.pdf>
4. Ключев В. И. Теория электропривода: Учеб. для вузов.– 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Энергоатомиздат, 2001 –704 с.

ИНВЕРСНАЯ ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРА ФОРСИРОВАННОГО ДИЗЕЛЬНОГО СУДНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Кривошей Ф.А., Клиндухова В.М.

*Государственный университет инфраструктуры и технологий
(Украина, г. Киев)*

Вступление. Определение интенсивности теплообмена между продуктами сгорания и поверхностями деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) дизеля является главной составляющей проблемы их тепловой напряженности.

Актуальность исследования. Особенно актуальна эта проблема при форсировании главных судовых дизелей в условиях непредвиденной навигационной обстановки и грубых нарушениях правил технической эксплуатации. При аварийном нагружении двигателя из «холодного состояния» ($55^0 \dots 60^0$) резко возрастает теплонапряженность прежде всего деталей ЦПГ, что может привести к их повреждениям и авариям. Для предотвращения термических повреждений и повышения эксплуатационной надежности необходимо как можно более точное знание интенсивности тепловой нагрузки, в частности, температуры. Это дает возможность прогнозировать тепловое состояние деталей ЦПГ и оценить риск их технического повреждения.

Постановка задачи. Точность количественной оценки температуры в экстремальных условиях эксплуатации зависит от точности определения граничных условий теплообмена на тепловоспринимающих поверхностях наиболее теплонапряженных деталей ЦПГ (днища поршня, крышки цилиндра и верхнего пояса цилиндрической втулки (ВПЦВ)). В литературе [1,2] описаны случаи термического повреждения ВПЦВ, связанные с повышенной тепловой нагрузкой и недостаточным охлаждением. Цель работы: Определение предельных значений температуры внутренней рабочей поверхности цилиндра, которые увеличивают риск ее термического повреждения.

Результаты исследований. Практически единственной величиной, позволяющей оценить теплонапряженность ВПЦВ, являются измеренные температуры. Сложность нестационарных гидродинамических процессов в цилиндре, высокая температура газов (до 2000 К), значительная доля лучистой составляющей (до 20%), технологические погрешности монтажа термодатчиков и другие источники ошибок [3] приводят к значительным ошибкам измерения температур непосредственно на рабочей поверхности цилиндра. Поэтому в практике исследований теплонапряженности используют результаты измерения температур на глубине 3...5 мм от поверхности [4].

На рис.1 показана схема измерения температуры ВПЦВ, а на рис.2 (кривая 1) результат измерения температуры внутри цилиндра на глубине 5 мм.

Теплонапряженность ВПЦВ определяется температурой на его поверхности, следовательно, задача заключается в восстановлении этой температуры по измерениям внутри цилиндра. По сути, это инверсная задача (inversion (лат.) – перестановка), в которой по следствию (температурам на глубине 5 мм) надо восстановить причину (температуру на поверхности цилиндра). Инверсия приводит к нарушению (неустойчивости) причинно-следственной связи. В данном случае это выражается в том, что малые ошибки измерений температуры внутри цилиндра (следствие) приводят к значительным ошибкам восстановления температуры на поверхности ВПЦВ (причины).

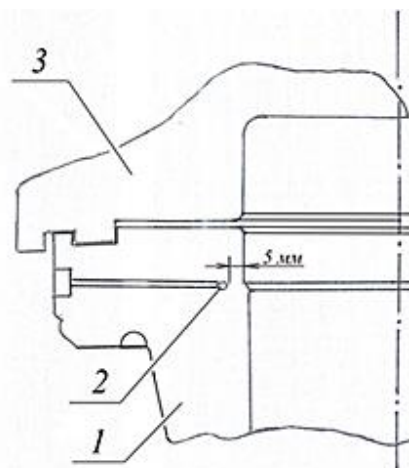


Рисунок 1 – Схема измерения температуры цилиндра дизеля MAN K9Z 70/120 на глубине 5мм от рабочей поверхности; 1-цилиндр; 2 – термопара; 3 – крышка цилиндра

Теплофизические свойства материала цилиндра (легированного чугуна) слабо зависят от температуры, поэтому его теплопроводность описывается линейным уравнением Фурье, а температура поверхности полого цилиндра $T(0, t)$ определяется решением интегрального уравнения :

$$T(x, t) = \frac{x}{2\sqrt{a\pi}} \int_0^t T_0(t - \tau) \tau^{-1,5} \exp\left(-\frac{x^2}{4a\tau}\right) d\tau \quad (1)$$

где $T(x, t)$ – температура цилиндра на глубине $x = 5$ мм;
 $a = 2 \cdot 10^{-4}$ м²/мин – температуропроводность цилиндра.

Математически неустойчивость причинно-следственной связи инверсной задачи определения $T_0(t)$ выражается в том, что решение интегрального уравнения Вольтерра I рода (1) для $T_0(t)$ неустойчиво относительно ошибок левой части уравнения. По характеру функций $T(x, t)$ и $T_0(t)$ можно полагать, что они относятся к пространству функций умеренного роста с интегрируемым квадратом. Тогда изображение по Лапласу уравнения (1) имеет вид

$$T(x, s) = T_0(s) \exp\left(-x \sqrt{\frac{s}{a}}\right) \quad (2)$$

Регуляризация уравнения (1) путем статистического преобразования Лапласа [5] в квадратичном приближении $T_0(s) = (1 + \sigma_t^2 s) \bar{T}_0(s)$ приводит к интегральному уравнению Вольтерра II рода относительно статистически среднего значения $\bar{T}_0(s)$

$$T(x, t) = \sigma_t^2 \bar{T}_0(t) + \frac{x}{2\sqrt{a\pi}} \int_0^t T_0(t - \tau) \tau^{-1,5} \exp\left(-\frac{x^2}{4a\tau}\right) d\tau \quad (3)$$

решение которого устойчиво относительно ошибок измерения $T(x, s)$, величины которых в [1] не сообщаются. По данным ошибок, можно принять величину дисперсии $\sigma_t^2 = 0,05 \dots 0,10$. Результаты измерений температуры при $x = 5$ мм в диапазоне $60^\circ \dots 260^\circ\text{C}$ аппроксимированы параболой $T(x, s) = -1,73t^2 + 37t + T_H$ с погрешностью не более 2,3%, где $T_H = 60^\circ\text{C}$ - начальная температура при $t = 0$. Решение для $\bar{T}_0(t)$ в изображении имеет вид

$$\bar{T}_0(s) = \left(-\frac{3,5}{S^3} + \frac{37}{S^2}\right) \exp\left(\frac{x}{\sqrt{a}} \sqrt{s}\right) \quad (4)$$

В таком виде переход $\bar{T}_0(s)$ в пространство оригинала невозможен. Поэтому разложим экспоненту в (4) в ряд с достаточным удержанием первых четырех членов ряда

(погрешность не более 2%). Переходя к оригиналу, получаем температуру на поверхности ВПЦВ

$$\bar{T}_0(t) = (-1,75t^2 + 37t - t^{1,5} + 16,3t^{0,5} + 2,5) \cdot (1 + \sigma_t^2) \quad (5)$$

при $\sigma_t^2 = 0,10$ показана на рис.2 (кривая 2).

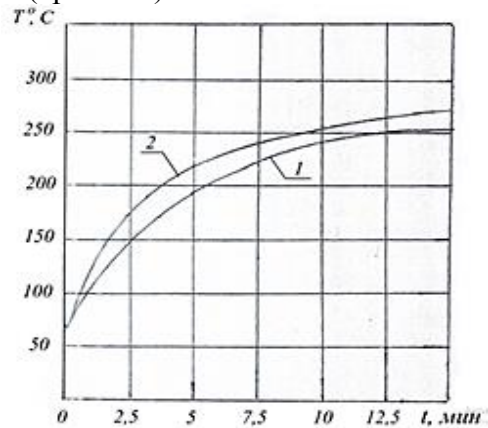


Рисунок 2 – Температура верхнего пояса цилиндра; 1 – измеренная на глубине 5 мм; 2 – восстановленная температура рабочей поверхности

Выводы: восстановленная температура рабочей поверхности цилиндра $\bar{T}_0(t)$ при $t = 12,25$ мин составляет $\sim 260^\circ\text{C}$, что на 40°C выше номинальной, при такой температуре возникает риск термического повреждения ВПЦВ. Для предотвращения этого рекомендуется увеличить расход охлаждающей воды в зарубашечном пространстве цилиндра, что малоэффективно, так как снижает температуру поверхности всего на $2^\circ \dots 3^\circ\text{C}$. Наиболее эффективным является впрыск в цилиндр мелкодисперсионной воды во время такта выпуска для водоиспарительного охлаждения непосредственно поверхности цилиндра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овсянников М.К., Давыдов Г.А. Тепловая напряженность судовых дизелей. Л.: Судостроение, 1975. - 260с.
2. Кондратьев Н.Н. Отказы и дефекты судовых дизелей. М.: Транспорт, 1985. - 152с.
3. Кунце Х. Методы физических измерений. М.: Мир, 1989. - 266с.
4. Ваншейдт В.А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Л.: Судостроение, 1977. - 392с.
5. Панин В.В., Кривошей Ф.А., Семин А.А. Статистический метод обработки экспериментальных данных о кипении водных растворов полимеров. Доповіді НАН України. - 2018, №2. - С.50-57 doi: <https://doi.org/10.15407/dopovidi2018.02.050>

ВЛИЯНИЕ ИЗОВАЛЕНТНОГО РАСТВОРИТЕЛЯ НА ПАРАМЕТРЫ P-I-N-ДИОДОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА СУДОВЫХ УСТАНОВКАХ

Лебедь О.Н.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Введение. Высоковольтные быстродействующие переключающие р-і-п-диоды на основе GaAs служат неотъемлемой частью для управления тиристорного блока преобразователя частоты на судовых установках [1].

Использование материалов с большей, чем у кремния, величиной ширины запрещенной зоны позволяет повысить верхний предел рабочих температур полупроводниковых приборов, при этом более высокие напряжения пробоя дают возможность приборам работать при большей мощности.

Получение высокоомного слоя возможно при легировании расплава амфотерной примесью. Для GaAs такой амфотерной примесью является кремний. Основным параметром при этом является температура инверсии. Температура, при которой происходит смена типа проводимости, называется температурой инверсии. Изменить температуру инверсии, а следовательно и параметры структур можно с помощью изменения состава жидкой фазы. Это можно достичь, добавив в расплав изовалентный металл-растворитель [2].

Целью работы является изучение динамики изменения люминесцентных и электрофизических параметров ЭС GaAs:Si в зависимости от состава жидкой фазы при использовании изовалентного металла-растворителя висмута в контексте использования их для р-і-п-диодов, в качестве управления тиристорного блока преобразователя частоты на судовых установках.

Эпитаксиальные слои выращивали методом принудительного охлаждения из ограниченного объема насыщенного раствора GaAs в галлий-висмутовом расплаве, содержащем примесь кремния. Содержание висмута в расплаве изменяли от 0 до 0,24 ат.% при постоянных значениях содержания кремния, равных 0 и 0,8 ат.%. В качестве подложки использовали монокристаллический n-GaAs(Sn) с равновесной концентрацией носителей при 300K $n_0=5 \cdot 10^{17} \text{ см}^{-3}$ и ориентации (100).

ЭС нелегированного GaAs, выращенные из галлий-висмутового расплава, имели n-тип проводимости с концентрацией носителей $n \approx 2 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-3}$. Спектр фотолюминесценции таких структур состоял из одной краевой полосы, характерной для чистого GaAs, положение которой не изменялось при увеличении доли висмута в расплаве. Добавка в раствор-расплав легирующей примеси кремния, в размере $C_{\text{Si}}^I=0,8 \text{ ат.}\%$, приводила к образованию р-п переходов в ЭС.

При небольших добавках висмута в расплаве, ($C_{\text{Bi}}^I \leq 0,1 \text{ ат.}\%$), спектр ЭЛ р-п структур GaAs:Si также содержал одну краевую полосу излучения, аналогичную для нелегированного GaAs. При увеличении содержания висмута в жидкой фазе в спектре ЭЛ появлялась дополнительная низкоэнергетическая полоса излучения, с энергией максимума 0,98Эв. При этом ее положение не изменялось с увеличением доли висмута в жидкой фазе, в то время как максимум краевой полосы излучения смещался в длинноволновую область. Полуширина ее при этом не изменялась.

Внешний квантовый выход излучения не зависел от содержания висмута в растворе-расплаве при $C_{\text{Bi}}^I \leq 0,05 \text{ ат.}\%$ и уменьшался с его ростом при более высоких содержаниях. Время спада интенсивности (время затухания) ЭЛ уменьшалась с увеличением содержания висмута в растворе-расплаве во всем интервале ее изменений.

Смещение энергии максимума краевой полосы излучения ЭЛ связано с увеличением концентрации легирующей примеси кремния в твердой фазе. Возрастание концентрации кремния в твердой фазе связано, по-видимому, с уменьшением растворимости мышьяка при наличии висмута.

Из приведенных результатов следует, что наличие висмута в растворе-расплаве приводит к увеличению амплитуды флуктуаций примесного потенциала и к уменьшению их масштаба. Отсутствие увеличения внешнего квантового выхода при небольших добавках висмута связано, по-видимому, с увеличением концентрации дефектов структуры с ростом C_{Bi}^I , о чем свидетельствует возрастание интенсивности длинноволновой полосы излучения с $h\nu_m=0,98$ эВ, связываемой в арсениде галлия с дефектами.

Уменьшение времени спада интенсивности излучения с увеличением содержания висмута в растворе-расплаве обусловлено, очевидно, как уменьшением масштаба примесного потенциала, так и увеличением роли безизлучательной рекомбинации.

Увеличение C_{Bi}^I усиливает дефектообразование растущего слоя, так как атомы висмута по своим параметрам значительно отличаются от атомов мышьяка, а также увеличивают концентрацию захваченного кремния, что в свою очередь, приводит к усилению безизлучательной рекомбинации. Об увеличении концентрации дефектов свидетельствует также рост интенсивности длинноволновой полосы ЭЛ с максимумом 0,98 эВ и энергией активации температурного гашения $\Delta E \sim 0,475$ эВ, природа которой связывается с дефектообразованием в GaAs.

Выводы. Таким образом, добавка в раствор-расплав Ga-GaAs, с легирующей примесью кремния, изовалентной примеси висмута не образует твердого раствора замещения, а оказывает влияние на характер распределения легирующей примеси и образования дефектов структуры ЭС. Это в свою очередь позволяет, в определенной степени, управлять параметрами p-i-n структур GaAs:Si, выращиваемых из галлий-висмутовых расплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А.В. Экспериментальные исследования системы электродвижения переменного тока с полупроводниковым преобразователем / А.В. Григорьев // Судостроение, 2007, №3, с. 30 – 32.
2. Е.А. Баганов. Управление структурными свойствами GaAs при эпитаксии из жидкой фазы. / Е.А. Баганов, О.Н. Лебедь, В.Ф. Коваленко, С.В. Шутов. // Вестник ХНТУ. - 2007 № 3(29). -С. 60-62.

УМЕНЬШЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЧАСТОТЫ

Лебедь О.Н.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Одним из актуальных вопросов энергосбережения является снижение затрат на электрическую энергию путем улучшения технико-экономических показателей технических средств водного транспорта.

Полупроводниковые силовые диоды являются неотъемлемыми элементами электрических установок. Применение диодов дает возможность кратковременной работы с перегрузкой по напряжению при аварийных режимах работы преобразователей, позволяет увеличить надежность электрических схем и дает возможность уменьшить мощность потребления энергии электрическими установками.

Высоковольтные быстродействующие переключающие р-і-п-диоды на основе GaAs служат неотъемлемой частью для управления тиристорного блока преобразователя частоты на судовых установках [1].

Следует отметить, что формирование і-слоя, при жидкофазной эпитаксии арсенид галлия, возможно при легировании раствора-расплава амфотерной примесью вблизи температуры инверсии (температура при которой происходит смена типа проводимости). Наличие температуры инверсии дает возможность не только выращивать р-п переходы, но и дает возможность также выращивать высокоомные сильно компенсированные ЭС вблизи температуры инверсии [2].

Р-слой, выращенный на подложке, стоит рассматривать в качестве буферного слоя на который будет наращиваться і-слой. При этом состав и размеры буферного слоя будет существенно влиять на тепловой режим работы р-і-п-диод. Соответственно должны быть особые требования к составу буферного слоя и технологии его получения.

Целью работы является нахождение оптимального состава буферного слоя GaAs – GaAlAs с наименьшими тепловыми потерями на р-і-п структуре.

Эпитаксиальные слои выращивали путем принудительного охлаждения раствора-расплава в вертикальном реакторе в атмосфере очищенного диффузией через палладиевый фильтр водорода. Температура начала эпитаксии составляла 880°C, скорость охлаждения – 0,5 °C/мин, расстояние между подложками – 1,2 мм.

Одним из технологических моментов получения структур с меньшим прямым падением напряжения является размер структуры. То есть, целесообразно после завершения формирования структуры удалить подложку. Удаление подложки механическим способом ведет к невозможности получения оптимальных размеров и к бою определенного количества структур. Предпочтительным является селективное травление подложки, что также предъявляет свои требования к составу буферного слоя, так как недостаточная селективность при удалении подложки приводит к растратам анодной стороны структуры и резкому повышению обратных токов утечки.

Изменением состава жидкой фазы (варьирования доли галлия и алюминия) происходит формирование эпитаксиального слоя определенного состава. Последующим травлением в селективном травителе, на основе перекиси водорода и аммиака, получили следующий состав буферного слоя. Отношения Ga к Al должно быть не менее 2,7-2,8. При отношении менее 2,5 наблюдается изменение зонной структуры и переход к непрямым зонным переходам, что ведет к уменьшению уровня легирования и увеличению прямого падения напряжения.

Таким образом, существует оптимальный состав буферного слоя GaAs – GaAlAs для травления подложки в селективном травителе с целью уменьшения толщины структуры, ведущий к уменьшению прямого падения напряжения. При этом соотношение Ga к Al должно лежать в диапазоне 2,7- 2,8, соответствующее стехиометрическому составу. Данное техническое решение дает возможность уменьшить тепловые потери при использовании р-і-п-диодов в преобразователях частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Григорьев А.В. Экспериментальные исследования системы электродвижения переменного тока с полупроводниковым преобразователем / А.В. Григорьев // Судостроение, 2007, №3, с. 30 – 32.
2. Лебедь О.М. Спосіб отримання епітаксійних структур арсеніду галію для фотовольтаїчних детекторів рентгенівського діапазону випромінювання. / Лебедь О.М., Шутов С.В., Краснов В.О. // Патент на корисну модель № 39071. Заявка u200803868. Бюл.№3, 10.03.2009 р.

КОМПЛЕКСНАЯ СУДОХОДНАЯ УСТАНОВКА УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ

Леонов В.Е., Ермоленко Я.В.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Нефтедержавные, подсланевые воды образуются на судах при нормальной эксплуатации судовых энергетических установок (СЭУ). Согласно правилам МАРПОЛ-73/78 (Приложение I) подсланевые воды категорически запрещено сбрасывать в морскую среду [1]. Их собирают в специально установленные судовые емкости для последующей сдачи на береговые установки для очистки.

В работе [2] описана организация очистки судовой подсланевой воды, судовые технические средства для очистки нефтедержавной воды (НВ), предотвращение загрязнения морской, окружающей среды при аварийных разливах нефти и нефтепродуктов. В работе [3] предложена стратегия природоохранной деятельности при эксплуатации судов на внутренних водных путях и на море. Принципы нормирования загрязнения окружающей природной среды техногенными системами приведены в работе [4]. В Международном кодексе ISM Code [5] предписаны основные регуляторы управления безопасной эксплуатацией судов и предотвращения загрязнения морской среды.

Скорость образования НВ, $V_{пв}$, м³/сут, при нормальной эксплуатации судов может быть описана уравнением, приведенным в работе [6]:

$$V_{пв} = \left(\frac{G_M}{20,836} \right)^{0,36} + 0,16 \left(\frac{T_i}{T_p} \right)^{2,7} - 0,33 \quad (1)$$

Актуальность исследования. Углеводороды (УВ), попадающие в морскую среду, угнетают морепродукты, загрязняют морскую среду и ухудшают ее качество.

Очистка НВ представляет довольно сложную техническую задачу, которая характеризуется высокими капиталовложениями, большими расходами энергоматериальных ресурсов, высокой стоимостью очистки.

Постановка задачи. В работе поставлена цель – разработать мобильную эффективную самоходную установку для очистки и утилизации НВ, что позволит снизить ущерб морской, окружающей среде, повысить экономические показатели рейса.

Для приготовления сорбентов для поглощения УВ использованы методы химической нейтрализации, жидкофазных реакций окисления и восстановления, гранулирование сорбента осуществлялось в псевдооживленном слое с инертной насадкой. Прибор для определения концентрации УВ в морской воде – концентратомер КН -247 с диапазоном измеряемых концентраций от 1 до 1500 ppm УВ.

Результаты исследований. Самоходная установка предназначена для приема с судов НВ, а также очистки морских акваторий от аварийных сбросов нефти и нефтепродуктов (рис. 1).

Стадии процесса очистки, утилизации НВ, реализуемых на самоходной установке:

- 1) сепарация (секция А), степень очистки α_1 составляет 25-35 %;
- 2) напорная скоростная флотация (секция А), α_2 составляет 70-85 %;
- 3) адсорбция УВ на уникальном сорбенте, нефтеемкость которого достаточно высокая –45 г УВ/г сорбента(секция А), α_3 составляет 99,99 %;
- 4) регенерация насыщенного адсорбента(секция А)

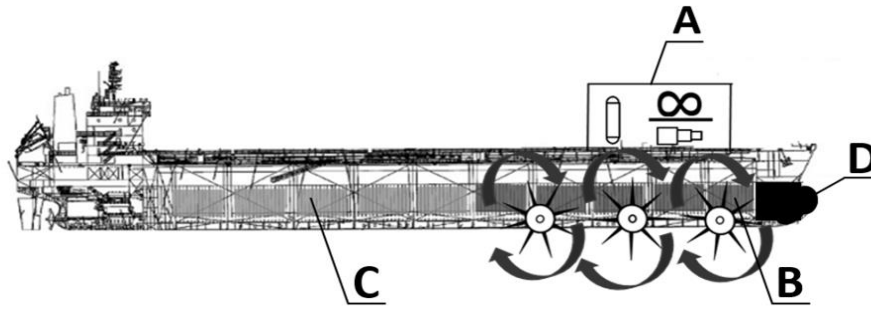


Рисунок 1 – Плавучая самоходная станция для очистки и утилизации судовых НВ, сбора углеводородов с морской поверхности модели ВЛ-152.

Предложено для создания судоходной станции использовать танкер, носовая часть которого выполнена в виде усеченного конуса и снабжена аппарелью, на которой установлен узел вращающихся в вертикальной плоскости щеточных пластин. В горизонтальной плоскости аппарели установлены щеточные пластины, вращающиеся в горизонтальной плоскости и снабжены гребешками для снятия нефти с щеток. Собранная нефть в смеси с морской водой загружается в емкости танкера для последующей утилизации и очистки на борту танкера (секция В). Очищенная от УВ морская вода (не более 15 ppm УВ) собирается в танках (секция С). Выделенные УВ из нефтесодержащей морской воды собираются в секции D.

Уникальность разработки заключается в реализации п. п. 3, 4 указанных выше стадий процесса, выгодно отличающихся от известных в мире, и защищённых патентами.

В патенте Украины [7] предложены способ очистки морской среды от нефтепродуктов с помощью селективного и высокопродуктивного сорбента, эффективная экономически обоснованная и экологически безопасная технология регенерации насыщенного углеводородами сорбента с целью последующего его использования в цикле поглощения нефтепродуктов с морской поверхности.

В результате реализации самоходной утилизационной установки решаются две важные проблемы:

- снижается ущерб морской, окружающей среде от углеводородов;
- повышается экономичность за счет возврата «бросовых» нефтепродуктов с последующим их использованием в качестве судового топлива.

Способы флотационной очистки НВ, льяльных вод приведены в работах [6,8,9].

Адсорбция УВ из морской воды происходит за счет физических сил и химических сил (рис.2).

Необходимо отметить, что с увеличением расстояния от поверхности сорбента, физические и химические силы снижаются.

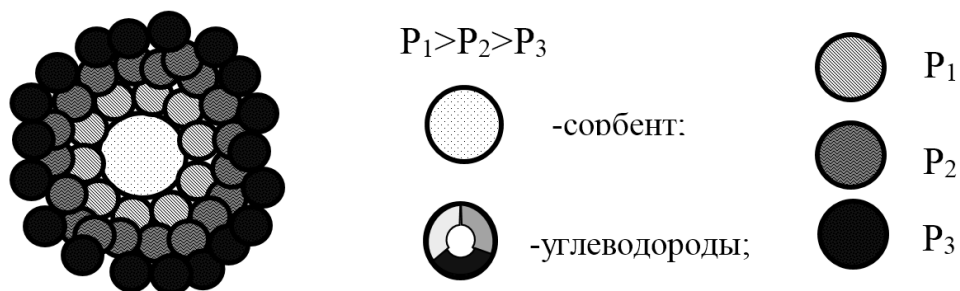


Рисунок 2 – Принципиальная схема адсорбции углеводородов на сорбенте

Создание судоходной установки по сбору, очистки и утилизации УВ представляет насущную, практическую проблему, позволяющую решить двух- векторную задачу – повысить экономические показатели морских грузоперевозок и обеспечить экологическую безопасность морской среды [8,9]. Мобильность самоходной установки на базе танкера позволит оперативно собирать с морской поверхности УВ, сброшенных в морскую среду в результате аварийных ситуаций, в процессе морского перехода откатывать из рейсовых судов НВ на очистку и утилизацию. Экономический аспект – утилизация углеводородов с последующим их использованием в качестве судового топлива. Экологический аспект – снижение абсолютного ущерба морской среде, воздушному бассейну от углеводородов.

Представляет практический интерес процесс утилизации паров УВ из паровоздушной среды, образующейся при загрузке, выгрузке и транспортировке УВ танкерным флотом (рис.3), а именно – снижается выброс УВ в атмосферу и, соответственно, ущерб воздушному бассейну и повышается экономическая эффективность за счет утилизации паров углеводородов[6,8,9,10].

Технология улавливания паров углеводородов соответствует Киотскому протоколу 1997 года (Япония), Парижскому Соглашению СОР – 21 (2015 год) о сокращении эмиссии компонентов «парниковых» газов[8,9].

Срок окупаемости установки утилизации паров УВ составляет 2–3 года в зависимости от производительности установки и стоимости нефти на Мировом рынке.

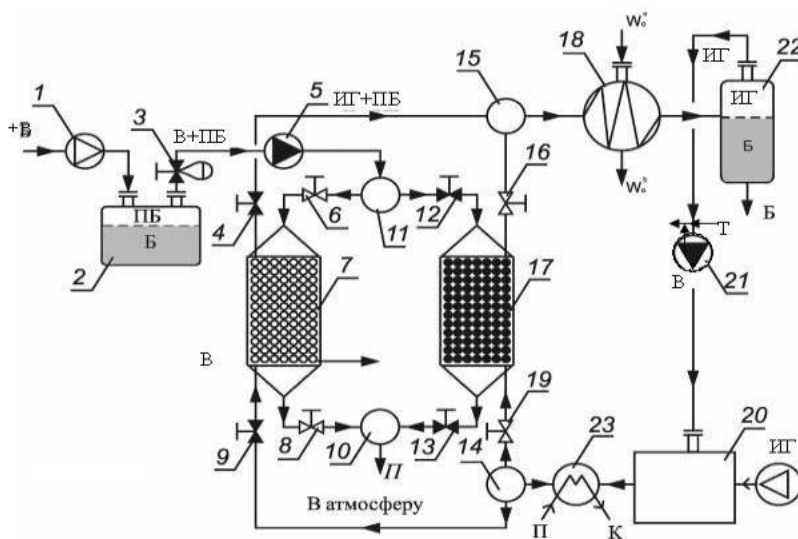


Рисунок 3 – Принципиальная схема улавливания паров углеводородов [8,9,10]

В последнее время Международной Морской Организацией принят ряд резолюций, направленных на снижение расхода судового топлива, соответственно, снижения эмиссии компонентов «парниковых» газов при эксплуатации судов, уровня загрязнения окружающей среды, в частности реализация на морском транспорте Плана Управления Энергетической Эффективности Судна, проведения расчетов Достигнутого Операционного Коэффициента Энергетической Эффективности Судна/ Рейса [11-16].

Выводы. 1. Проведен анализ и обобщение научно-технических материалов по очистке нефтесодержащих вод, который показал недостатки существующих методов, как по скорости очистки, так и по степени очистки, отсутствию в мобильности по сбору углеводородов с морской поверхности, так и откатки их с рейсовых судов, низкие экономические показатели процесса.

2. Предложена современная технология очистки и утилизации нефтесодержащих вод с целью реализации ее в составе самоходной установки на базе использования ранее эксплуатировавшихся на морском и речном флоте танкеров, химогазовозов.

3. Создание самоходной морской установки позволит снизить риск, ущерб морской, окружающей среде, повысит энергоэффективность за счет утилизации «бросовых» углеводородов и снижения затрат на очистку нефтесодержащих вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. MARPOL Consolidated edition 2011: Articles, Protocols, Annexes and Unified Interpretations of the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 as modified by the 1978 and 1997 Protocols. – London: CPI Group, 2011. – 447 p. – ISBN 978-92-81-15-32-1.
2. Решняк В.И. Охрана окружающей среды на водном транспорте: учебное пособие./В.И. Решняк.– СПб.: ГУМРФ им. адм. С.О. Макарова, 2010.–106 с.
3. Решняк В.И. Стратегия природоохранной деятельности при эксплуатации судов на внутренних водных путях и на море./ В.И. Решняк, В.Е. Леонов //Материали Міжнародної науково-практичної конференції MINTT-2011, том 2, с.277-280.
4. Решняк В.И. Нормирование загрязнения окружающей природной среды техногенными объектами: учебное пособие/ В.И. Решняк. СПб: СПГУВК, 2008–37 с.
5. ISM Code: London: IMO. 2010.–73 p.
6. Леонов В.Е. Основы экологии и охрана окружающей среды. Монография./ В.Е. Леонов, В.Ф. Ходаковский, Л.Б. Куликова/ Под редакцией профессора Леонова В.Е.. Херсон: ВЦ ХДМА,- 2010. -352 с.: рос. мовою.
7. Патент № 37 417 України на корисну модель «Спосіб сорбційного очищення гідросфери від нафтопродуктів»/ В.Є Леонов, від 25.11.2012.Бюл. №1—7 с.
8. Леонов В.Е. Экология и охрана окружающей среды. Учебное пособие /В.Е. Леонов, А.В. Ходаковский/ . Под редакцией профессора Леонова В.Е. Херсон: ВЦ ХДМА.- 2016,-348 с. ISBN 978-966-2245-34-9.
9. Леонов В.Е. Защита окружающей среды. при эксплуатации судов: Монография./ В.Е. Леонов .В.И. Дмитриев. М.: МОРКНИГА.-2017.-252 с.
10. Патент №20 680 України на корисну модель «Утилізація парів вуглеводнів» В.Є. Леонов, І.А. Кареев, Г.А Рогожа, В.І. Корсунський, від 15.02.2009. Бюл.№1, с.7
11. Leonov V.Ye. The Ways of Increasing Enviromental – Economic Efficiency of Technological Systems (Based on Marine Transport). The Scientific Heritage /-Hungary. Budapest Journal.– 2016. Vol.1. 5(5). P. 72-77.
12. Патент № 100 295 України на корисну модель. «Спосіб захисту повітряного басейну від сірчистих сполук». / В.Є. Леонов, від 27.07.2016. Бюл. №14—9 с.
13. Пивоваров Л.А. Разработка плана управления энерго-эффективностью судна (ПУЭЭС) для танкеров./Л.А. Пивоваров. –//Науковий Вісник. – Херсон: ВЦ ХДМА. 2013. – 7-10 с.
14. Guidelines for voluntary use of the ship energy efficiency Operational indicator (EEOI). – London: IMO, 2009. – 75 p.
15. Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP): SEEMP template for owners and operators. – London: Lloyd's Register, 2012. – 72 p.
16. IMO – MODEL – COURSE 1.38 – MARINE INVIROMENTAL AWARENESS. LONDON: IMO , MEPC .—2010.- 37 p.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ КВАРЦОВИХ ТРУБ В ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИЛАДІВ

Литвиненко В.М.

*Херсонський національний технічний університет
(Україна)*

Дощенко Г.Г.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вікулін І.М.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова
(Україна)*

Анотація. Розглянуто стандартні методи очищення кварцових труб, які використовуються у виробництві напівпровідникових приладів в процесах дифузії бору, та їх недоліки. Наведені експериментальні результати та проаналізовані механізми впливу додаткової обробки кварцової труби водяною парою перед її обробкою в плавиковій кислоті на якість очищення труб. Показана ефективність запропонованої технології очищення кварцових труб щодо покращання електричних параметрів захисних шарів SiO₂, вирощених в цих трубах.

Ключові слова: кварцові труби, боросилікатне скло, водяна пара, очищення, плівка SiO₂.

Вступ. Кварцові труби у складі дифузійних печей широко застосовуються у виробництві напівпровідникових приладів і інтегральних схем в якості високотемпературного реактора для проведення процесів термічного окислення, дифузії домішок, різного високотемпературного відпалу [1, 2]. У виробництві р⁺- n діодів кварцові труби використовуються для дифузії бору. В процесі дифузії на внутрішніх стінках кварцових труб і в порах в кварці утворюється боросилікатне скло, що є хорошим гетером. При температурах дифузії бору (950-1100°C) боросилікатне скло інтенсивно адсорбує різні домішкові атоми, гази і пари. Домішки, що містяться в кварці, можуть проникати в р-n - структури, що виготовляються, знижуючи їх вихід. У серійному виробництві кварцові труби за свій термін служби (приблизно один рік) підлягають періодичному очищенню з інтервалом в один місяць.

Очищення кварцових труб представляє значну трудність. Особливо важкорозчинними є плівки боросилікатного скла, що утворюються на поверхні труб в процесі дифузії бору. Для їх видалення, зазвичай, використовують комплексну хімічну обробку. Одним з традиційних способів очищення кварцового оснащення і, зокрема кварцових труб, являється очищення у два етапи [3]. На першому етапі здійснюється хімічна обробка оснащення в царській горілці впродовж години, промивання в дистильованій воді і сушка спиртом. Другим етапом є нагрів оснащення до 1100-1500°C в суміші хлору, хлористого водню і чотирихлористого вуглецю.

До недоліків методу слід віднести:

1. Застосування методу не забезпечує видалення з поверхні кварцу, що містить небажані домішки, плівки боросилікатного скла, оскільки вона є практично нерозчинною в подібних травниках.

2. Висока токсичність методу в результаті застосування хлорвмісних газів, що вимагає застосування спеціального дорогого устаткування.

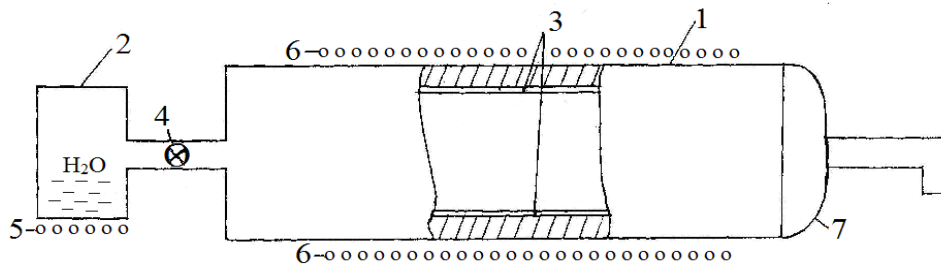
Інший відомий спосіб очищення полягає в обробці кварцового оснащення в концентрованій плавиковій кислоті і подальшого промивання у воді [4].

Основним недоліком відомого способу є те, що його застосування для очищення кварцових труб не забезпечує повного видалення з поверхні кварцу плівки боросилікатного скла, що утворюється в процесі дифузії, тому що остання є важкорозчинною у подібних травниках, особливо у випадках, коли до складу боросилікатного скла входить важкорозчинна фаза типу Si – B (наприклад, SiB_4 , SiB_6 та ін.) [5].

Формула боросилікатного скла: $(\text{B}_2\text{O}_3)_m (\text{SiO}_2)_n$, де m і n можуть мати різні значення. Борний ангідрид B_2O_3 утворює з двоокисом кремнію SiO_2 безперервний ряд твердих розчинів в широкому діапазоні концентрацій і його вміст у боросилікатному склі може змінюватися від 0 до 80%. При надлишку бору можливе утворення важкорозчинних з'єднань типу Si - B, що мають коричневий колір [6]. Наявність фази Si - B у складі боросилікатного скла практично виключає розчинення і подальше видалення таких плівок за допомогою хімічних травників [3, 5]. Очевидно, що для видалення з поверхні кварцових труб плівок боросилікатного скла за наявності в їх складі фази Si - B необхідно, якимсь чином, змінити склад скла, зменшивши його в'язкість.

Постановка задачі. Задачою даної роботи є розробка технології очищення кварцових труб, які використовуються при дифузії бору у виробництві напівпровідникових приладів, технологічні можливості якої забезпечили б можливість підвищення ефективності очистки.

Основна частина. Запропонована технологія очищення кварцових труб полягає в наступному [2]. Кварцову трубу 1, що підлягає очищенню, підключають до парогенератора 2 (рис. 1), заправленого деіонізованою водою з питомим опором ($\rho \geq 18$ МОм), і проводять обробку внутрішньої поверхні труби водяною парою з метою дії на плівку боросилікатного скла 3.



Риснок 1 – Схема проведення експерименту: 1 - кварцова труба; 2 - парогенератор; 3 - шар боросилікатного скла на стінці кварцової труби; 4 – вентиль; 5 – нагрівач парогенератора; 6 - нагрівач дифузійної печі; 7 - заглушка

При цьому кварцова труба знаходилася в дифузійній печі при $T = 750^\circ\text{C}$. Тривалість обробки труби водяною парою складає 30 хв. Після обробки водяною парою кварцову трубу поміщають у ванну з концентрованою плавиковою кислотою і, обертаючи навколо подовжньої осі, витримують в ній впродовж 25 хв. Потім трубу промивають проточною деіонізованою водою на протязі 30 хв. і продувають сухим азотом для видалення крапель вологи. Далі оброблену трубу поміщають в дифузну піч і відпалюють при температурі проведення процесу дифузії ($T = 1000^\circ\text{C}$) в потоці аргону впродовж 2 годин з метою остаточного видалення вологи.

Для випробування розробленої технології очищення кварцових труб було вибрано дві кварцові труби, які до цього впродовж місяця використовувалися при проведенні дифузії бору в кремнієві структури з використанням твердого джерела дифузії бору BN [6]. Одна з труб була оброблена у відповідності з розробленою технологією. Інша труба оброблялася за базовою технологією [4]. Якщо порівняти базову і розроблену технологію очищення кварцових труб то, очевидно, що відмінність двох технологій очищення полягає тільки в додатковій обробці труб водяною парою перед хімічним очищенням (розроблена технологія).

Ефективність використання розробленої технології очищення кварцових труб визначалася таким чином. Кремнієві пластини n - типу провідності з питомим опором 2 Ом · см окислювали в кварцовій трубі термічного окислення ($T_{ок} = 1050^{\circ}\text{C}$) до отримання на їх поверхні плівки двоокису кремнію SiO_2 завтовшки 0,15мкм. Пластини з вирощеною плівкою SiO_2 розділили навпіл. Одну з половинок кожної пластини відпалювали в одній з труб, оброблених за базовою технологією, іншу - в трубі, оброблену у відповідності з розробленою технологією. Режим відпалу пластин відповідав режиму проведення процесу дифузії бору: $T = 1000^{\circ}\text{C}$, час - 30 хв, середовище - суміш кисню і аргону (1: 60). Потім на половинки пластин, що відпалювались, напилили плівку алюмінію, провели фотолітографію по шару алюмінію. На отриманих МОН-структурах Si - SiO_2 - Al розраховували середню величину сумарного заряду Q_{ss} і щільність поверхневих станів N_{ss} на межі розділу Si - SiO_2 за методикою, приведеною в роботі [7]. Порівняння «зарядових» характеристик плівки SiO_2 , що відпалювалась, і стало оцінкою якості базової і запропонованої технології очищення кварцових труб. Результати виміру «зарядових» характеристик оксиду на пластинах, що відпалювались в кварцових трубах, приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Залежність «зарядових» характеристик на межі розділу Si - SiO_2 від способу очищення кварцових труб

Технологія очищення кварцової оснастки	$Q_{ss} \cdot 10^{-10}$, Кл	$N_{ss} \cdot 10^{11}$, см ⁻²
Базова технологія очищення	4,3	3,4
Запропонована технологія очищення	2,2	1,8

Як видно з таблиці 1, використання запропонованої технології очищення кварцових труб дозволяє істотно зменшити величину сумарного заряду Q_{ss} і щільність поверхневих станів N_{ss} на межі розділу Si - SiO_2 , що є найважливішими характеристиками захисних шарів SiO_2 , які визначають якість електричних параметрів напівпровідникових приладів, а також їх стабільність.

Висновки. Істотне підвищення ефективності очищення кварцових труб при використанні розробленої технології можна пояснити наступним чином. Під впливом водяної пари, очевидно, відбувається окислення фази Si - В, що входить до складу боросилікатного скла, а також зміна в'язкості скла. Це значно покращує розчинність плівки боросилікатного скла при подальшій обробці кварцової труби в плавиковій кислоті. Водяна пара, глибоко проникаючи в пори кварцу, забезпечує його очищення від плівок боросилікатного скла і, отже, від домішкових забруднень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Готра З.Ю. Фізичні основи електронної техніки / З.Ю. Готра, І.С. Лопатинський, Б.А. Лукіянець і т. ін. – Львів: Бескид Біт, 2004. – 880с.
2. Деклараційний патент на винахід №52390А Україна, МПК 7 С01В35/00. Спосіб очистки кварцової оснастки, використовуваної при дифузії бору / В.М. Литвиненко, С.В. Литвиненко. - № 2002043305; заявл. 22.04.2002; опубл. 16.12.2002, Бюл. №12.
3. Маслов А.А. Технология и конструкции полупроводниковых приборов / А.А. Маслов. – М.: Энергия, 1970. – 296с.
4. Мокеев О.К. Химическая обработка и фотолитография в производстве полупроводниковых приборов и микросхем / О.К. Мокеев, А.С. Романов.- М.: Высшая школа, 1979. - 272с.

5. Голубев В.П. Образование труднорастворимых соединений при диффузии бора в кремний / В.П. Голубев // Электронная техника. Сер.2. Полупроводниковые приборы. - Вып. 8(80), 1973. – С. 45-53.

6. Коледов Л.А. Технология и конструкции микросхем, микропроцессоров и микросборок / Л.А. Коледов. - СПб.: Лань, 2009. - 400 с.

7. Практикум по химии и технологии полупроводников / Анохин В.З., Гончаров Е.Г., Кострюкова В.П. и др./ Под. Ред. Угая Л.П.- М.: Высшая школа, 1978. - 191с.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОНІВ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ТЛЮЧОГО РОЗРЯДУ В ТЕХНОЛОГІЯХ СУДНОБУДУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Мельник І.В., Мельник В.Г., Тугай Б.А., Тугай С.Б.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
(Україна)

Вступ. Джерела електронів на основі високовольтного тліючого розряду (ВТР) [1, 2] знаходять широке впровадження у сучасних електронно-променевих технологіях [3 - 5], зокрема у технологіях суднобудування та виробництва транспортних засобів. Це пов'язано із наступними несумнівними перевагами джерел електронів ВТР над традиційними джерелами електронів із розжарюваними катодами та над іншими сучасними технологіями, пов'язаними із розігрівом матеріалів [6, 7].

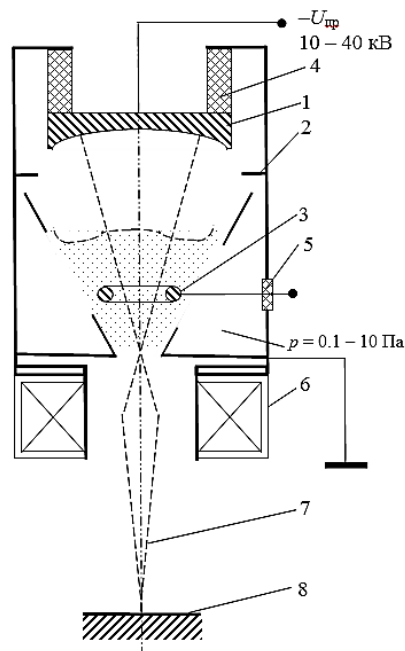


Рисунок 1 – Конструктивна схема джерела електронів ВТР

1 – катод, 2 – анод та корпус гармати, 3 – кільцевий електрод для запалювання допоміжного розряду, 4 – високовольтний ізолятор, 5 – низьковольтний ізолятор, 6 – фокусувальна магнітна лінза, 7 – електронний пучок, 8 – виріб, який обробляється

1. Відносна простота та невисока вартість джерел електронів ВТР.
2. Можливість ефективного ремонту джерел електронів ВТР із заміною відпрацьованих вузлів, зокрема холодного катода.
3. Можливість ефективної роботи джерел електронів ВТР в низькому вакуумі, порядку $10^{-1} - 10$ Па, в середовищі різних газів, зокрема інертних та активних.
4. Можливість ефективного керування струмом електронного пучка газодинамічним способом, через зміну тиску у розрядному проміжку, та електричним способом, через зміну густини заряджених частинок в анодній плазмі [8].

Зокрема, економічні оцінки ефективності роботи джерел електронів ВТР у ливарному виробництві, проведені у роботі [9], показали, що за ціною електронно-

променевого обладнання вони близькі до дешевого вакуумно-дугового переплаву, а за якістю виробів – до досить коштовного обладнання із гарматами з розжарюваними катодами.

Можливими галузями застосування джерел електронів ВТР у сучасних технологіях суднобудування та виробництва транспортних засобів є наступні технології.

1. Виплавлення із тугоплавких металів деталей із складною геометрією, зокрема гвинтів для ходових частин двигунів [3 – 5].

2. Нанесення жаростійких, термозахисних та зміцнюючих покриттів на гвинти та інші деталі двигунів [3, 5 – 7].

3. Зварювання та паяння деталей із складною геометрією, зроблених із жаростійких матеріалів [3 – 5].

Головний фізичний принцип роботи джерел електронів ВТР показаний на рис. 1 та полягає у тому, що між катодом та порожнистим анодом за умови прискорювальної напруги 10 – 40 кВ та тиску робочого газу 10–1 – 10 Па запалюється пучкова форма високовольтного розряду, а сформований електронний пучок транспортується в технологічну камеру та, з використанням фокусувальної магнітної лінзи, фокусується на поверхні виробу, який обробляється.

Узагальнена конструктивна схема електронно-променевої установи для випаровування металів з джерелом електронів ВТР показана на рис. 2.

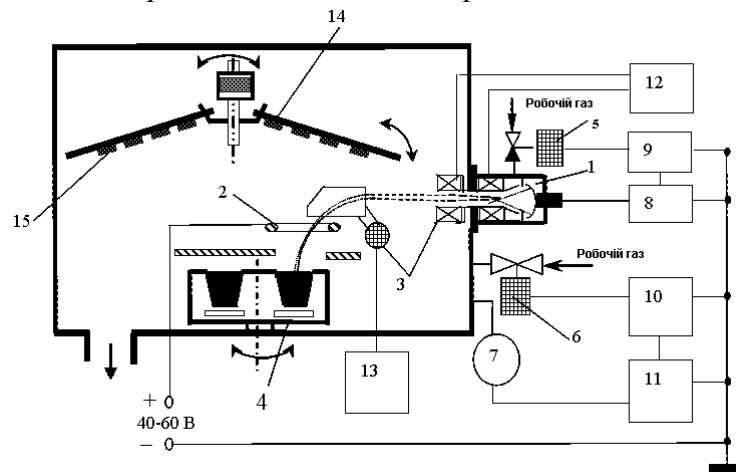


Рисунок 2 – Узагальнена схема електронно-променевої установки з газорозрядною електронною гарматою. 1 – електронна гармата, анод дугового розряду, 3 – магнітна система фокусування та відхилення електронного пучка, 4 – охолоджуваний водою тигель, 5, 6 – електромагнітні нагіначі, 7 – газорозрядний манометр, 8 – високовольтне джерело живлення, 9, 10 – електронні системи для контролю тиску, 11 – електронна система контролю рівня вакууму в технологічній камері, 12 – система живлення магнітних лінз, 13 – джерело живлення системи відхилення електронного пучка, 14 – карусель для кріплення підкладок, 15 – підкладки

Як видно з рис. 2, головною перевагою системи нанесення покриттів із джерелами електронів ВТР є можливість використання допоміжного дугового розряду, який забезпечує підтримання хімічної реакції іонізованої пари металу із залишковим газом, що дозволяє отримувати керамічні покриття із високою однорідністю за хімічним складом [6, 7]. Тут важливими є наступні два технологічні фактори, що пов'язані із фізикою горіння ВТР.

1. Можливість використання різних активних газів для підтримання горіння ВТР, що дозволяє отримувати оксидні, нітридні, карбідні та сульфідні покриття із високою однорідністю хімічного складу. Тобто, головним чином склад робочого газу визначається вимогами технологічного процесу нанесення покриттів. Зокрема, для нанесення оксидних покриттів як робочий газ використовується кисень, для отримання нітридних покриттів – азот або повітря, для карбідних – двооксид вуглецю або метан, для сульфідних – оксид або гідрид сірки, залежно від необхідної валентності атомів сірки у покритті.

2. Потужний електронний пучок, проходячи через пару, забезпечує її первинну іонізацію, необхідну для запалювання дугового розряду.

Конструктивна схема пристрою для запалювання дугового розряду в технологічній камері наведена на рис. 3.

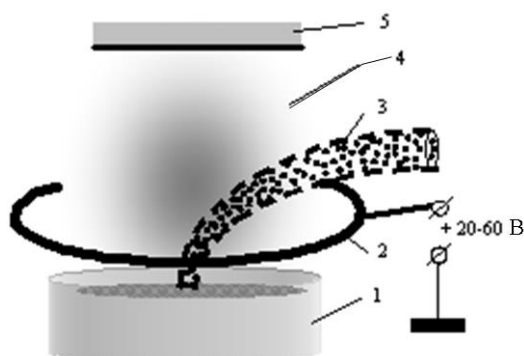


Рисунок 3 – Конструктивна схема пристрою для запалювання дугового розряду
1 – охолоджуваний водою тигель, 2 – кільцевий електрод для запалювання розряду,
3 – електронний пучок, 4 – пара, 5 – підкладка

Фотографії зразків розроблених електронних гармат різної потужності наведені на рис. 4, а фотографія отриманого покриття та його мікроструктура – на рис. 5.

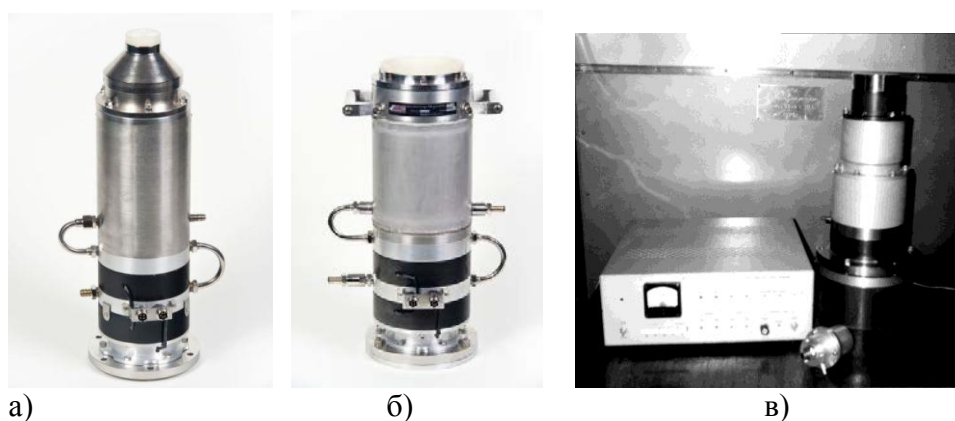


Рисунок 4 – Фотографії розроблених електронних гармат високовольтного тліючого розряду потужністю 100 кВ (а), 300 кВ (б), та гармати потужністю 100 кВ із дозувальним пристроєм напуску газу та електронною системою керування струмом гармати

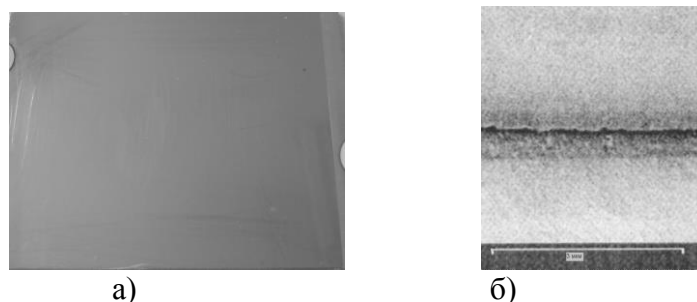


Рисунок 5 – Фотографія (а) та мікроструктура (б) покриття оксиду титана, отриманого з використанням електронно-променевого випарника із гарматою ВТР

Проведений аналіз мікроструктури отриманих покриттів показав їх високу якість, однорідність хімічного складу та відсутність в них крапельних фракцій. Такі покриття можуть бути використані у технологіях суднобудування та виробництва транспортних засобів як зміцнюючі, жаростійкі або теплозахисні.

Іншими можливостями використання газорозрядних джерел електронів у суднобудуванні та виробництві транспортних засобів є зварювання деталей двигунів, зроблених із тугоплавких металів, та виплавлення із тугоплавких металів деталей із складною геометрією. Фотографія зразку зварених титанових труб, отриманого з використанням газорозрядної електронної гармати, показана на рис. 6.

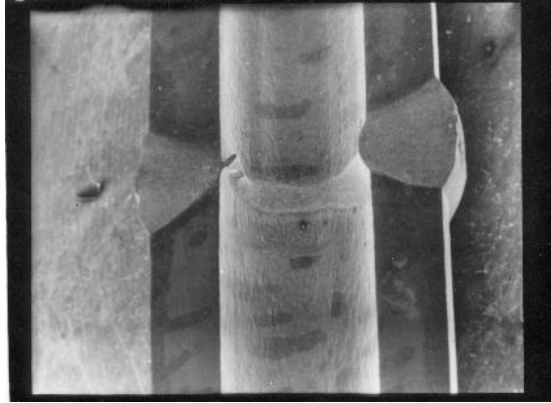


Рисунок 6 – Фотографія мікроструктури зварювального шва, отриманого з використанням газорозрядної електронної гармати

Висновки. Проведені дослідження показали високу ефективність електронно-променевих технологій, які базуються на використанні електронних гармат ВТР. Такі гармати можуть бути використані для зварювання, паяння виробів із тугоплавких металів, а також для нанесення зміцнюючих, жаростійких та теплозахисних покриттів. Такі та подібні електронно-променеві технології можуть бути ефективно використані у сучасній суднобудівній промисловості та у виробництві транспортних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Новиков А.А. Источники электронов высоковольтного тлеющего разряда с анодной плазмой / А.А. Новиков // М.: Энергоатомиздат, 1983. – 96 с.
2. Плазменные процессы в технологических электронных пушках. // М.А. Завьялов, Ю.Е. Крейнделъ, А.А. Новиков, Л.П. Шантурин / М.: Атомиздат, 1989. – 256 с.
3. Рыкалин Н.Н. Основы электронно-лучевой обработки материалов. / Н.Н. Рыкалин, И.В. Зуев, А.А. Углов. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
4. Электронно-лучевая сварка. / Под общ. ред. Патона Б.Е. – Киев: Наукова думка, 1987. 256 с.
5. Шиллер З. Электронно-лучевая технология. / З. Шиллер, У. Гайзиг, З. Панцер. – М.: Энергия, 1980. – 528 с.
6. Grechanyuk N. Modern technologies and equipment for obtaining of new materials and coatings / N. Grechanyuk, P. Kucherenko, I. Grechanyuk, P. Shpack // *Elektrotechnica and Electronica (E+E)*. – 2006. – Vol. 41, № 5-6. – P. 122–128.
7. Feinaeugle P. A new generation of plasma-based electron beam sources with high power density as a novel tool for high-rate PVD. / P. Feinaeugle G. Mattausch, S. Schmidt, F.H. Roegner // *Society of Vacuum Coaters. 54-th Annual Technical Conf. Proc., Chicago, 2011.* – P. 202–209.
8. Мельник И.В. Моделирование геометрии границы анодной плазмы в триодных электродных системах высоковольтного тлеющего разряда. / И.В. Мельник, С.Б. Тугай // *Электронное моделирование.* – Т. 34. – №1. – 2012. – С. 15 – 28.
9. Ладохин С.В. Электронно-лучевая плавка в литейном производстве / С.В. Ладохин, Н.И. Левицкий, В.Б. Чернявский и др. // Киев: «Сталь», 2007. – 605 с.

ПРОГРЕССИВНЫЕ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ СУДОВОГО РЕМОНТА В УСЛОВИЯХ АВТОНОМНОГО ПЛАВАНИЯ

Настасенко В.А., Акимов А.В.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Кузнецов Ю.Н.

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт
им. Игоря Сикорского»
(Украина, г. Киев)*

Введение. Работа относится к инновациям в сфере ремонтных работ на морском транспорте в условиях автономного выполнения рейса, в частности – к металлорежущим инструментам для судовых ремонтных мастерских.

Современное судно имеет большое количество различных машин и механизмов, а также систем и устройств для обеспечения их работы. При этом существует вероятность их поломки. Особенно она велика в штормовых условиях для палубных машин и механизмов, ограждений, причальных, сигнальных и других внешних судовых систем.

В условиях морских переходов в ряде случаев возникают аварийные ситуации, для устранения которых необходимы простейшие металлоизделия, которых нет в ремонтном комплекте судна. Это ведет к потребности выполнения различных работ с применением металлорежущих станков и используемых для них инструментов. Особенно важны такие работы тогда, когда доставка необходимых для ремонта изделий невозможна, затруднена или требует больших экономических затрат. Поэтому на судах имеются ремонтные мастерские или участки, оснащенные станками и режущими инструментами для работы на этих станках.

Однако применение режущих инструментов связано со своим комплексом проблем, поскольку в процессе работы они изнашиваются и требуют восстановления своих режущих способностей. Рационализация выбора инструментов для обеспечения таких возможностей составляет главную цель выполняемой работы. Ее научную новизну составляет поиск прогрессивных конструкций инструментов, облегчающих их эксплуатацию и обслуживание в условиях выполнения рейса судном. Наиболее актуальны такие знания для подготовки аспирантов и магистров – механиков по специальности «Речной и морской транспорт», специализации «Эксплуатация судовых энергетических установок», поскольку организация и выполнение ремонтных работ входит в перечень их компетенций.

Анализ состояния проблемы и постановка задач работы. Потеря режущих свойств инструмента при его нормальной эксплуатации, исключаяющей поломки, связана с износом его режущих кромок. Восстановление режущих способностей инструмента возможно двумя путями: 1) выполнением переточек изношенных кромок, его применяют для инструментов цельных и напайных конструкций; 2) применением сборных конструкций инструментов, оснащенных быстросменными неперетачиваемыми режущими пластинами.

Реализация первого пути в судовых условиях затруднена, поскольку требует высокой квалификации работника, выполняющего заточку инструмента и широкого круга устройств и приспособлений для выполнения заточки. Как правило, такие возможности снижаются в условиях общей тенденции к сокращению количества членов команды судна, которая ведет к потребности совмещения многих профессий моряками, среди которых заточник режущего инструмента – является второстепенной профессией. Поэтому выбор специалистов делается в пользу других их компетенций и способностей судового профиля.

Второй путь является более предпочтительным, поскольку он исключает выполнение переточек и связанные с ними организационные и технические проблемы.

Однако не все режущие инструменты обеспечивают такую возможность, в частности – отрезные резцы, отрезные дисковые фрезы и сверла, в т.ч. – для глубокого сверления.

Поэтому главной задачей выполняемой работы является поиск новых прогрессивных конструкций сборных отрезных резцов, отрезных дисковых фрез и сверл, обеспечивающих возможность их оснащения быстросменными неперетачиваемыми пластинами.

Предлагаемые конструкции режущих инструментов. Среди сборных режущих инструментов, оснащаемых быстросменными неперетачиваемыми пластинами, наиболее широкое распространение получили инструменты и пластины, выпускаемые ведущими фирмами мира: Sandvik Coromant, ISCAR, HORN, TAEGUTEC, MITSUBISHI и др. Однако известные сборные инструменты и способы крепления на них режущих пластин имеют существенные ограничения в применении:

отрезные резцы – по радиусу отрезки, который ≤ 10 мм;

дисковые отрезные фрезы – по ширине прорезаемого паза, который ≥ 10 мм;

кольцевые сверла – по диаметру сверления, который ≥ 70 мм;

пластины для этих инструментов имеют сложную форму и высокую стоимость;

количество режущих кромок известных пластин не превышает 5 штук.

Указанные ограничения обусловлены конструктивными особенностями данных видов инструментов и их пластин, что требует их дальнейшего усовершенствования.

Для отрезных резцов и пластин устраняют указанные недостатки новые конструкции, разработанные на кафедре транспортных технологий ХГМА профессором В.А. Настасенко и доцентом М.В. Бабием в патентах на изобретения Российской Федерации №№ 2366542, 2318634 и Украины № 100795. При этом предлагаемые режущие пластины выполнены на базе стандартных сменных пластин ГОСТ 19043-80...ГОСТ 19081-80, ГОСТ 24247-80... ГОСТ 24257-80, что упрощает их конструирование и изготовление. Их отличием от стандартных пластин является устранение переходных радиусных участков на вершинах боковых сторон путем дополнительной заточки на них лысок или дуговых выемок. Радиус отрезки предлагаемыми инструментами увеличился с 10 до 23 мм. Количество режущих кромок при этом увеличилось с 5 до 8, что адекватно сократило их расход.

Для дисковых отрезных и канавочных фрез профессором В.А. Настасенко предложено применение новых конструкций их корпусов и пластин боковой установки с креплением по разработанному патенту на изобретение Украины № 91670, что уменьшает ширину прорези с 10 до 6 мм и увеличивает сечение пластин в направлении действия сил резания с 4,76 мм, до ширины, например, ромбической пластины, равной 7,930, 9,525, 12,700, 15,875, 19,050 мм. Это адекватно повышает производительность отрезных фрез и прочность пластин.

Наиболее эффективным является применение на судах разработанных профессором В.А. Настасенко сборных кольцевых сверл по патенту на изобретение РФ № 2656190.

Объясняется это тем, что заточка сверл в судовых условиях является наиболее сложным процессом, при котором сверло необходимо установить под двумя разными углами к плоскости заточного круга и совершать сложную группу движений для формирования затачиваемой задней поверхности. Для этого необходимы специальные приспособления и станки, которыми суда не оснащают. Без них заточка сверл не обеспечивает требуемую для резания геометрию режущих кромок, а неизбежное при ручной заточке на наждачном станке неравенство формы и размеров режущих лезвий сверл ведет к разбиванию отверстий при сверлении. Кроме этого применяются в основном сверла для сплошного сверления, что ведет к увеличению сил резания и объема металла, превращаемого в стружку.

Кольцевое сверление устраняет указанные недостатки. Однако известные конструкции сборных кольцевых сверл с механическим креплением многогранных

неперетачиваемых пластин, имеющих радиальную установку, уменьшает их прочность в направлении действия сил резания за счет их восприятия пластинами толщиной 3,18, 4,76, 6,35 мм, а минимальный диаметр сверления для сборных конструкций составляет 70 мм при ширине прорези 7,93 мм.

Предлагаемые пластины с лысками или выемками на вершинах устраняют указанные недостатки, увеличивая их минимальную толщину в направлении действия сил резания до 7,930...19,050 мм. Минимальный диаметр сверления снижается до 28 мм, а при специальной форме пластин – до 11,8 мм. Ширина прорези уменьшается до 6 мм. Максимальный диаметр сверления кольцевыми сверлами профессора В.А. Настасенко – не ограниченный.

Выводы. Приведенные сведения показывают, что расширение технологических возможностей предлагаемых отрезных резцов, дисковых фрез и сверл при исключении их переточек обеспечивает возможность для широкого их применения в судовом ремонте, как в автономных условиях выполнения рейса, так и в заводских условиях.

МОДИФІКОВАНА 2,4-ДИАМІНОАЗОБЕНЗОЛ-4'-КАРБОНОВОЮ КИСЛОТОЮ ЕПОКСИДНА МАТРИЦЯ З ПОЛІПШЕНИМИ АДГЕЗІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Негруца Р.Ю., Букетова Н.М.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Маляренко О.Д.

Білоруський національний технічний університет

(Білорусь)

Янутенене Й.

Клайпедський університет

(Литва)

Постановка проблеми. На сьогодні відомий широкий спектр полімерних композитних матеріалів (КМ), які використовують у вигляді покриттів для захисту деталей технологічного устаткування від корозії і зношування. Серед них чільне місце займають покриття на епоксидній основі. Вони відрізняються покращеними фізико-механічними і теплофізичними властивостями. Однак, однією з важливих властивостей захисних покриттів є їх адгезійна міцність до металевої основи, позаяк відшарування чи розтріскування адгезивів при експлуатації деталей у першу чергу залежить від їх міцності прилипання до основи.

Актуальність досліджень. Для покращення адгезійних властивостей полімерних покриттів у епоксидний зв'язувач доцільно вводити модифікатори, пластифікатори і наповнювачі. Актуальним на сьогодні є модифікація епоксидних олігомерів, оскільки введення добавок за незначного вмісту не лише приводить до поліпшення властивостей матеріалів, але й зумовлює суттєве зменшення їх вартості за одночасного збільшення ресурсу експлуатації. При цьому важливим є вибір природи модифікатора, який має бути активним до фізико-хімічної взаємодії із епоксидним олігомером. У цьому контексті цікавим з наукової і практичної точки зору є застосування як модифікатора 2,4-діаміноазобензол-4'-карбонОВОЇ кислоти. Таку добавку доцільно вводити у епоксидний зв'язувач, позаяк модифікатор містить активні до взаємодії з макромолекулами смоли гідроксильні, карбоксильні, карбонільні і амінні групи.

Мета роботи – дослідити вплив модифікатора 2,4-діаміноазобензол-4'-карбонОВОЇ кислоти на адгезійні властивості та залишкові напруження захисних покриттів.

Матеріали для дослідження. Як основний компонент для зв'язувача при формуванні епоксидних КМ вибрано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), Як модифікатор використано 2,4-діаміноазобензол-4'-карбонОВОЇ кислоти (ДААБКК). Молекулярна формула модифікатора: $C_{13}H_{12}N_4O_2$. Молекулярна маса ДААБКК – 256,25998. Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78), що дозволяє затверджувати матеріали при кімнатних температурах.

Результати досліджень та їх обговорення. На початковому етапі досліджували властивості вихідної епоксидної матриці. Встановлено, що показники її адгезійної міцності при відриві і зсуві, а також залишкових напружень становлять відповідно: $\sigma_a = 24,8$ МПа, $\tau = 8,5$ МПа, $\sigma_z = 1,4$ МПа. Доведено, що при введенні модифікатора за незначного вмісту $q = 0,25 \dots 0,50$ мас.ч. адгезійна міцність КМ порівняно з вихідною матрицею монотонно зростає від $\sigma_a = 24,8$ МПа до $\sigma_a = 32,3 \dots 35,3$ МПа. Максимум ($\sigma_a = 36,1$ МПа) на кривій

залежності адгезійної міцності при відриві від вмісту модифікатора спостерігали при введенні модифікатора у композит у кількості $q = 1,0$ мас.ч. При подальшому збільшенні вмісту добавки у епоксидному зв'язувачі спостерігали зменшення показників адгезійної міцності матриці. Зокрема, за вмісту ДААБКК у кількості 2,0 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру адгезійна міцність матриці становить $\sigma_a = 33,7$ МПа. Поліпшення адгезійних властивостей епоксидної матриці в результаті введення модифікатора, на наш погляд, можна пояснити фізико-хімічними процесами у зв'язувачі при його полімеризації. Модифікатор містить карбонільні С=О, карбоксильні СООН- та гідроксильні -ОН- групи, а також бокові групи первинних амінів -NH₂. Очевидно, що при зшиванні зв'язувача відбувається руйнування груп -NH₂ і, можливо, N-C зв'язків, в результаті чого утворюються додаткові вільні радикали з функціональними групами. Такі радикали є активнішими до міжфазової взаємодії з епоксидним олігомером, що передбачає збільшення гель-фракції у матриці внаслідок зростання кількості зв'язків у просторовій сітці полімера. У свою чергу це забезпечує поліпшення адгезійних властивостей модифікованої матриці. Крім того, у структурі модифікатора карбонільні, карбоксильні і, особливо, гідроксильні групи активуються у присутності твердника, що забезпечує їх інтенсивну взаємодію з боковими групами і сегментами епоксидного олігомера. Це додатково забезпечує збільшення густини просторової сітки матриці, що підвищує показники адгезійної міцності матриці.

Додатково у роботі досліджували вплив кількості модифікатора на адгезійну міцність при зсуві епоксидної матриці. Експериментально встановлено, що введення добавки за вмісту $q = 0,25$ мас.ч. приводить до збільшення порівняно з вихідною матрицею адгезійної міцності при зсуві КМ від $\tau = 8,5$ МПа до $\tau = 9,5$ МПа. Надалі при введенні у епоксидний олігомер модифікатора у кількості $q = 0,50 \dots 1,00$ мас.ч. адгезійна міцність при зсуві КМ суттєво зростає (до $\tau = 10,2 \dots 10,4$ МПа). Максимальні показники адгезійної міцності при зсуві ($\tau = 11,1$ МПа) спостерігали для КМ із вмістом модифікатора у кількості 1,50 мас.ч. Надалі при збільшенні вмісту добавки показники адгезійних властивостей зменшуються. Слід зазначити, що порівняно з кривою залежності адгезійної міцності при розриві максимум на кривій « $\tau - q$ » є дещо зміщеним, що можна пояснити суттєвим впливом домінуючих сил, як нормальних, так і тангенціальних, за різних методів проведення досліджень.

Залишкові напруження у захисних покриттях є одним із визначальних факторів їх довговічності. Зокрема, значні показники залишкових напружень зумовлюють передчасне старіння покриттів, що передбачає їх передчасне руйнування. Тому важливим є дослідження їх показників не лише після формування адгезивів, але й під час експлуатації деталей технологічного устаткування. Експериментально встановлено, що залишкові напруження у вихідній епоксидній матриці становлять $\sigma_3 = 1,4$ МПа. Доведено, що введення модифікатора у кількості $q = 0,25$ мас.ч. приводить до суттєвого зменшення залишкових напружень від $\sigma_3 = 1,4$ МПа до $\sigma_3 = 0,9$ МПа. Це можна пояснити пластифікуючою дією добавки з одного боку і недостатнім затверджуванням матриці внаслідок незначної кількості модифікатора з другого боку. При збільшенні кількості добавки до $q = 0,50 \dots 1,00$ мас.ч. залишкові напруження зростають до $\sigma_3 = 1,0 \dots 1,2$ МПа. Зазначимо, що у даному діапазоні концентрацій модифікатора формуються КМ з максимальними показниками адгезійної міцності. Це свідчить про те, що формується міцнозшита структура матриці, яка забезпечує покращення адгезійних властивостей, хоча залишкові напруження, хоч і несуттєво, але зростають. За збільшення вмісту добавки до $q = 1,50 \dots 2,00$ мас.ч. залишкові напруження, як і адгезійні характеристики, зменшуються. Це, у першу чергу, зумовлено надмірною кількістю ДААБКК у епоксидній системі, що призводить до підвищення золь-фракції у розроблених матеріалах.

Висновки. У роботі встановлено оптимальний вміст модифікатора 2,4-діаміноазобензол-4'-карбонової кислоти для формування епоксидного захисного покриття

з покращеними адгезійними характеристиками і незначними залишковими напруженнями. Доведено, що при введенні модифікатора 2,4-діаміноазобензол-4'-карбонової кислоти у кількості $q = 1,0$ мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20 формується матеріал з наступними властивостями: адгезійна міцність при відриві – $\sigma_a = 36,1$ МПа; адгезійна міцність при зсуві – $\tau = 10,4$ МПа. Водночас слід зазначити, що введення модифікатора у кількості $q = 1,0$ мас.ч. зумовлює зниження залишкових напружень у покриттях від $\sigma_z = 1,4$ МПа (для вихідної епоксидної матриці) до $\sigma_z = 1,0$ МПа. Отриманий композит доцільно використовувати у вигляді матриці для формування покриттів різного функціонального призначення.

MARINE DIESELS WORKING CYCLE MONITORING ON THE BASE OF IMES GMBH PRESSURE SENSORS DATA

*Neumann S.
IMES GMBH
(Germany)*

*Varbanets R., Kyrylash O., Maulevych V., Yeryganov O.
Odessa National Maritime University*

1. INTRODUCTION

Marine diesel engines' working process monitoring is carried out by analyzing diagrams of gas pressure in the working cylinders. For this needs IMES GmbH provides wide range of pressure sensors (fig. 1) for 2-stroke low speed diesel engines and 4-stroke medium and high speed diesel engines [1]. The said sensors have reliable linear characteristics and got high stability for prolonged service and lifetime. High precision and low relative error of mentioned sensors have been proved by full-scale testing [2]. In this regard, they are widely used not only for conventional camshaft engines of MAN MC and Wartsila RTA types, but also in modern electronically controlled diesel engines of Wartsila RT-flex and MAN ME types.



Figure 1 – IMES GmbH pressure sensor [1]

These types of diesels need constant controlling of cylinder gas pressure and main cycle parameters for the fuel combustion quality analyzing in the real time mode [3–5]. The strategy of fuel injection and exhaust valves controlling is based upon the analysis of gas pressure diagrams. The aim of such strategy is to maintain specified combustion characteristics, to reduce NO_x emission or to reduce consumption, as well as to equalize mechanical and thermal loads between the cylinders.



Figure 2 – IMES GmbH EPM-XP system with HTT cylinder pressure sensor including adaptor [7]

Thus, it turns out to be critical for use of modern electronically controlled diesel engines to obtain high precision and stability of characteristics, that is provided by IMES pressure sensors in stationary performance analysis systems. Same tasks have to be solved in portable handheld

system EPM-XP, which are produced also by IMES GmbH [6, 7] and used for periodic performance analysis (fig. 2).

For both (stationary and portable) systems problem of data synchronization should be solved in a real time mode, i.e. data received from sensors has to be transferred from the time functions into crankshaft angle function:

$$P(t, \text{ms}) \rightarrow P(^{\circ}\text{CA})$$

In most monitoring systems the working process of diesel engines, the pressure data are initially presented as pressure-time diagrams recorded with a time constant step. In practice, it is assumed that the minimum recording capacity should contain not less than 720 points per crankshaft revolution. In view of that, the main first task here is to determine TDC position of piston [8, 9].

For stationary performance analysis systems this task is solved mostly by instrumental method by means of pick-up sensors, installed on the flywheels of the engines [8]. In the case of portable systems, it is convenient to use the analytical procedure for TDC determination [8, 9].

Despite of simplicity and obviousness of the instrumental solution of the synchronization problem, it has a number of drawbacks:

- during the diesel engine working process unsteady phase error arises due to crankshaft twisting, rotation oscillations and microgaps of the crank mechanism;
- if the pressure sensor is installed at the end of the indicator valve channel, there will be phase and amplitude errors caused by the remote location of the sensor (as it will be shown further in the paper);
- in order to install pick-up sensors upon the engine flywheel, someone needs time and, moreover, it is necessary to stop the engine, that leads to certain costs and expenses.

The analytical method of TDC determination presented in this paper is free from these disadvantages. The method is based on the properties of polytropic compression in the working cylinder before the combustion. The proposed algorithm is based on the fact that when the piston passes TDC point, the rate of pressure growth is zero at a certain moment.

Thermodynamic methods of TDC calculation are proposed in [10, 12]. They are also based, on the calculation of entropy for known pressure in the cylinder. Speaking about them, it can be noted that the presence of digital and analogue noises while measuring cylinder pressure can significantly reduce the accuracy of TDC determination. The numerical determination of the first, and especially the second, derivative of the pressure curve is meaningless without a correctly constructed digital filter.

2. PERIODIC MONITORING OF CYLINDER PRESSURE WITH THE HELP OF EPM-XP ELECTRONIC INDICATOR

Designed for periodic monitoring of cylinder pressure on diesel engines, the Electronic Indicator EPM-XP can record cylinder pressure values on a maximum of 20 cylinders (option: 160 cylinders) on two-stroke diesel engines operating at speeds of 40 to 300 rpm and on four-stroke medium and high speed diesels with rated speeds from 200 to 1500 rpm without using hardware pick-up sensors. Meantime synchronizing of diesel engines' performance diagrams without pick-up sensors is a task, which solution suggested in this article.

After acquisition, recorded data can be downloaded immediately to a PC or notebook via a USB connection. Recorded data can be simply processed by IMES' visualisation software. Transmitting the data by Internet makes them available for expert analysis and condition monitoring at a remote location. An optional software upgrade allows power calculation to assist cylinder balancing.

IMES' visualisation and data processing software is used to process acquired values and to display the derived information. The resulting files can be transmitted by Internet to the engine builder and ship-owner for separate, independent evaluation

With the EPM-XP hardware dongle further evaluations can be activated. This enables to calculate IPOWER and IMEP by using a mathematical algorithm.

3. DATA FILTRATION

Despite high quality of IMES pressure sensors, their low relative error ($\sigma < 1\%$) and low noise level, further numeric differentiation of the received indicator diagrams leads to practical impossibility of numeric analysis of curves $dP/d\phi$. In this case determination of maximum $dP/d\phi$ coordinates before the combustion, also will be carried out with rather big error (Fig. 3). It becomes obvious that it is necessary to apply the correct procedure for filtering the original data.

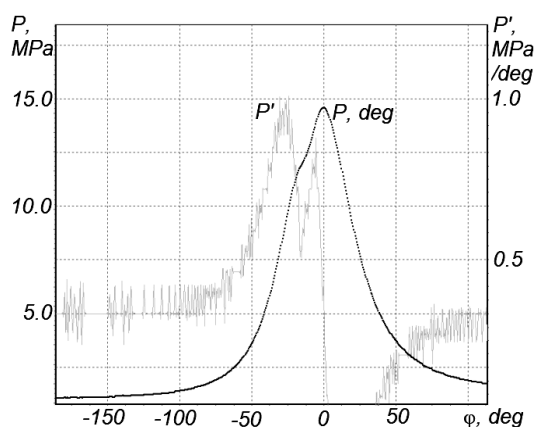


Figure 3 – Shifted cylinder pressure $P(\phi)$ and its derivative $P'(\phi)$ before filtration

In this work the Butterworth digital low-pass filter [3] has been chosen because of its frequency characteristics are close to those of the ideal integrator, and are monotonic in the passband.

4. INFLUENCE OF THE INDICATOR VALVE CHANNEL ON THE RESULTS OF THE MARINE DIESELS PERFORMANCE ANALYSIS

When monitoring serial low- and medium-speed marine diesel engines with portable monitoring systems, pressure sensors are installed on the indicator valve, the channel of which can be of considerable length. Gas-dynamic processes occurring in a long non-isothermal channel create methodological errors in determining the indicator parameters of the diesel engine. Therefore, the actual task is to reconstruct the undistorted gas pressure signal in the cylinder. To do this, the mathematical description of hydrodynamic and thermal processes occurring in the indicator valve channel and overpiston space is required.

To obtain a periodic solution to the problem of air flow in the system «overpiston space – the indicator valve channel» (Fig. 4), the calculation was made for eight revolutions of the crankshaft. The results of the calculation showed a nonuniform distribution of the instantaneous pressure over the volume of the computational domain (Fig. 5, Fig. 6).

The instantaneous average air pressure in the cylinder and the instantaneous air pressure at the sensor mounting site were determined.

The calculation showed that at the end of the channel there is a phase delay of the signal by 0.5° of the crankshaft rotation (Fig. 7, Tabl. 1). This is due to the spreading of the pressure pulse with the speed of sound. The maximum pressure in the cylinder (p_{\max}) is offset from the top dead center of the piston and corresponds to the 178° angle of rotation of the crankshaft due to the heat transfer to the cylinder walls. It is also evident that at the end of the channel the maximum pressure ($p_{\max, IVC}$) is 2.5 % higher than in the cylinder (Fig. 7, Tabl. 1). This can be explained by the fact that when the piston is in the space nearly to the top dead center, the cause of the gas flow in the channel disappears, and the kinetic energy of the gas becomes potential, which causes an additional increase in pressure at the end of the channel.

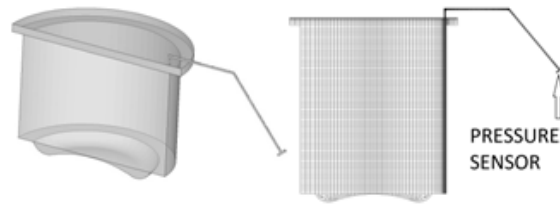


Figure 4 – Computational domain and grid at the position of the piston at the bottom dead center

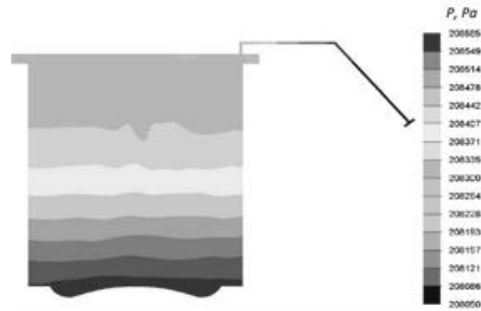


Figure 5 – Pressure in the cylinder and indicator valve channel in BDC

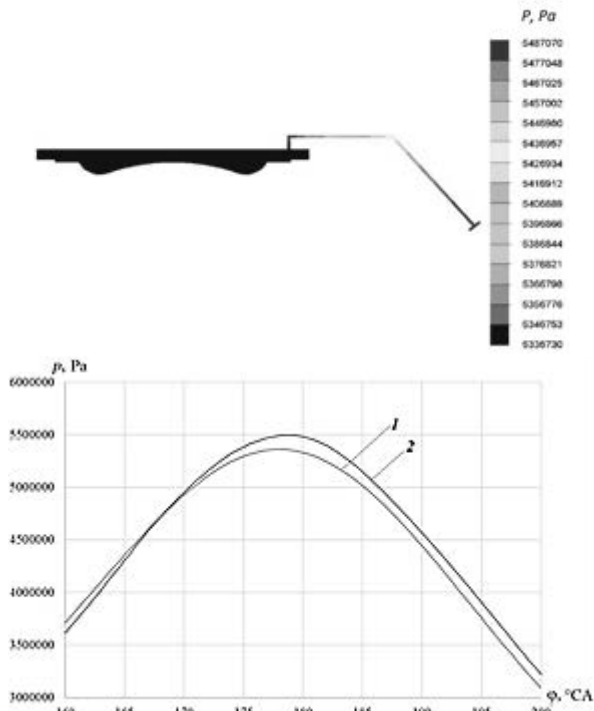


Figure 6 – Pressure in the cylinder and indicator valve channel in TDC

Fig. 7 – Dependences of

the average pressure in the cylinder (curve 1) and pressure at the end of the indicator valve channel (curve 2) from the angle of rotation of the crankshaft

Table 1 – The calculation results

p_{\max}, Pa	5361448
$p_{\max.\text{IVC}}, \text{Pa}$	5497204
$\delta = \frac{p_{\max.\text{IVC}} - p_{\max}}{p_{\max}} \cdot 100 \%$	2,5
$\varphi_{\max}, ^\circ\text{CA}$	178
$\varphi_{\max.\text{IVC}}, ^\circ\text{CA}$	178,5

Thus, the results of the calculation of the system «overpiston space – the indicator valve channel» showed the presence of a phase delay of the signal and an increase in the maximum air pressure at the end of the channel.

The observed distortion of the measured signal is due to the complex interaction of air flow processes with variable speed caused by the displacement of the piston, the propagation of pressure wave with the speed of sound and the propagation of disturbances from the previous cycle, and also heat transfer.

CONCLUSIONS

The TDC calculation using the equation $P' = 0$ and Butterworth low-pass filter solves the following problems:

- the errors in the determination of the TDC in connection with the torsional vibrations and the micro-backlash samples in the crank mechanism, and also with the crankshaft twisting under the load, which is relevant for cylinders far from the flywheel are taken into account;
- monitoring of the working process becomes operational and available for any diesel under load, without prior preparation;
- the calculation method for determining the TDC provides the practical accuracy required for determining IMEP and IPower.

When monitoring marine diesels with portable systems, phase and amplitude measurement errors arise due to the installation of the sensor at the end of the indicator valve channel. CFD calculation allows to take into account this effect.

REFERENCES

1. Neumann S. High temperature pressure sensor based on thin film strain gauges on stainless steel for continuous cylinder pressure control. CIMAC Congress 2001, Hamburg. Digest; p. 1–12.
2. Neumann S. Integrated cylinder pressure measurement for gas engine control. Combustion engines 3/2011 (146) – PTNSS-2011-302:
3. <http://www.combustion-engines.eu/en/numbers/7/442>.
4. Wolfgang Krasa. Automatic optimization of diesel engine performance by loop control of cylinder pressure process. ICST Congress Hamburg, Sept. 10, 2009.
5. Y. J. Wang et al. «Fuel Common Rail Injection System of RT-Flex Marine Intelligent Diesel Engine and its Simulation Dynamic Model», Advanced Materials Research, Vols. 732–733, pp. 23–28, 2013.
6. MAN Diesel & Turbo, MAN B&W L60ME-C8-TII Project Guide Electronically Controlled Two-stroke Engines, 1st Edition. MAN Diesel & Turbo, 2010.
7. CCM – combustion monitoring system: <http://imes.de/cms.html>.
8. IMES launches EPM-peak pressure indicator: <https://www.motorship.com/news101/ships-equipment/imes-launches-epm-peak-pressure-indicator>
9. Varbanets, R., Karianskyi, S., Rudenko, S., Gritsuk, I. et al., «Improvement of Diagnosing Methods of the Diesel Engine Functioning under Operating Conditions,» SAE Technical Paper 2017-01-2218, 2017.
10. 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. – C. 269–275.
11. Tazerout, M., Le Corre, O., Rousseau, S. TDC Determination in IC Engines Based on the Thermodynamic Analysis of the Temperature-Entropy Diagram, SAE Technical Paper 1999-01-1489, 1999. <https://doi.org/10.4271/1999-01-1489>.
12. Varbanets, R. A. Diagnostic control of the working process of marine diesel engines in operation. Dissertation of the Doctor of Technical Sciences. Odessa, 2010. 314 p.

13. Staś M. «An Universally Applicable Thermodynamic Method for T.D.C. Determination,» SAE Technical Paper 2000-01-0561, 2000. <https://doi.org/10.4271/2000-01-0561>.

Information about authors

Neumann Stefan – CEO IMES GmbH, graduated engineer for energy and heat technology.

Varbanets Roman – Dr.Sc., professor of marine engineering, Head of «The Marine Power Plants and Technical Operation» department in Odessa National Maritime University; IMES GmbH consultant.

Kyrylash Olena – PhD in Technical Sciences.

Maulevych Vladyslav – lecturer of «The Marine Power Plants and Technical Operation» Department in Odessa National Maritime University; Second Engineer at ships powered by internal combustion engines.

Yeryganov Oleksiy – PhD in Technical Sciences, assistant professor of «The Marine Power Plants and Technical Operation» Department in Odessa National Maritime University; Chief Engineer at ships powered by internal combustion engines.

TESTING INFLUENCE ON GAS TURBINE BLADES BY THE OPERATIONAL AND EMERGENCY FACTORS

*Prokhorenko E.M., Lytvynenko V.V., Klepikov V.F., Donets S.Ye., Melyakova O.A.,
Lonin Yu.F., Ponomarev A.G., Uvarov V.T.*

*Institute of Electrophysics and Radiation Technologies NAS of Ukraine
(Ukraine, Kharkiv)*

Introduction. The development of improving the efficiency of gas turbine engines (GTE), is being given considerable attention. The issue of changing GTE operational capabilities should be considered in the aspect of solving a complex task: a) increasing the terms and operating time of gas turbine equipment, b) creating the most secure mode of operation, c) increasing the economy and efficiency of operation. Modern standards more strictly regulate all the characteristic requirements for the operation and operation of the GTE. Therefore, the issue of refinement and improvement of the above issues is relevant and remains the focus of attention. Work in real conditions (ship engines, aviation) is often accompanied by the work of the GTE in extreme conditions. Often external conditions are created when GTEs operate in modes that are significantly different from the regulatory regimes. The work of the GTE in extreme modes remains poorly understood. To carry out these works requires the presence of various methods and tools.

Objective. Creation and development of methods and tools necessary for the study of extreme impacts on the GTE. Consideration of changes in the characteristics of individual elements of the GTE when working in extreme conditions. The study of hardness, microstructural, mechanical characteristics of the equipment.

Main part. To solve the problems of diagnostic equipment of gas turbine engines, it is necessary to create a control system, accuracy control, and performance of individual units, elements, and blocks of gas turbine engines. It is necessary to control equipment that operates on the most important areas and determines the performance of the entire engine. The failure of these parts or assemblies will be critical for the entire unit and will bring significant losses, both direct and indirect, through a simple one. Replacement and repair of the part or unit will require significant financial and material costs.

One of the most important elements of GTE equipment on which engine performance depends most is blades. They are the most critical in operation, the most expensive to manufacture. The efficiency of the blades determines the resource of the GTE. Therefore, it is necessary to work on their diagnosis and monitoring. Performance of these works is carried out by means of various methods and techniques with use of the various equipment.

Special effect on the blades is when changing the engine operating conditions. When this occurs, the transitions from one gas temperature to another. For blades, a change in gas temperature causes a change in its own temperature, which changes all characteristics. The list of characteristics includes thermal expansion (contraction), change in stress states, cooling heterogeneity, etc. All these values are included in the number of changes per cycle. From the minimum number of operating cycles is determined by the resource of the CCD. Thus, the resource is determined by low-cycle thermal fatigue. Consequently, it is possible to consider the question of increasing the resource of the engine as a question of the operation of the blades under extreme conditions. Therefore, research on this subject requires its implementation.

Researching. The discussion of the results. To carry out research on the extension of the resource of GTE blades, it is necessary to use equipment that would create extreme test loads on turbine blades. These test loads mimic possible operating modes. This includes various heat loads, periodic or non-periodic high-temperature effects, shock effects, radiative effects. High-current

relativistic electron beams can be used as tools that can create all these factors in the complex [1]. Interesting is also the use of laser radiation [2].

The use of a TEMP-A charged particle accelerator has been proposed. With its help, a high-current beam of accelerated electrons with an energy of 350 keV, a beam current of 2 kA, a pulse duration of 3-5 μ s, a beam diameter of 4 mm was generated. The number of pulses from one to three [3]. Conducting irradiation with a high-current electron beam made it possible to simulate emergency thermal loads. Performance of these works on the operating engine is almost impossible, as it will entail the destruction of the propulsion system.

In order to conduct research, an experimental test bench was created, with the help of which the dynamics of the distribution of temperature fields on the blade surface was measured. An original technique for performing identification and test tests of gas turbine engine blades has been developed. The technique includes an algorithm for performing a number of procedures for analyzing the behavior of a blade material in various. Methods for conducting the necessary studies of structural changes in the material and its state have been developed. Diagnostics of thermal fields was carried out using the methods of thermal imaging diagnostics.

A mathematical apparatus has also been developed, which made it possible to calculate the velocity of propagation of heat fluxes, the dynamics of change in load, etc. The original software is proposed to ensure the execution of calculations of the necessary parameters and characteristics of GTE blades. The proposed methods of influencing the blades with the help of high-current relativistic electron beams sufficiently allow simulating various thermal, shock, thermal shock effects on the material of the blade [4].

This makes it possible to reduce the time and material costs for the study of the stability of the blades. The developed thermographic diagnostic and control methods are integrated with a significant number of already known diagnostic methods. With their help, it is possible to perform diagnostics even for real equipment that works. allow you to conduct research structures

Conclusion. The use of an electron accelerator makes it possible to simulate various effects on GTE blades. A blade diagnostics stand has been developed with the help of thermographic equipment, which makes it possible to detect violations of the structure of materials of these blades. With the help of the Monte Carlo method, the heat-and-energy distribution of thermoelastic stresses under the action of high-current electron beams was investigated.

ACKNOWLEDGMENT. The research presented in this article was conducted by financial support of the state budget program “Support for the development the priority areas of scientific researches” (Budget Financial Code 6541230).

REFERENCES

1. C. Dong et al. Surface treatment by high current pulsed electron beam // Surface and Coatings Technology, v. 163 –164, 2003, p. 620–624.
2. B. Antoszewski and V. Tarelnyk, Laser Texturing of Sliding Surfaces of Bearings and Pump Seals // Applied Mechanics and Materials, v. 630, 2014, pp. 301-307.
3. V.F. Klepikov, Yu.F. Lonin, A.G. Ponomarev, O.A. Startsev, V.T. Uvarov. Physical and mechanical properties of titanium alloy VT1-0 after high-current electron beam irradiation // Problems of Atomic Science and Technology. Series “Physics of Radiation Effect and Radiation Materials Science” (96). 2015, №2, p.39-42.
14. V.T. Uvarov et al Radiation acoustic control over the thermal parameter of construction materials irradiated by intense relativistic electron beam // Phys. of Part. and Nucl. Latter. 2014, v.11, №.3, p. 274-281

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Воляннюк В.О.

*Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)*

Вступ. Земляні роботи належать до найбільш трудомістких процесів будівництва. Встановлено, що для спорудження 1 м^3 промислового або цивільного приміщення доводиться виконувати відповідно понад 1,5–2,0 та 0,5–1,0 м^3 земляних робіт. Вартість земляних робіт становить 10–15% загальної вартості будівельно-монтажних робіт [1].

Механічний спосіб виконання земляних робіт передбачає послідовне здійснення таких операцій: відокремлення від природного масиву (копання) ґрунту; транспортування до місця укладання і розвантаження; обробка земляної споруди (розрівнювання, ущільнення тощо). Машина для земляних робіт застосовують в промисловому та цивільному будівництві при плануванні майданчиків, розробці котлованів, траншей, в авто- і залізничному будівництві – при влаштуванні виамок, насипів земляного полотна і т.п. [2].

Актуальність досліджень. Землерийні машини загального призначення (екскаватори, бульдозери, скрепери, автогрейдері) застосовуються в широкому діапазоні ґрунтових умов, причому в процесі їх застосування характерна відносно часта зміна будівельних об'єктів. Це дозволяє зробити висновок, що випуск землерийних машин знеособлений у відношенні до ґрунтових умов, зміна яких носить випадковий характер, у зв'язку з чим оцінка техніко-економічної ефективності землерийних машин вимагає імовірного підходу [2-4].

Мета і постановка задачі. Основним завданням роботи є оцінка ефективності землерийних машин з використанням в якості критерію величини виробничого потенціалу, що дозволить більш обґрунтовано проводити техніко-економічне зіставлення зразків машин.

Метою роботи є визначення шляхів вдосконалення конструкцій землерийних машин за допомогою обґрунтованого проведення техніко-економічного зіставлення різних видів зразків машин.

Прогнозування ефективності землерийних машин.

Середній передбачуваний виробіток машини може оцінюватися її виробничим потенціалом, тобто математичним очікуванням її експлуатаційної продуктивності:

$$\Pi = K_i \sum \Pi_i p_i, \quad (1)$$

де $\sum \Pi_i p_i$ – математичне очікування технічної продуктивності при вірогідності p_i експлуатації машини в ґрунті i -ої групи трудності розробки; K_i – коефіцієнт, що враховує використання машини в часі і є добутком розрахункових коефіцієнтів використання машини за часом в році та протягом зміни.

Коефіцієнт K_i в залежності від типорозміру машини може змінюватися в широких межах і складати, наприклад, для бульдозерів і скреперів традиційної конструкції 0,26-0,47 [5]. Для землерийно-транспортних машин (бульдозерів, скреперів) виробничий потенціал можна визначати з урахуванням дальності переміщення ґрунту у вигляді:

$$\Pi_L = K_i L \sum \Pi_i p_i, \text{ м}^3 \text{ м/ч} \quad (2)$$

де L – дальність переміщення ґрунту, що відповідає умовам найбільшої доцільності застосування машини цього типорозміру.

Як аналог величини може служити, наприклад, поняття тонно-кілометра, використовуване при оцінці вантажоперевезень, але з урахуванням інтенсивності процесу. Добуток величини виробничого потенціалу на річний фонд робочого часу призводить до відомого поняття виробничої потужності машини [1].

У такому випадку виробничий потенціал характеризує можливості землерийної машини, які можуть бути реалізовані при її експлуатації в деяких найбільш імовірних ґрунтових умовах та виконання заданих показників використання машини в часі.

Залежно від умов експлуатації, що реально склалися, середня продуктивність кожної окремо взятої машини може бути вище або нижче величини її виробничого потенціалу. У цих випадках міра і характер такого відхилення вказуватимуть на специфіку ґрунтових умов, що створилася, або оцінюватимуть рівень організації робіт. Поняття виробничого потенціалу землерийної машини дозволяє в найбільш загальному вигляді визначати її виробничі можливості. Такий підхід дозволяє також найоб'єктивніше оцінювати ефективність різних землерийних машин, оскільки виключає випадковості і суб'єктивні прояви у виборі початкових ґрунтових умов для техніко-економічного аналізу.

Вираз (1) показує, що для визначення виробничого потенціалу землерийної машини і його аналізу необхідно знати розподіл ґрунтів в забоях і закономірність зміни її технічної продуктивності залежно від групи ґрунту.

При визначенні технічної продуктивності землерийної машини як функції групи ґрунту слід враховувати вплив параметрів робочих органів. Для процесу копання цей вплив визначається питомим опором копанню ґрунту K' . У загальному вигляді можна прийняти, що зміна величини K' залежно від групи ґрунту відбувається по деякій геометричній прогресії зі знаменником j . Тоді питомий опір копанню ґрунту i -ої групи може бути виражений як

$$K'_i = j^{i-1} K'_1, \quad (3)$$

де K'_1 – питомий опір копанню ґрунту I групи; $i = 1, 2, \dots, 5$.

З урахуванням викладеного і на основі аналізу енергетичних витрат по основних елементах робочого циклу (копання, переміщення ґрунту, холостий хід) рівняння технічної продуктивності має вигляд [6]:

для землерийних машин циклічної дії

$$\Pi_i = \frac{190N(1-\lambda L)}{1,3j^{i-1}K'_1 + 0,9(2-\lambda L)L + 0,4\frac{NL}{(10-i)q}}, \text{ м}^3/\text{год.}; \quad (4)$$

для машин неперервної дії

$$\Pi_i = \frac{270(N\eta_T - N_f)K_{в.к}}{1,2j^{i-1}K'_1}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (5)$$

де N – потужність базової машини, кВт (к.с.); L – дальність переміщення ґрунту, м; λ – коефіцієнт, що враховує витрати ґрунту при переміщенні; q – ємність робочого органу, м³; η_T – ККД трансмісії; N_f – потужність, яка потрібна для переміщення машини, кВт (к.с.); $K_{в.к}$ – коефіцієнт, що враховує витрати ґрунту при копанні.

Підставляючи (4) та (5) в (1), отримуємо:

для машин циклічної дії

$$\Pi = 190N(1-\lambda L)K_i \times \sum \frac{P_i}{1,3j^{i-1}K'_1 + 0,9(2-\lambda L)L + 0,4\frac{NL}{(10-i)q}}, \text{ м}^3/\text{год.}; \quad (6)$$

для машин неперервної дії

$$\Pi = \frac{270(N\eta_T - N_f)K_{в.к}}{1,2K'_1} K_i \sum \frac{P_i}{j^{i-1}}, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (7)$$

Рівняння (6) і (7) показують, що виробничий потенціал машини зростає зі зменшенням величини j , яка характеризує темп зміни питомого опору копанню при зміні

грунтових умов. Це свідчить про доцільність активізації робочих органів землерийних машин. Для бульдозерів виробничий потенціал Π знижується зі збільшенням L і λ (рис. 1). Проте показник Π_L , що враховує також корисну дальність переміщення ґрунту, має максимум при деякому значенні L , яке залежить від коефіцієнта λ (рис. 2). Чим більше відвал втрачає ґрунту в процесі переміщення, тим менше величина L , якій відповідає $\Pi_{L_{\max}}$. При цьому зменшується і сама величина $\Pi_{L_{\max}}$. Зі зменшенням коефіцієнта λ вершина кривої $\Pi_L = f(L)$ стає менш рельєфною, а при $\lambda=0$ і $L \geq 200\text{м}$ величина Π_L , досягнувши максимального рівня, залишається практично постійною.

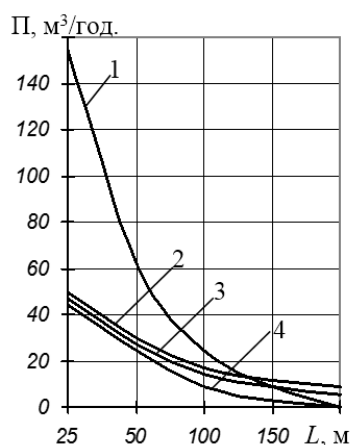


Рисунок 1 – Зміна виробничого потенціалу Π бульдозерів різної потужності в залежності від дальності переміщення L при різних коефіцієнтах λ : 1 – $N=228\text{кВт}$ (300к.с.) при $\lambda=0,005$; 2 – $N=82\text{кВт}$ (108к.с.) при $\lambda=0,005$; 3 – $N=82\text{кВт}$ (108к.с.) при $\lambda=0,002$; 4 – $N=82\text{кВт}$ (108к.с.) при $\lambda=0$

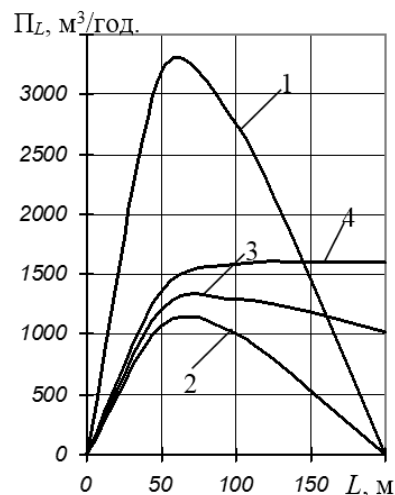


Рисунок 2 – Зміна виробничого потенціалу Π_L бульдозерів різної потужності в залежності від дальності переміщення L при різних коефіцієнтах λ : 1 – $N=228\text{кВт}$ (300к.с.) при $\lambda=0,005$; 2 – $N=82\text{кВт}$ (108к.с.) при $\lambda=0,005$; 3 – $N=82\text{кВт}$ (108к.с.) при $\lambda=0,002$; 4 – $N=82\text{кВт}$ (108к.с.) при $\lambda=0$

Як бачимо, вдосконалення робочих органів є одним з основних шляхів підвищення виробничого потенціалу землерийних машин.

Висновки. Імовірнісна оцінка ефективності землерийних машин з використанням в якості критерію величини виробничого потенціалу дозволяє більш обґрунтовано проводити

техніко-економічне зіставлення зразків машин, а також визначати шляхи вдосконалення їх конструкції. Величина виробничого потенціалу може використовуватися при прогнозуванні річного вироблення, оцінках енергоємності, металоємності, терміну окупності, економічного ефекту впровадження нового зразка або модернізації землерийної машини, а також при виборі умов і аналізі результатів виробничих випробувань землерийних машин.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баловнев В.И. Повышение производительности машин для земляных работ: производственное издание / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара – М.: Транспорт, 1992, – 136 с.
2. Машини для земляних робіт: навчальний посібник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Нічке, Л. В. Назаров, М. П. Скоблюк, В. Г. Нікітін; під заг. ред. проф. Л. А. Хмари та проф. С. В. Кравця. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
3. Toshov J.B. Questions modeling of dynamics of drilling tools on the bottom hole. / J. V. Toshov, M. K. Shukurov // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, “East West” Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 1–2 (1) 2014. – pp. 116–122.
4. Вступ до фаху. Механічна інженерія: підручник / Л.Є. Пелевін, Є.В. Горбатюк, Д.О. Міщук, А.Т. Свідерський, Г.О. Аржаєв. – К.: ООО “НПП Інтерсервіс”, 2017. – 250 с.
5. Зеленин А.Н. Машины для земляных работ / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.
6. Pelevin L. Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process / L. Pelevin, Ie. Gorbatyuk, S. Zaichenko, V. Shalenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – vol. 6, no. 2 (90): Information technology. Industry control systems. – pp. 52–60.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПРОПУЛЬСИВНЫМИ УСТАНОВКАМИ

Самонов С.Ф., Глазева О.В., Власов В.Б.

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

В последние годы все больше фактов свидетельствуют о существенных изменениях во взглядах и подходах к решению проблем в электроэнергетическом комплексе. Указанная тенденция базируется на эволюционном развитии технологий в силовой электронике, новых высокопроизводительных накопителях энергии и все более широком применении альтернативных источников электроэнергии.

Эффективность использования энергии в контексте морского транспорта, как того требует Международная морская организация (ИМО), оценивается Индексом расчета энергоэффективности (EEDI) и Операционным показателем энергоэффективности (EEOI), анализ которых позволяет применить системный подход к решению энергоэкологических задач и сформулировать пути снижения этих коэффициентов [1].

В настоящее время предлагается несколько методов дальнейшего повышения эффективности использования топлива на судах с электродвижением [2]:

- интеграция систем накопления энергии,
- внедрение распределения постоянного тока,
- оптимальное управление распределением и использованием энергии,
- совершенствование методов эксплуатации на существующих обычных судах.

Исследователи энергетических проблем в морской индустрии обращают внимание на преимущества внедрения на судах, наряду с «классическими» сетями переменного тока, также сетей постоянного тока (таблица 1). К таким преимуществам следует отнести возможность отказаться от громоздких дорогостоящих трансформаторов напряжения, как обязательных элементов сети, за счет применения мощных высокочастотных полупроводниковых преобразователей постоянного тока, что открывает новые пути повышения энергетической эффективности судов [3,4]. Особенности сети переменного тока также препятствуют повышению живучести судовой энергосистемы и качества электроэнергии.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки постоянного и переменного токов

Переменный ток	Постоянный ток
Достоинства: возможность использования коллекторных машин переменного тока; простота реализации защит; меньшая пожаро- и взрывоопасность; возможность получения электроэнергии от береговой сети без преобразователей; унификация судового оборудования с электрооборудованием берегового применения.	Достоинства: экономия веса и места за счет замены громоздких ферромагнитных трансформаторов компактными силовыми электронными преобразователями; более простое подключение в параллель или отключение источников питания постоянного тока; устранение проблем гармоник и дисбаланса фаз;

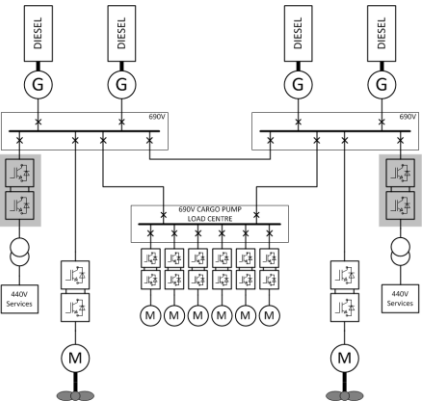
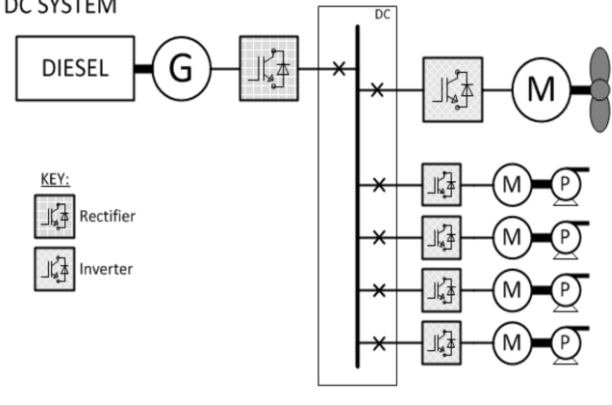


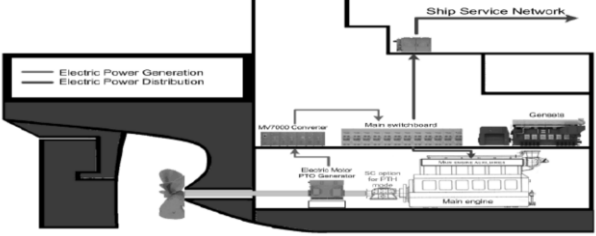
<p>Недостатки: генераторные установки должны работать с фиксированной частотой, что ограничивает возможность повышения эффективности использования топлива; необходимость управления потоком реактивной мощности и качеством электроэнергии (например, при трехфазном дисбалансе и гармонических токах); громоздкость обычных и специальных трансформаторов; потенциальный риск системной дезинтеграции при поддержке возникающих импульсных электрических нагрузках; необходимость многократной синхронизации генераторов; повышенная опасность для обслуживающего персонала.</p>	<p>более быстрое и простое подключение генераторов в параллель, устранение проблем синхронизации; снижение потерь при передаче энергии за счет устранения потока реактивной мощности; упрощенная реализация накопления энергии</p> <p>Недостатки: сложность передачи энергии постоянного тока на короткие расстояния без промежуточного преобразования; возникновение радиопомех в комплектных машинах; более высокий уровень шума; в сетях постоянного тока падение напряжения связано с потерями, а его повышение - с использованием более сложных устройств, чем трансформаторы.</p>
---	--

Кроме того, встраивание в архитектуру систем постоянного тока позволяет подключать дополнительные источники энергии постоянного тока, такие как: солнечные панели, топливные элементы, суперконденсаторы и аккумуляторные батареи [5]. Таким образом, гибридные энергосистемы будут играть все более важную роль в конструкциях судов и кораблей следующих поколений, при этом аккумуляторные батареи или другие устройства для накопления энергии будут использоваться для обеспечения коротких импульсов более высокой мощности, когда это необходимо.

На сегодняшний день существуют следующие, заслуживающие внимания структуры судовых электроэнергетических систем (СЭЭС), в которых реализованы перечисленные преимущества (таблица 2). Представленные варианты структур базируются на использовании мощных полупроводниковых преобразователей (IGBT, IGCT, MOSFET): выпрямителей на стороне генераторов и инверторов для всех судовых потребителей. При этом передача электроэнергии по судну осуществляется на постоянном токе.

Таблица 2 – Достоинства и недостатки СЭЭС

Судовые системы распределения электрической энергии	Достоинства и недостатки
<p>Высоковольтная система электродвижения с использованием постоянного тока и много-импульсного преобразования</p>	<p>Достоинства: Низкие токи короткого замыкания Нет эксплуатационных ограничений Масса кабелей сведена к минимуму</p> <p>Недостатки Необходимость в трансформаторах для улучшения качества электрической энергии Необходимость высокой квалификации персонала Коммутационная аппаратура дороже, чем в низковольтных системах</p>

<p>Система распределения электрической энергии с использованием технологии VF-AFE (Variable-FrequencyActive-Front-End)</p> 	<p>Достоинства Уменьшение количества высших гармоник в сети Уменьшение количества трансформаторов</p> <p>Недостатки Необходимость синхронной работы параллельно работающих генераторов Увеличение габаритов преобразователей</p>
<p>Система DC-Grid распределения электрической энергии на постоянном токе</p>  <p>DC SYSTEM</p> <p>KEY:  Rectifier  Inverter</p>	<p>Достоинства: Возможность экономии топлива Возможность настройки частоты вращения первичных двигателей в зависимости от нагрузки Улучшение динамических характеристик за счёт использования накопителей энергии Оптимизация размещения оборудования</p> <p>Недостатки Большие, чем в сети с переменным током, потери электрической энергии. Проблемы с защитными устройствами (более сложны в исполнении, и, как следствие, дороже).</p>
<p>Система с отбором мощности и система с добавлением мощности (PowerTakeIn/PowerTakeOff HybridPropulsion)</p>  <p>PTI Hybrid Propulsion</p>	<p>Достоинства: Более экономичная реализация по сравнению с вспомогательной дизель-генераторной установкой Снижение эксплуатационных затрат благодаря высокой эффективности двухтактного дизеля Экономия смазочного масла по сравнению с эквивалентной дизель-генераторной установкой Повышенная надёжность, так как вал генератора приводится в движение на малой частоте вращения Ниже затраты на обслуживание Отсутствие затрат на запчасти для приводных дизелей. Уменьшение шума и вибрации по сравнению с вспомогательными генераторными установками</p>

 <p>PTO Hybrid Propulsion</p>	<p>Недостатки Наличие преобразователя частоты Необходимость в дополнительном источнике реактивной мощности</p>
<p>Система с технологией LowLossConcept</p> 	<p>Достоинства: Высокая степень резервирования – любой отказ приводит только к уменьшению мощности пропульсивной установки на 25%; Передача электроэнергии от генераторов к преобразователям частоты происходит непосредственно, без промежуточных трансформаторов, что обеспечивает высокий к.п.д. системы и значительный выигрыш в массе и габаритах; Низковольтная система более безопасна в эксплуатации и компактна для размещения на судне; Уровень гармонических искажений напряжения сети меньше 5%.</p> <p>Недостатки Увеличенная масса и количество кабелей</p>
<p>Система AFE с использованием двойной шины распределения</p> 	<p>Достоинства: Возможность секционирования главных шин во время нормальной работы (шинный секционный разъединитель разомкнут) Увеличение надёжности энергоснабжения при отказах При отказе в одной из систем шин возможна работа всех траекторов с 50% мощностью Возможность использования стандартного оборудования</p> <p>Недостатки Появление дополнительных шин распределения</p>

Существенным преимуществом СЭЭС на постоянном токе является отсутствие требования синхронной работы генераторов, что позволяет достичь минимального расхода топлива при различных нагрузках благодаря выбору их оптимальной частоты вращения.

Выводы. Таким образом, на судах с электрическими пропульсивными установками целесообразно исключить крупные трансформаторы из цепи питания гребных электродвигателей и применить трансформаторы для питания других судовых потребителей. Это дает возможность сократить массу и габариты, повысить к.п.д. СЭЭС, а также выбрать оптимальный уровень напряжения питания.

Получают дальнейшее распространение: концепция гибкого и интеллектуального распределения электропитания на судах, а также тенденция использования микросетей в виде распределенной генерации, распределенных возобновляемых источников энергии, локальных электрических нагрузок в качестве независимых и самодостаточных объектов [6]. Проведенные исследования в этом направлении [7,8] предлагают ряд передовых методов в области контроля, управления и оптимизации, которые позволяют определить технический интерфейс, обеспечивающий применение микросетей в морских электроэнергетических системах.

Несмотря на преимущества, предлагаемые интегрированными энергосистемами (IPS), которые можно рассматривать как крупномасштабные бортовые микросети на основе постоянного тока, все еще остается сложной задача - добиться стабильности напряжения в условиях высоких динамических нагрузок судна, особенно при динамическом позиционировании и одновременной оптимизации экономии топлива в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. О.В. Глазева, В.Б. Власов Применение высоковольтных преобразователей частоты как метод повышения индекса энергоэффективности на объектах морской индустрии /Матеріали науково-методичної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика», 05.12.2018 - 06.12.2018. – Одеса: НУ «ОМА», 2018. – С.70-78
2. Espen Skjong, Rune Volden, Egil Rødskar, Marta Molinas, Member, IEEE, Tor Arne Johansen, Senior Member, IEEE, and Joseph Cunningham. Past, Present and Future Challenges of the Marine Vessel's Electrical Power System, IEEE TRANSACTIONS ON TRANSPORTATION ELECTRIFICATION, 2016, pp.1–16.
3. Rene Prenc, Aleksandar Cuculić, Ivan Baumgartner, «Advantages of using a DC power system on board ship», Pomorski zbornik 52 (2016), pp. 83 – 97P. Vijayarajan1, A. Shunmugalatha, M. A. Jagabar Sathik. A New Hybrid Multilevel Inverter Topology for Medium and High Voltage Applications./ Applied Mathematics & Information Sciences Appl. Math. Inf. Sci. 11, No. 2, 2017, pp. 497–508
4. Чушанков Д.Ю., Шабалин Л.Д. Перспективы применения сети постоянного тока на судах рыбопромыслового флота // Вестник молодежной науки. 2018. №4 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-seti-postoyannogo-toka-na-sudah-rybopromyslovogo-flota> (дата обращения: 06.05.2019).
5. William P Symington, Alan Belle, Hung D Nguyen and Jonathan R Binns, «Emerging technologies in marine electric propulsion», ProcIMEchE Part M: J Engineering for the Maritime Environment, March 4, 2016, pp.1–12.
6. R. E. Hebner, F. M. Uriarte, A. Kwasinski, A. L. Gattozzi, H. B. Estes, A. Anwar, P. Cairoli, R. A. Dougal, X. Feng, H.-M. Chou, L. J. Thomas, M. Pipattanasomporn, S. Rahman, F. Katiraei, M. Steurer, M. O. Faruque, M. A. Rios, G. A. Ramos, M. J. Mousavi, and T. J. McCoy, “Technical cross-fertilization between terrestrial microgrids and ship power systems,” Journal of Modern Power Systems and Clean Energy, 2015, pp. 1–19.
7. Shantha Gamini Jayasinghe, Lasantha Meegahapola, Nuwantha Fernando, Zheming Jinand Josep M. Guerrero, «Review of Ship Microgrids: System Architectures, Storage Technologies and Power Quality Aspects Inventions», 2017, 2, 4 pp. 1–19.
8. Jin, Z.; Sulligoi, G.; Cuzner, R.; Meng, L.; Vasquez, J.C.; Guerrero, J.M. Next-Generation Shipboard DC Power System: Introduction Smart Grid and dc Microgrid Technologies into Maritime Electrical Networks. IEEE Electrifi. Mag. 2016, 4, 45–57.

УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРОРЕАКТИВНОГО СУДНОВОГО ДВИГУНА

*Самохвалов В.С., Джуринська А.О., Смоляной Є.С., Самохвалов І.Є., Клок В.В.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова
(Україна)*

У даній роботі досліджується гідрореактивний судновий двигун, що містить послідовно розташовані водогін з водозабірником та дифузором, систему підготовки стиснутого газу, яка виконана у вигляді генератора стиснутого газу, оснащеного впускним керованим імпульсним клапаном, що з'єднує його з водогоном, і який також містить впускний відсічний клапан, встановлений на водозабірнику, який відрізняється тим, що в системі підготовки стиснутого газу встановлено кулісні механізми для приводу пластинчатих рушіїв, розташованих в секторальних каналах водогону симетрично діаметральній площині судна з впускними відсічними клапанами на бокових стінках каналу.

Відомо про прямотечійний гідрореактивний судновий двигун, що містить послідовно розташовані водозабірник, направляючий апарат, сопло та вихідний дифузор, з'єднаний двома робочими камерами згоряння, паливну систему, систему запалення та синхронізуючу систему з датчиками. Особливість полягає у тому, що його виконано з комутаційною камерою з гідроінвертором, розміщеною між соплом та вихідним дифузором, поворотною підпруженою заслінкою, встановленою у комутаційній камері, та сепараторами, змонтованими між робочими камерами та камерами згоряння, при цьому вихідні кінці робочих камер сполучені з комутаційною камерою та розміщені під гострим кутом до її повздовжньої осі та симетрично відносно останньої, а датчик синхронізуючої системи виконано у вигляді осьової турбіни, встановленої в направляючому апараті двигуна. Але у цього рішення складна конструкція через велику кількість вузлів та складових елементів. Крім того, мета підвищення потужності, тяги та ККД досягається лише частково, тому що різко знижуються можливості їх досягнення через наявність такої кількості проміжних ланок, направляючий апарат, комутаційна камера з гідроінвертором, сепараторами, змонтованими між робочими камерами і камерами згоряння, датчик синхронізуючої система у вигляді осьової турбіни.

Ставиться задача удосконалення гідрореактивного суднового двигуна, у якого конструктивне удосконалення водогону та зміна схеми розподілу енергій двигуна дозволили зменшити енерговитрати та поліпшити економічні, динамічні характеристики пропульсивного комплексу і керованість для маломірних суден при малих швидкостях та при обмеженому заглибленні.

Поставлена задача вирішується тим, що для підвищення керованості на малих швидкостях і поліпшення розгінних характеристик режиму розгону судна в системі підготовки стиснутого газу гідрореактивного суднового двигуна передбачено відбір потужності за допомогою кулісного механізму для приводу пластинчатих рушіїв, розташованих в секторальних каналах водогону симетрично діаметральній площині судна з впускними відсічними клапанами на бокових стінках каналу для заповнення сектора водою. Секторальні канали виконані з можливістю повертатися відносно осей пластинчатих рушіїв і змінюють напрямок руху судна. При виході двигуна на номінальний режим сторони секторального каналу сходяться і приймають форму пера руля, припиняється відбір потужності для приводу балера пластинчатих рушіїв.

Можливість забезпечити судну просування вперед за рахунок суднового рушія «мартенота» у вигляді коливальної поверхні, була запропонована в 1703 р. французьким винахідником Мартенотом. Рушій являв собою циліндричний сектор, що повертає з борта на борт і своїми плоскими поверхнями утворює силу упору, котра рухає судно.

Відомо також, що англійський торговець В. Джоест в 1841 р. одержав патент на рушій, названий ним «подвійний риб'ячий хвіст». У кормі судна замість керма він пропонував установити раму, яку можна повертати з борта на борт яким-небудь приводом. Прикріплені за середину до рами дві рухливі пластини при поворотах рами повинні загрибати воду.

У Німеччині під керівництвом професора Г. Хертеля були здійснені дослідження особливостей рушійних комплексів морських тварин і на їхній базі запропонована й експериментальне реалізована ідея використання на судні як рушія пружного вертикального крила, що махає. Із цією метою була створена модель із коливальним приводом. Рушій, що приводиться у рух спеціальним приводом, на цій моделі був виконаний з тонкого металевого листа довжиною 0,4 м, висотою 0,1 м і товщиною 0,3 мм, що робив поперечно-крутильні коливання з амплітудою поперечних $a = 70$ мм і крутильних коливань $\beta_0 = 35^\circ$ і частотою $f = 3,1$ с⁻¹. За рахунок пружних властивостей пластини на її поверхні виникала хвиля довжиною $\lambda = 0,55$ м і середньою фазовою швидкістю $c = 1,7$ м/с. Швидкість поступального руху моделі становила $v_0 = 0,65$ м/с, при цьому коефіцієнт корисної дії рушія коливального типу був $\eta_0 = 0,5 \dots 0,6$.

Недоліками вищезгаданих рушіїв є – низький коефіцієнт корисної дії. Крім того, мета підвищення потужності, тяги та ККД досягається лише частково, тому що різко знижуються можливості їх досягнення через відсутність секторального каналу, котрий спрямовував би весь потік в потрібному напрямку.

Сутність корисної моделі пояснюється ескізами, на яких показано загальну схему компоновки гідрореактивного двигуна на судні (рис. 1, а і б) і двома положеннями відбору потужності за допомогою кулісного механізму для приводу пластинчатих рушіїв, розташованих в секторальних каналах водогону (рис. 3, а і б), його коротким описом і принципом роботи.

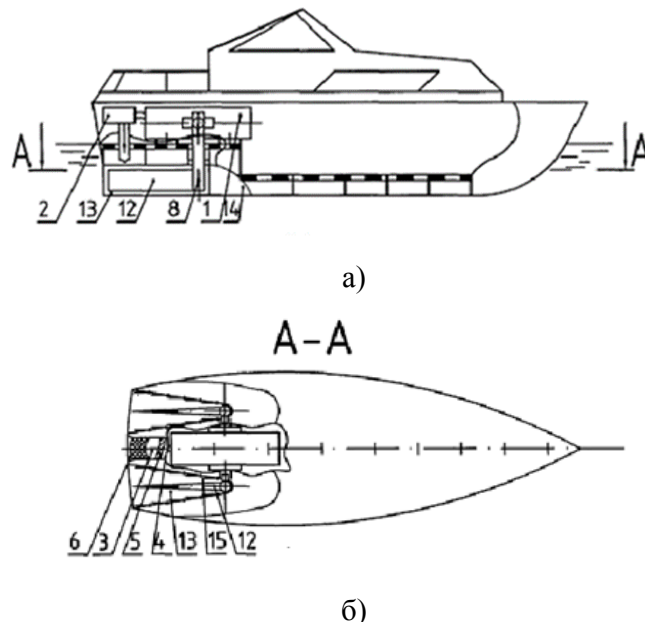


Рисунок 1 – Загальна схема компоновки гідрореактивного двигуна

Пропонований гідрореактивний судновий двигун, що забезпечує зменшення енерговитрат, вирішує керованість на малих швидкостях і поліпшує розгінні характеристики для маломірних суден, містить: вільно-поршневий генератор-двигун стиснутого газу 1, підключений через керований імпульсний клапан 2 до водогону 3, який містить водозабірник 4 з впускним відсікаючим клапаном 5 та дифузор 6. Впускний керований імпульсний клапан 2 виконано швидкодіючим, наприклад у вигляді соленоїдного вентиля з електромагнітним приводом – електромагнітний сальниковий

вентиль, а впускний відсікаючий клапан 5 – типу зворотнього клапану. Поршні у генератора-двигуна стиснутого газу 1, з'єднанні штоком 7. Від гідрореактивного суднового двигуна передбачено можливість відбору потужності для приводу балерів пластинчатих рушіїв 8 в режимі розгону судна за допомогою кулісних механізмів, які складаються з куліс 9, плечей відбору потужності від двигуна 10 та плечей підводу потужності 11 до пластинчатих рушіїв 12. При чому пластинчасті рушії 12 розташовані в секторальних каналах 13 симетрично діаметральній площині судна. Секторальний канал утворено чотирма потягоспрямовуючими площинами у водозабірнику 14. Бокові стінки секторального каналу містять впускні відсічні клапани 15 для заповнення сектора водою. Секторальні канали 13 мають можливість повертатися відносно осей пластинчатих рушіїв 16 за допомогою черв'ячної передачі 17, дозволяючи змінювати напрямок руху судна.

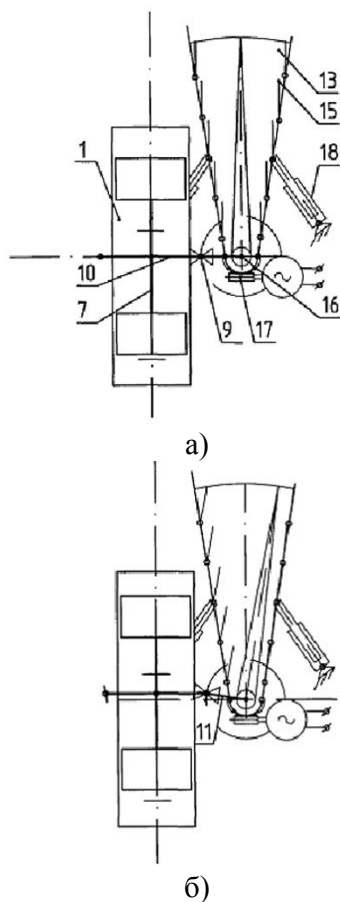


Рисунок 2 – Короткий опис положень відбору потужності за допомогою кулісного механізму для приводу пластинчатих рушіїв

Робота гідрореактивного суднового двигуна при режимі розгону судна відбувається так. Генератор-двигун стиснутого газу 1, працює як двигун, вся потужність, котра відбирається, повністю йде на привод балерів пластинчатих рушіїв 8 за допомогою кулісних механізмів 9. На схемі (рис. 2) показано нейтральне положення пластинчатого рушіїв в секторальному каналі 13 та положення куліси 9 і поршнів генератора-двигуна стиснутого газу 1. Коли поршень генератора-двигуна стиснутого газу 1 доходить до мертвої точки (рис. 2), то пластинчатий рушій переміщується до крайнього положення секторального каналу, при цьому впускні відсічні клапани 15 на боковій стінці закриваються і вода, яка була в цьому секторі, виштовхується назовні, утворюючи упор, який передається судну. З іншої сторони пластинчатого рушіїв в цей час йде процес наповнення сектора водою, відсічні клапани 15 відкриті. Секторальні канали 13 виконані з можливістю повертатися відносно осей пластинчатих рушіїв 16 і змінюють напрямок руху

судна за допомогою черв'ячної передачі 17. За допомогою секторального каналу ми отримуємо більш високий коефіцієнт корисної дії рушія, приблизно $\eta = 0,5 \dots 0,6$ і високу керованість. При виході двигуна на номінальний режим роз'єднуються кулісні механізми 9, припиняється відбір потужності для приводу балерів пластинчатих рушіїв. Сторони секторального каналу сходяться за допомогою гідроциліндрів 18 і приймають форму пера руля. Далі на номінальному режимі двигун 1 працює як генератор стиснутого газу у такий спосіб. У вихідному положенні водогін 3 через водозабірник 4 заповнюється водою. При відкриванні впускного керованого імпульсного клапана 2 порція продуктів згоряння палива за термін часу T_1 надходить у водогін. При цьому у водогоні 3 різко підвищується тиск, що призводить до закриття клапана відсічного 5 та викидання маси води (на схемі заштрихована) через вихідний дифузор 6. Цей процес здійснюється протягом часу T_2 . В міру пересування водяного «снаряду» по водогону 3 в зоні клапана 5 тиск буде падати, оскільки об'єм, зайнятий порцією газу, буде збільшуватися. Нарешті наступить момент, коли тиск води відкриє відсікаючий клапан 5 і до водогону 3 через водозабірник 4 надійде нова порція води, після чого цикл повториться. Керування клапаном 2 здійснюють з пульта керування судном.

Конструкція запропонованого двигуна підвищує його тягу в результаті указаної компоновки. Вирішується керованість на малих швидкостях і поліпшуються розгінні характеристики для маломірних суден. Двигун 1, в якому передбачено можливість відбору потужності для привода балера пластинчатих рушіїв 8 під час режиму розгону судна, також працює на номінальному режимі як генератор стиснутого газу, з'єднаний з водогонем 4 через керований імпульсний клапан 5, встановленим у водогоні на водозабірнику. Відзначений ефект досягається за рахунок виключення із схеми ланцюгу проміжних ланок прототипу: направляючий апарат, комутаційна камера з гідроінвертором, сепараторами, змонтованими між робочими камерами і камерами згоряння, датчик синхронізуючої системи у вигляді осьової турбіни. При цьому за механізмом процесу ефект реалізується в значній мірі за рахунок пульсування реактивних водяних струменів – потужного викидання водяних снарядів, в результаті того, що робочий процес починається у двигуні і закінчується у рушії. При роботі не створюється обертовий рух потоку струменів, що також знижує енергетичні витрати у порівнянні з відомими рушіями.

Промислове застосування передбачає зниження витрат палива, в середньому до 15 % при достатній екологічності процесу.

З метою підвищення ефективності гідрореактивного суднового двигуна інтерес представляє дослідження впливу форми сопла секторального каналу на пропульсивні характеристики рушієво-двигунного комплексу.

На нашу думку, вдосконалення потребує підбір матеріалу для виготовлення пластинчастого рушія в секторальному каналі. Заміна сталі на вуглепластик є темою окремого дослідження.

ВПЛИВ ВМІСТУ МОЛІБДЕНУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРНАРНОГО СПЛАВУ

Сачанова Ю.І., Сахненко М.Д., Ведь М.В., Єрмоленко І.Ю.

*Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"
(Україна)*

Пріоритетним напрямком сьогодення вважається підвищення фізико-механічних характеристик конструкційних та функціональних матеріалів. Вирішення цих проблем напряму пов'язано створенням міцних та твердих матеріалів, зменшенням витрат на відновлення пошкоджених поверхонь, створення виробів із застосуванням smart-матеріалів та ін. Однією з найживаніших технологій створення таких матеріалів і покривів є гальванохімічна, яка дозволяє формувати покриття металами, сплавами, оксидами та композитами. При нанесенні гальванічних покривів сплавами як легуючі елементи активно використовують тугоплавкі метали, такі як молібден і вольфрам [1]. Кожен із означених компонентів впливає на експлуатаційні характеристики сплавів. Сталий інтерес щодо включення цих металів до складу гальванічних покривів пов'язаний із позитивним досвідом і їх тривалим застосуванням в ролі додаткових компонентів при виготовленні сталей та промислових покривів сплавами. Тож розробка технології виробництва міцних і корозійностійких електролітичних покривів набуває все більшої актуальності. У роботі розглянуто вплив вмісту молібдену на мікротвердість і стан поверхні гальванічних покривів сплавом залізо-кобальт-молібден, проаналізовано вплив вмісту молібдену на фізико-механічні властивості покривів та визначено раціональний вміст молібдену в тернарному сплаві.

Дослідження функціональних властивостей проводили на сплаві Fe-Co-Mo із варіюваним вмістом молібдену [2]. Керування кількістю тугоплавкого компоненту в сплаві здійснювали шляхом змінювання параметрів електролізу, а саме густини струму. Для формування покривів тернарними сплавами було використано солі заліза (III) і кобальту (II), а в ролі легувальної добавки до складу розчинів вводили молібдат-іони. Як ліганд застосовано цитрат натрію, який утворює міцні комплекси з означеними металами [3]. До складу електролітів також вводили сульфат натрію, як добавку, що суттєво підвищує електропровідність, та боратну кислоту, яка визначає буферну ємність електролітів. Досліджувані покриття формували на постійному струмі в діапазоні густин 2-5 А/дм². Для встановлення залежності мікротвердості від вмісту молібдену були обрані сплави, в яких кількість легуючого компоненту змінювалась з 10 до 18 ат.%.

Хімічний склад покривів встановлювали методом рентгено-флуоресцентного аналізу з використанням портативного спектрометра «СПРУТ». Вимірювання мікротвердості за Вікерсом проводили за допомогою твердоміра ПМТ-3.

Встановлено, що мікротвердість H_v для залізо-кобальт-молібденового сплаву в залежності від кількості молібдену знаходиться в інтервалі 3775–3864 МПа, що перевищує значення для кожного із сплавотвірних компонентів : Fe–1961 МПа, Co–1275 МПа, Mo–1471 МПа.

Необхідно підкреслити, що із збільшенням густини струму осадження покриття мікротвердість лінійно зростає (рис. 1), як і кількість молібдену – легувального компоненту, вміст якого також збільшується при зменшенні кількості заліза в сплаві, тоді як вміст кобальту залишається майже незмінним. Оптимальний вміст молібдену становить 16-18 ат.%, оскільки подальше зростання кількості молібдену в сплаві призведе до виникнення значних внутрішніх напружень, які, в свою чергу, сприятимуть появі в осаді мікротріщин.

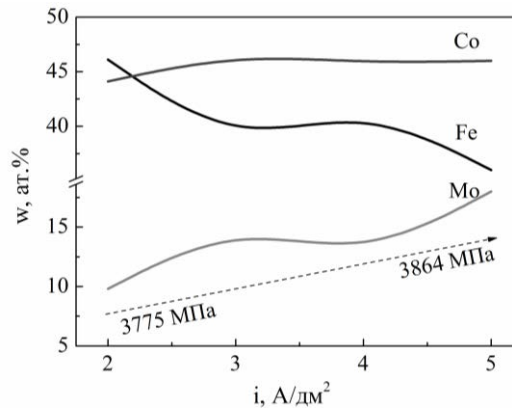


Рисунок 1 – Залежність значення мікротвердості та вмісту компонентів від густини струму

Таким чином, на підставі отриманих результатів досліджень встановлено залежність мікротвердості сплаву залізо-кобальт-молібден від вмісту молібдену в покриттях. Доведено, що при збільшенні вмісту молібдену в сплаві до 16–18 ат.%, мікротвердість досягає 3800–3864 МПа, що перевищує значення для кожного зі сплавотвірних компонентів. Це дозволяє рекомендувати покриття сплавами Fe-Co-Mo для зміцнення поверхонь виробів широкого спектру призначення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Karakurkchi A.V., Ved' M.V., Sakhnenko N.D., Yermolenko I.Yu., Zyubanova S.I., Kolupayeva Z.I. *Functional Materials*, 2015, Vol. 22, № 2. – P.181-187.
2. Yermolenko I.Yu., Ved M.V., Sakhnenko N.D., Sachanova Y.I. *Nanoscale Research Letters*, 2017, Vol. 12. – P. 352.
3. Каракуркчі Г.В., Ведь М.В., Єрмоленко І.Ю., Сахненко М.Д. Електролітичні покриття сплавами заліза для зміцнення і захисту поверхні: монографія. – Х.: ФОП Панов А.М., 2017. – 200 с.

ЕКОЛОГІЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ

Свиридов В.І., Кучеренко М.Е., Хрипченко В.Г.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім.адмірала Макарова
(Україна)

Вступ. Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення з суден 1973 року змінена протоколом 1978 році (MARPOL-73/78 - MarinePollution) прийнята 2 листопада 1973 року на Міжнародній конференції по запобіганню забрудненню моря і була скликана ІМО.

MARPOL-73/78 є головним міжнародним документом, в якому передбачені заходи щодо скорочення і запобігання забруднення морського середовища шкідливими речовинами, які перевозяться на судах або утворюються в процесі їх експлуатації.

Метою даного дослідження є проведення аналізу існуючих методів і технічних засобів очищення нафтовмісних вод. Ось чому сьогодні велика увага приділяється обладнанню, здатному очистити або переробити нафтовмісні відходи з суден.

Вибір способу очищення і застосування очисних пристроїв залежить від фізико-хімічних властивостей забруднювачів, вимог, що пред'являються до ступеня очищення рідини, місця установки і умов експлуатації обладнання. При очищенні води від нафти і нафтопродуктів найбільше застосування знайшли хімічна коагуляція і метод флотації, однак найбільш універсальними та сучасними вважаються методи біологічної очистки. Біохімічний спосіб очищення судових стічних вод може бути оцінений як найефективніший за ступенем очищення води від нафти. Всі відомі методи очищення від нафтового забруднення базуються на процесах хімічного окислення (озонування і хлорування). Для спалювання висококонцентрованих або високотоксичних стічних вод, які містять нафтопродукти, застосовують термічне знешкодження. При очищенні вод з низькою забрудненістю нафтою рекомендують застосовувати адсорбційний метод, так як він дозволяє досягти ефективності очищення нафтозабруднених вод до 99,5%.

Нафтовмісні стічні води являють собою складну багатокомпонентну і багатофазну систему, органічна частина (50...98%) якої представлена нафтовими вуглеводнями (алифатичними, полі- і гетеро-циклічними, ароматичними) і їх складовими. До особливостей нафтовмісних вод в судових стоках можна віднести їх порівняно низьку щільність (від 0.70...0.76 до 0.94 г/см³). Основна маса нафтопродуктів, потрапивши в воду, утворюють плівку на її поверхні або концентруються на дні моря, при цьому стаючи джерелами вторинного забруднення.

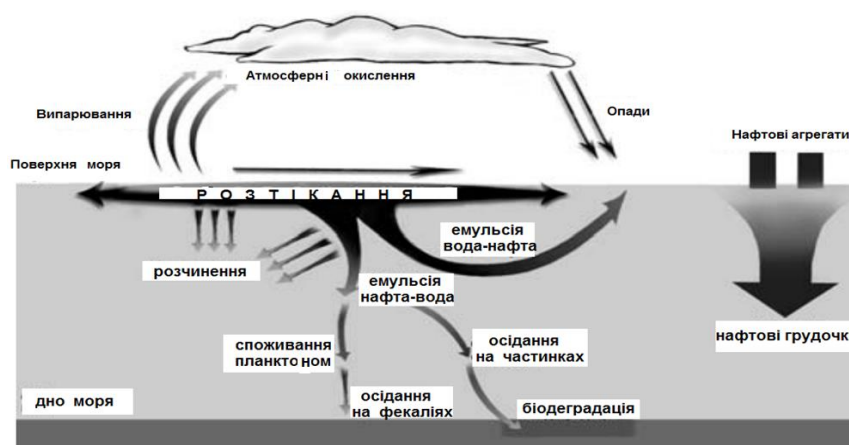


Рисунок 1 – Сукупність основних процесів, яким піддається нафта в водному середовищі

Основними завданнями екологічного моніторингу океану є створення систем спостережень за джерелами і факторами антропогенних впливів і біологічними ефектами в

морських екосистемах, а також визначення допустимого навантаження на екосистеми (розробляється на основі оцінки, аналізу і прогнозу стану океану).

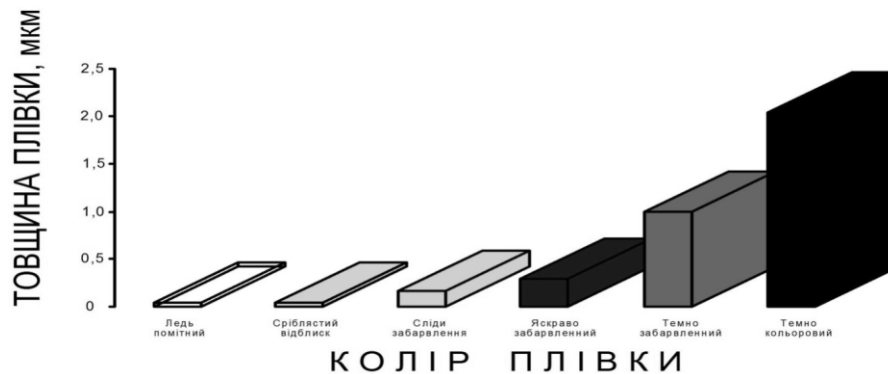


Рисунок 2 – Залежність забарвлення нафтової плівки на поверхні води від її товщин

В даний час в рішенні екологічних задач в морських акваторіях знайшли широке застосування фотографічні, телевізійні, спектральні, лідарні, теплові, радіолокаційні та інші види спостереження, які проводяться з наземних, суднових, аерокосмічних та інших носіїв.

Для моніторингу нафтових забруднень необхідно проведення безперервних спостережень в часі, виходячи з продуманого розподілу вимірювальних ресурсів в просторі, тому інформаційна система про стан водної поверхні повинна бути дистанційною, розподіленою, багатосенсорною і автоматизованою.

Використання методів і технічні засоби очищення нафтовмісних вод.

Для виділення нафтопродуктів з льяльних і баластних вод на судні або морському спорудженні мають бути сертифіковані класифікаційним товариством спеціальні сепаруючі і насосні установки. Судна, що не мають фільтруючого обладнання, повинні зберігати всі нафтовмісні води на борту в спеціальних цистернах і здавати їх на плавучі приймальні очисні споруди.

Серед відомих методів очищення вод (НМВ) можна виділити методи: фізичні, біологічні, колоїдно-хімічні, електричні та динамічні. У технології очищення суднових нафтовмісних вод у даний час знаходять застосування методи коалесценції, відстою і подальшої фільтрації НМВ, в основі яких лежать безреагентні процеси поділу нафтоводних сумішей. Вони на судах знайшли широкі застосування і є економічно доцільними в порівнянні з іншими відомими методами, при цьому, не змінюють властивості нафтопродуктів, що дає можливість використовувати вуглеводні вдруге за прямим призначенням, наприклад, спалювати в топках суднових парових котлів.

Технологія очищення забруднених НМВ від вуглеводнів визначається суворим переліком вимог, що пред'являються до глибини (якості) очищення.

Існуючі міжнародні та національні правила багатьох держав допускають наявність спеціальних пристроїв, які забезпечують очистку за допомогою наступних способів очищення забруднених нафтою вод:

- а) відстоювання;
- б) флотация:
 - пневматична;
 - напірна;
- в) електрохімічне очищення;
- г) адсорбція;
- д) озонування;
- е) біохімічне очищення;
- ж) біологічне очищення;
- з) рідкофазне окислення - полягає в окисленні органічних домішок киснем повітря при температурі не вище 350 ° С.

Нафтоочисне обладнання та поділення його за ступенем очищення.

– нафтоводяне сепаруюче обладнання - це сепаратор або фільтр або їх комбінація, які забезпечують отримання вмісту нафти в лляльних водах менше 100 ppm;

– нафтофільтруюче обладнання - це комбінація пристроїв (сепаратора, фільтра, коалесцируючого елемента), яке забезпечує одержання утримання нафти в лляльних водах не більше 15 ppm.

За принципом дії суднові нафтоочисні сепараційні установки можна умовно розділити на наступні основні типи:

– гравітаційні (природний відстій) – найбільш економічні, але цей тип сепараційних установок не забезпечує необхідної якості очистки;

– флотажні (насичення води, що очищається бульбашками повітря, які при спливанні захоплюють за собою частки нафтопродуктів і утворюють при цьому нафтоводяну піну, яка скидається в збірну цистерну);

– коалесцючі (укрупнення частинок нафтопродуктів за рахунок їх злиття на матеріалі з подальшим відривом укрупнених крапель від поверхні коалесцючого матеріалу, в сплитинні і стоці в збірний танк).

– фільтраційні (затримання частинок нафтопродуктів шаром фільтруючих матеріалів);

– відцентрові(поділ часток різної щільності при впливі відцентрових сил)

Відомо, що частинки нафтопродуктів в лляльних та інших забруднених нафтою водах, як правило, знаходяться в підвішеному стані. Нафтоводяна емульсія містить нафтові краплі діаметром не більше 250 мкм. Краплі, починаючи з діаметра понад 200 мкм, швидко спливають, утворюючи на поверхні води нафтову плівку. В емульсії зберігаються в стійкому стані близько 50% крапель нафти діаметром до 10 мкм, 25% крапель діаметром від 10 до 30 мкм, решта – це краплі від 30 до 200...250 мкм. Залежно від розміру часток утворюється той чи інший стан нафтоводяної суміші.

Льяльні води погано очищаються від нафти шляхом гравітаційного відстою, оскільки сили тертя при спливанні дрібних крапель нафти порівнянні з підйомною силою спливання, а найбільш дрібні частинки схильні до молекулярного впливу, що перешкоджає їх швидкому спливання. Це пояснюється тим, що в ряді випадків це устаткування, яке успішно пройшло стендові випробування, виявляється недостатньо надійним в реальних умовах експлуатації. Нафта, потрапляючи в льяльні води в результаті перемішування з водою, при хитах судна, при проходженні трубопроводами, клапанами піддається емульгуванню, яке не утворює мілкодисперсну фазу і нафта швидко відстоюється. При проходженні нафтоводяної суміші через насос нафтові краплі дробляться, утворюючи стійку емульсію («вторинне емульгування»), яку гравітаційним відстоєм практично розшарувати неможливо. Найбільш ефективні умови для роботи сепаратора гравітаційного типу забезпечуються при роботі його в вакуумному режимі, це той випадок, коли насос, встановлений на виході сепаратора, «протягає» суміш через сепаратор. При цьому режимі повністю виключається вторинне емульгування, завдяки чому нафтовміст рідкої фази на виході знижується в 1,5...2 рази в порівнянні з подачею води, що містить нафту при напорі з боку насоса на вході в сепаратор.

Зниження концентрації нафтопродуктів у воді може відбуватися в результаті їх природного розпаду і хімічного окислення, випаровування і біологічної деструкції аборигенною мікрофлорою. У зв'язку з цим для інтенсифікації процесів очищення води від нафтових забруднювачів використовують механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи, а також їх комбінування, що дозволяє досягти необхідного ступеня очищення з мінімальними витратами. Слід зазначити, що вибір способу очищення в кожному конкретному випадку визначається джерелом і характером забруднення, кількістю забруднюючої речовини.

Використання суднового стаціонарного обладнання очищення нафтовмісних вод дозволяє очищати їх зі ступінем очищення менш 15 ppm. На теперішній час знайшли застосування більш прогресивні технології в установках Taiko Ship Clean «SBT Series» компанії Taiko Ship Clean (Японія), яка займається розробкою новітніх технологій біофільтраційного обладнання, з рівнем очищення до 6 ppm, та установки «Deoiler 2000» виробник (Канада), розроблені компанією NFV «Norddeutsche Filter Vertriebs GmbH», в роботі якої використовуються способи очищення нафтовмісних вод – відстійний та адсорбційний з рівнем очищення 4...6 ppm.

Висновки. В роботі розглянуто вплив судових нафтових забруднень на Світовий Океан, який критично проявляється в зміні його фізичного, фізико-хімічного та хімічного стану, що викликає гальмування інтенсивності біологічних процесів в навколишньому середовищі.

Розглянуто способи очищення судових вод від нафтопродуктів з обґрунтуванням доцільності застосування серед існуючого різноманіття способів (механічних, хімічних, фізико-хімічних і біологічних) очищення забруднених стоків; найбільш перспективними є застосування біотехнологічних методів, заснованих на використанні біореакторів з імобілізованої монокультури або асоціацією вуглеводневих окислюючих мікроорганізмів.

Як найбільш перспективна застосовується обробка окисленням озоном нафтовмісних вод, що дає можливість озону окислити їх верхній шар від нафтозабрудненої молекули.

Розглянуто сучасне обладнання очищення нафтовмісних вод, зі ступеню очищення менше 6 ppm

В роботі подано порівняльну характеристику суднового сучасного стаціонарного обладнання по очищенню нафтовмісних вод, а також даний аналіз очищених нафтовмісних вод.

ЛІТЕРАТУРА

1. Судовой механик: Справочник // Авт. кол.; Под ред. А.Л. Фока, д.т.н., судового старшего механика. - В 3-х т. - Т. 2. - Одесса: Феникс, 2010. - 1032 с.
2. Решняк В.И. Стратегия предотвращения загрязнения внутренних водных путей и моря при эксплуатации судов / В. И. Решняк, В. Е. Леонов // Современные и инновационные технологии: сб. трудов междунар. конф. - Херсон, 2011.
3. Ткаченко И.В. Метод отделения водной компоненты от нефтесодержащих примесей в судовых льяльных водах, основанный на гидродинамическом процессе суперкавитации // Проблемитехніки: наук.-виробн. журнал. Київ – 2010. – №3. – С. 59-70.
4. Двадненко М.В., Привалова Н.М. Методы очистки вод от загрязнений нефтью и нефтепродуктами // Международный журнал экспериментального образования. – 2017. – № 3-1. – С. 90-91;
5. Решняк В.И. Исследование особенностей процесса окисления в дисперсной системе «вода -эмульгированные нефтепродукты» / В.И. Решняк, А.С. Курников, К.В. Решняк // Журнал ун-та водн. коммуникаций. 2010. № 7. С. 171-178.
6. Малахов А.В., Ткаченко И.В., Гугуев О.Е., Мусорин А.А. Гидродинамическая технология обработки судовых льяльных вод // Проблемитехніки: наук.-виробн. журнал. Київ – 2009. – №3. – С. 76-82.
7. Решняк В.И. Предотвращение загрязнения водоемов нефтесодержащей подсланевой водой при эксплуатации судов и судовых энергетических установок: моногр. / В.И. Решняк. - СПб, СПбГУВК, 2011.-207с.
8. Discharge limits // Marine Engineers Review Journal, February 2001, p. 27, The Institute of Marine Engineers, London.

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЭКИПАЖА СУДНА

Селиванов С.Е., Тарасенко А.Н.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Работа посвящена исследованию влияния климатогеографических факторов на состояние здоровья моряков, находящихся в рейсе, и, соответственно, на их трудоспособность. К таким факторам относятся температура, физико-химические свойства воздуха и фотопериодические колебания. Изучение влияния этих факторов является актуальной задачей при решении вопросов обеспечения сохранения здоровья и трудоспособности плавсостава, что в дальнейшем выражается важной задачей в проведении мероприятий по следующим основным направлениям: прогнозирование и предупреждение нарушений состояния здоровья, донозологическая диагностика (гигиеническая донозологическая диагностика – оценка функционального состояния организма и его адаптационных возможностей в период, когда ещё отсутствуют явные признаки заболеваний) и своевременное медицинское обеспечение, реабилитационные мероприятия в послерейсовый период.

Основной текст. Экипажи морских судов, как правило, работают в различных климатических условиях – от тропиков до полярных зон. Климат в разных точках Земного шара отличается.

С древних времен учёные делили Землю на климатические пояса в зависимости от высоты солнца над горизонтом и длины дня. Само слово «климат» в переводе с греческого языка означает наклон Солнца. Действительно, климатические различия на нашей планете связаны в первую очередь с тем, что тепло от Солнца распределяется по поверхности Земли неравномерно. Также большое влияние на особенности климата оказывает циркуляция атмосферы, режим выпадения осадков и другие так называемые «климато-образующие факторы». Они, в свою очередь, сильно зависят от географических условий, прежде всего от географической широты.

Территории с похожим климатом представляют собой широкие полосы – так называемые климатические пояса», которые постепенно сменяют друг друга по мере продвижения от экватора к полюсам. Климатические пояса – широтные полосы земной поверхности, имеющие относительно однородный климат.

Рассмотрим рейс судна на юг от субтропического пояса.

Приведем классификацию климатов Б. П. Алисова [1] – она наиболее логична и основана на физических процессах в атмосфере, и прежде всего на распределении по земному шару воздушных масс. Согласно этой классификации, на Земле существует 7 типов климатов, составляющих климатические пояса. 4 из них являются основными, а 3 – переходными. К основным типам относятся экваториальный, тропический, умеренный и полярный (в Северном полушарии – арктический, в Южном полушарии – антарктический). Они считаются основными, так как круглый год здесь господствуют одни и те же воздушные массы, характерные для этих климатических поясов.

Между основными находятся переходные пояса: субэкваториальный, субтропический и субполярный (в Северном полушарии – субарктический, а в Южном – субантарктический). Все переходные климатические пояса имеют в своем названии приставку «суб» (на латинском языке это означает «под»).

В переходных климатических поясах воздушные массы меняются по сезонам. Они приходят сюда поочередно из соседних поясов.

преобладающего в течение года, выпадает очень мало осадков. Летние температуры здесь выше, чем в экваториальном поясе. Средняя летняя температура $+20^{\circ}\text{C}$... $+27^{\circ}\text{C}$, зимняя $+10^{\circ}\text{C}$... $+15^{\circ}\text{C}$. Ветры – пассаты.

Субтропический климат. В субтропическом поясе $25 - 40^{\circ}$ ю. ш. летом господствуют воздушные тропические массы, а зимой вторгаются воздушные массы умеренных широт, несущие осадки. Лето значительно теплее зимы.

Умеренный климат. Формируется над территориями умеренных широт между 42° и 58° ю.ш. Умеренному климату присущи частые и сильные изменения атмосферного давления, температуры воздуха и направления ветра, происходящие из-за интенсивной деятельности циклонов. Средняя температура самого холодного месяца, как правило, ниже 0°C , самого тёплого – выше $+15^{\circ}\text{C}$.

Субантарктический климат. Субантарктический климатический пояс формируется к югу от 60° ю. ш. Летом из умеренных широт сюда приходят влажные воздушные массы, поэтому лето прохладное (от $+5$ до $+10^{\circ}\text{C}$) и выпадает около 300 мм осадков. Зимой на погоду в этом климате влияют антарктические воздушные массы, поэтому здесь длинные, холодные зимы, средняя температура самого холодного месяца -38°C .

Антарктический климат. Антарктический климатический пояс формируется ниже 65° ю. ш. На побережье, особенно в районе Антарктического полуострова, температура воздуха в среднем в самый тёплый месяц (январь) составляет 1°C ... 2°C . Зимой же (июль) на побережье температура в среднем за месяц колеблется от -8°C на Антарктическом полуострове до -35°C .

На моряка в рейсе в разных климатических поясах действует комплекс метеорологических факторов: температура и относительная влажность воздуха, скорость его движения, состояние неба (облачность, осадки, туман) и моря (волнение, зыбь), атмосферное давление и интенсивность солнечной радиации, аэроионизация воздуха, которые влияют на работоспособность и состояние здоровья членов экипажей [2].

Температура – один из важных абиотических факторов, влияющих на все физиологические функции организма. Температура зависит от географической широты, а также времени года. Для человека в легкой одежде комфортной будет температура воздуха $+19^{\circ}\text{C}$... $+20^{\circ}\text{C}$, без одежды – $+28^{\circ}\text{C}$... $+31^{\circ}\text{C}$.

На состояние организма в условиях повышенных температур большое влияние оказывает влажность воздуха. При температуре $+16^{\circ}\text{C}$... $+20^{\circ}\text{C}$ оптимальной является влажность воздуха 40 – 45 %. Повышение влажности до 80 % вызывает неприятные ощущения, а влажность выше 85 % приводит к нарушению терморегуляции организма. Неблагоприятное воздействие на организм человека оказывает и пониженная влажность (ниже 30 %). При слишком низкой влажности организм человека расслабляется, результатом чего является снижение трудоспособности. При повышенной влажности температура воздуха кажется более низкой, чем в действительности, а при пониженной влажности – наоборот.

На терморегуляцию организма большое влияние оказывает скорость движения воздушных масс. Если температура воздуха выше температуры тела, то повышенная скорость движения воздуха приводит к перегреву тела. При низких температурах движущегося воздуха возрастает теплоотдача от человека. Слишком низкая скорость воздуха (менее 0,2 м/с) неблагоприятно влияет на самочувствие человека в особенности при выполнении однообразной монотонной работы. Человек в этом случае быстро утомляется и заметно теряют трудоспособность. Чрезмерно высокая подвижность охлажденного воздуха в жарких помещениях может вызвать резкие перепады температуры, сопровождающиеся простудными заболеваниями. Наиболее чувствительно усиливает температурное ощущение ветер. При сильном ветре холодные дни кажутся еще холоднее, а жаркие – еще жарче.

Свойство организма поддерживать тепловой баланс называется терморегуляцией. Терморегуляция – это способность организма человека регулировать теплообмен с окружающей средой и сохранять температуру тела на постоянном нормальном уровне 36,6 °С. При понижении температуры окружающего воздуха возникают ограничения теплоотдачи организмом, что снижает кровоток в кожных покровах и уменьшает влажность кожи. При повышении температуры воздуха происходят обратные процессы.

В районах жаркого климата несомненным неблагоприятным фактором является интенсивная инсоляция, воздействию которой в значительной степени подвержена палубная команда. При работах на открытом воздухе в результате интенсивного солнечного облучения головы возможен солнечный удар. Он проявляется головной болью, расстройством зрения, рвотой, судорогами, но при нормальной температуре тела. В процессе адаптации к жаркому климату у людей наблюдается повышение температуры тела, учащение пульса и дыхания, снижение артериального давления (как систолического, так и диастолического), т.к. в жарком климате происходит перераспределение крови от внутренних органов к кожным покровам, поэтому артериальное давление летом ниже, чем зимой. Со стороны желудочно-кишечного тракта отмечается угнетение секреторной и моторной функции. Исследованиями доказано наличие изменения у моряков водно-солевого, витаминного, углеводного и белкового обмена [3].

Сильное перегревание организма приводит к тепловому удару – упадку сил, расстройством координации движений, потерей сознания, судорогами. Высокая температура при сохранении остальных параметров микроклимата вызывает быструю утомляемость работающего, нарушению координации движений и может оказаться причиной несчастного случая.

Влияние изменчивости климатических факторов проявляется в уменьшении комфорта для членов экипажа на судне и в физиологических изменениях в организме человека. Ухудшение комфортабельности увеличивает время реагирования моряка на изменение технологической обстановки, снижает точность и надежность его работы.

Изучение влияния этих факторов является актуальной задачей при решении вопросов обеспечения сохранения здоровья и трудоспособности плавсостава.

Изменения климатических и погодных условий не одинаково сказываются на самочувствии разных людей. У здорового человека при перемене климата или изменении погоды происходит своевременное подстраивание физиологических процессов в организме к изменившимся условиям окружающей среды. В результате усиливается защитная реакция, и здоровые люди практически не ощущают отрицательного влияния погоды. У больного человека приспособительные реакции ослаблены, поэтому организм теряет способность быстро подстраиваться. Влияние природно-климатических условий на самочувствие человека связано также с возрастом и индивидуальной восприимчивостью организма.

Проблема установления причинно-следственных связей между состоянием (качеством) окружающей среды и здоровьем человека является одной из ведущих среди социальных и прогностических задач

Выдающийся гелиобиолог А. Л. Чижевский еще в 1924 г. отметил, что «Человеческий организм – коллоидная система, которая претерпевает постоянные изменения, обладает утонченной чуткостью ко всяким внешним воздействиям и колебаниям. Любые колебания, которые могут и не доходить до уровня сознания приводят к нарушению равновесия в организме. Особенно резки колебания метеорологических элементов, так как они способны производить на человеческий и животный организм сильнейшие эффекты» [4]. Именно А.Л. Чижевский одним из первых обратил свое научное внимание на связи солнечной активности и возникновения эпидемиологических заболеваний, а также создал учение об аэроионизации, где впервые изучал эффекты

влияния «живого» и «мертвого» воздуха на здоровье человека и стал автором изобретений и цикла работ по аэроионизации.

На сегодня отделениями медицинской профилактики проводится работа по улучшению здоровья работников морского транспорта, снижению развития отклонений в состоянии здоровья лиц, работающих в условиях воздействий климатических факторов (в частности, моряков), для увеличения сопротивляемости и жизнестойкости организма, а также предупреждения возникновения патологических состояний [5].

С этой целью разрабатываются необходимые медико-социальные мероприятия.

К подобного рода мерам следует отнести [2]:

– индивидуальный подход к выбору плавсостава для проведения различных видов работ;

– раннее диагностирование преморбидных состояний (от лат. *prae* – перед и *morbus* – болезнь, т.е. предболезненных состояний), с возможным применением лабораторных методов для лиц, работающих в разных климатогеографических условиях;

– после рейса, связанного с работой в разных климатогеографических условиях, проведение системных мероприятий медико-реабилитационного назначения с целью восстановления ослабленных функций организма.

Создание системы эффективно действующих профилактических мер на морском транспорте является фактором, способным обеспечить повышение эффективности труда работающих при сохранении здоровья за счет внедрения мероприятий, направленных на повышение функциональной устойчивости организма человека, находящегося в специфических условиях обитания на объектах морского транспорта [6].

В заключение отметим, что в соответствии с классификацией, работа в море отнесена к одной из десяти самых опасных профессий в мире. Хотя для людей, не связанных с морем, этот факт может показаться удивительным (учитывая, что многие считают работу моряка «гламурной»), спросите моряка – и он начнет перечислять различные трудности, связанные со своей работой. Тщательное изучение потенциальных опасностей заставляет осознать, что работа в море – не для слабонервных, которые тяжело переносят разлуку с семьей и домом, или кому трудно работать в суровых климатических условиях.

Хорошая физическая подготовка имеет первостепенное значение, т. к. любая работа в море требует выносливости, и трудности, с которыми обычно сталкивается работник, невозможно преодолеть без крепкого здоровья.

Суда всегда находятся в подвижном состоянии – будь то обычные колебательные движения или сильная бортовая и килевая качка. Такое постоянное движение вызывает у многих морскую болезнь, которую не так просто победить даже бывалым морякам.

Морские рейсы подвергают экипаж судна воздействию экстремальных температур и погодных условий, особенно во время длительных плаваний, охватывающих множество стран и континентов. Судно сначала может оказаться в лютном холоде на Аляске, а затем в жарких и влажных условиях тропического климата. Моряк на судне должен уметь подстраиваться к любой погоде и уметь работать в любой среде.

Работать на морских судах трудно, но возможно. Несмотря на вышеперечисленные факторы неблагоприятных климатических условий и их частые смены, и многое другое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алисов Б. П. Географические типы климатов / Б. П. Алисов. Метеорология и гидрология. № 6.1936.

2. Лупачев В. В. Влияние климатогеографических условий на состояние здоровья моряков во время рейса (на основе анализа публикаций) / В. В. Лупачев, Р. В. Кубасов, Р.Б. Богданов. Вестник ГУМРФ им. адмирала С.О. Макарова, 2015. – С. 30 – 35.

3. Бойко Е. П. Гемодинамические сдвиги у моряков при плавании в тропических широтах / Е. П. Бойко. Кардиология. 1973. № 5. – С. 140 – 141.
4. Чижевский А. Л.. Физические факторы исторического процесса / А. Л. Чижевский, Калуга: 1-я Гостиполитография, 1924. – 72 с.
5. Архиповский В. Л. Организационные аспекты работы отделения медицинской профилактики по улучшению здоровья работников водного транспорта / В. Л. Архиповский, Е. В. Казакевич. Экология человека. № 12. 2007. – С. 48 – 52.
6. Л. М Мацевич, А. М. Вишневский, А. Б. Разлетова, А. С. Гамаюнов, Т.М. Лукина Факторы, формирующие среду обитания при эксплуатации объектов водного транспорта / ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, Казанский медицинский журнал, том 90, № 4. 2009. – С. 598 – 600.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ СУДОВЫХ АНТЕНН И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЛЕНОВ ЭКИПАЖА

Чабан В.А., Голосенко Н.С., Ярьсько Е.И.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Современное развитие мореплавания неразрывно связано с решением проблемы сохранения и укрепления здоровья моряков, улучшения условий их труда, быта, отдыха. Важнейшим условием сохранения здоровья моряков является обеспечение оптимальной среды обитания на судне.

Насыщение судов новыми техническими средствами приводит к увеличению количества неблагоприятных факторов и расширению диапазона их повреждающего действия на организм. Комплекс факторов, интегрально воздействующих на экипаж, обширен, к ним относятся неблагоприятные физические факторы, в их числе электромагнитные излучения. Электромагнитные поля (ЭМП) являются одним из распространенных вредных факторов судовой среды. Современный флот для безопасности судовождения оснащается навигационными радиолокационными станциями (РЛС), антенны которых являются мощными источниками электромагнитных излучений (ЭМИ) на открытых палубах и надстройках судов.

Обзор литературных источников показал, что в последнее время возросла значимость ЭМИ с развитием средств радиосвязи и радиолокации, создающих неблагоприятную электромагнитную обстановку на судне [1]. Были получены клинические данные о повреждающем действии ЭМП на организм человека [2]. Появились публикации зарубежных исследователей о возможности ЭМИ индуцировать канцерогенные эффекты у работающих в контакте с фактором [3].

Всё вышеизложенное послужило предпосылкой для постановки настоящего исследования, в части исследования электромагнитного поля судовых антенн и его влияние на здоровье членов экипажа

Целью работы является гигиеническая оценка электромагнитных полей от современных антенных средств на судах для разработки предложений по обеспечению электромагнитной безопасности плавсостава.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- изучить биологическую активность ЭМП на организм человека;
- провести анализ действующих отечественных и зарубежных стандартов в области регламентирования ЭМП на судах;
- провести анализ основных имеющихся антенных средств на судне излучающих значительное ЭМП влияющее на здоровье экипажа по данным отечественных и зарубежных источников,
- выявить зависимости распределения величин плотности потока энергии (ППЭ), излучаемой антенными системами различных типов, как на рабочих местах, так и в зонах возможного пребывания плавсостава.

Изложение основного материала. Биологическая активность электромагнитных полей на организм человека

В судовых условиях воздействию физических полей подвергаются весь плавсостав в силу специфики труда и быта, так как открытые районы судов являются не только рабочими зонами различных морских специалистов, но и используются в качестве зон отдыха моряков. На высокую биологическую активность техногенного ЭМП ученые обратили внимание еще в 30-е годы XX века. С развитием средств радиосвязи и

радиолокації, були отримані перші клінічні дані про пошкодуючий вплив ЕМП на організм людини.

Біологічне дієвості радіочастот ЕМП характеризується тепловим дієвості і нетепловим ефектом. Під тепловим дієвості розуміється інтегральне підвищення температури тіла або окремих його частин при загальному або локальному облученні. Нетепловий ефект пов'язаний з переходом електромагнітної енергії в об'єкті в нетеплову форму енергії (молекулярне резонансне істощення, фітохімічна реакція і др.). Многочисленні дослідження в області біологічного дієвості ЕМП дозволяють визначити найбільш чутливі системи організму людини: нервна, імунна, ендокринна і статова. Нервна система займає перше місце по чутливості до впливу електромагнітних полів. Так, вже на початковій стадії роботи в умовах впливу ЕМП з'являються характерні скарги на швидку стомлюваність, зниження працездатності, подразливість, головний біль, ослаблення пам'яті і уваги.

Біологічний ефект ЕМП в умовах тривалого багаторічного впливу накопичується, в результаті можливо розвиток віддалених наслідків, включаючи дегенеративні процеси центральної нервної системи, рак крові (лейкози), пухлики мозку, гормональні захворювання. Облучення очей може привести до помутніння кристалика (катаракта).

Нормування електромагнітних полів

В даний час розроблені і діють багаторічні міжнародні, національні і ведомствени закони/стандарти і нормативні документи, призначені для забезпечення захисту життєдіяльності від впливу магнітних полів. Аналіз цих документів показує їх подібні суттєві відмінності за складом допустимих умов облучення і за граничними значеннями регламентованих параметрів впливаючих полів. Разом з тим зміст нормативних документів однозначно вказує на необхідність їх використання при постановці і розв'язанні завдань забезпечення електромагнітної безпеки на судах по всьому спектру неіонізуючих випромінювань.

Базовими нормативними документами в області електромагнітної безпеки на судах є затверджені в 2003 г. санітарні правила і норми СанПіН 2.2.4.1191-03 [4], СанПіН 2.1.8/2.24.1383-03 [5]. Документи встановлюють гранично допустимі рівні електромагнітних полів, вимоги до проведення контролю рівнів ЕМП, методів і засобів захисту. СанПіН 2.2.4.1191-03 встановлює вимоги до умов праці персоналу, професійно пов'язаного з обслуговуванням і експлуатацією джерел ЕМП радіочастот (РЧ).

Існують два Керівні документи, які присвячені захисту екіпажу від ЕМІ РЧ. Це РД5. 8713-85. «Апаратура радіосвязи і радіолокації. Методи оцінки електромагнітних полів і засоби захисту особового складу судів від облучення» [6] і РД5. 8903-96. «Апаратура радіосвязи і радіолокації. Порядок виконання робіт по захисті особового складу судів від облучення» [7]. Ці документи розповсюджені на судову апаратуру радіосвязи і радіолокації, працюючу в діапазоні частот від 300 кГц до 300 ГГц (крім переносної і аварійної).

ЕМП радіочастот в діапазоні частот 60 кГц – 300 МГц оцінюється гранично допустимою напруженістю електричного E одиниця вимірювання В/м і магнітного полів H , одиниця А/м.

Згідно СанПіН 2.5.2/2.2.4-06 [8] нормувані параметри гранично допустимих рівнів (ПДУ) напруженості електричного (E) і магнітного (H) полів в робочих зонах і на верхніх палубах не повинні перевищувати значень, представлених в табл. 1.

Таблиця 1 – ПДУ напруженности электрического и магнитного полей

Параметр	Частота, МГц			
	0,03 – 3,0	3,0 – 30,0	30,0 – 50,0	50,0 – 300,0
Е, В/м	42	25	8,5	8,5
Н, А/м	4	–	0,25	–

В диапазоне частот 300 МГц – 300 ГГц ЭМП оценивается плотностью потока энергии (ППЭ). Предельно допустимое значение ППЭ не должно превышать 10 Вт/м² (1000 мкВт/см²). При измерении сверхнизких и крайне низких частот часто также используется понятие магнитная индукция B , единица Тл (Тесла), одна миллионная часть Тл соответствует 1,25 А/м. В настоящее время многие специалисты считают предельно допустимой величину магнитной индукции равной 0,2–0,3 мкТл.

В целях защиты экипажа от воздействия электромагнитных полей, создаваемых радиочастотными средствами связи (диапазон СЧ, ВЧ, УВЧ) и радиолокацией (СВЧ диапазон), должны соблюдаться требования «Санитарных правил для морских судов 21.12.1982 N 2641-82» [9].

Интенсивность электромагнитного поля (ЭМП) на рабочем месте персонала, обслуживающего установки, генерирующего электромагнитную энергию, не должна превышать предельно допустимых уровней:

- по электрической составляющей: в диапазоне частот 60 кГц – 3 МГц – 50 В/м;
- 3 МГц – 30 МГц – 20 В/м; 30 МГц – 50 МГц – 10 В/м; 50 МГц – 300 МГц – 5 В/м;
- по магнитной составляющей:
- в диапазоне частот 60 кГц – 1,5 МГц – 5 А/м; 30 МГц – 50 МГц – 0,3 А/м.

Анализ основных имеющихся антенных средств на судне

Главным требованием, предъявляемым к морской радиосвязи, является обеспечение надежной двусторонней связи судов с береговыми радиостанциями и другими судами.

Для связи судов с береговыми радиостанциями или с другими судами выделены следующие частотные диапазоны: СВ – 405...535 кГц; КВ – 1605... 3800 кГц; 4,063...4,438 МГц; 6,2...6,525 МГц; 8,195...8,815 МГц; 12,33...13,2 МГц; 16,4...17,36 МГц; 22...22,72 МГц; 25,01...25,6 МГц; УКВ – 156...162 МГц.

Строительство судов по новым проектам с изменением архитектоники, размещения антенных систем, сказались и на электромагнитной обстановке на открытых районах судов. На судах различного назначения имеются разнообразные антенны отличающиеся друг от друга конструктивными особенностями, техническими параметрами, режимами работы РЛС.

Устройство, предназначенное для излучения радиоволн, называется передающей антенной. Устройство, предназначенное для улавливания радиоволн, называется приемной антенной.

Передающие антенны предназначены для излучения большой мощности. В приемных антеннах протекают слабые токи, такие антенны имеют более простую конструкцию.

Рассмотрим и проанализируем на предмет их вредного воздействия на экипаж судна некоторые типы применяемых на судне антенн. Для радиосвязи в диапазоне средних волн (СВ) применяются несимметричные Г-образные и Т-образные антенны, антенны – мачты. Данные для радиосистемы типа СВ (частоты 300 кГц – 3 МГц) показывают, что напряженность электрического поля на расстоянии 200 м может достигать 10 В/м, на расстоянии 100 м – 25 В/м, на расстоянии 30 м – 275 В/м (приведены данные для передатчика мощностью 50 кВт).

В диапазоне коротких волн (КВ) антенны выполнены в виде наклонных лучей из одного или нескольких проводов, штыревые антенны. Находят применение широкополосные и направленные антенны. В диапазоне промежуточных и коротких волн могут использоваться штыревые антенны (высотой 6–10 метров), например KUM850,

антенны-мачты и проволочные антенны. ПВ/КВ-радиоустановка консоли Sailor имеет три штыревые антенны: одну приемо-передающую и две приемные антенны.

Данные для радиосистемы типа КВ (частоты 3–30 МГц). Передатчики радиостанций КВ имеют обычно меньшую мощность. Передатчик мощностью 100 кВт на расстоянии 100 м может создавать напряженность электрического поля 44 В/м и магнитного поля 0,12 Ф/м.

Максимальные значения ЭМП в коротковолновом диапазоне составляли 120 В/м, в диапазоне средних волн – 1100 В/м. Максимальные уровни ЭМП при их эксплуатации были зарегистрированы на пеленгаторных палубах и составляли: 17–22 В/м – при работе радиостанций в УКВ диапазона и 32 В/м – в диапазоне коротких волн.

В диапазоне ультракоротких волн (УКВ) применяются направленные и ненаправленные симметричные и несимметричные антенны. УКВ-радиоустановка имеет антенну, представляющую собой несимметричный вибратор (штырь) высотой до 1,2 метра, устанавливаемый вертикально. Как пример можно привести судовые антенны типа СХ4 и GP2M, УКВ-радиоустановка консоли Sailor имеет две антенны.

Системы спутниковой связи состоят из приемопередающей станции на Земле и спутника, находящегося на орбите. Диаграмма направленности антенны станций спутниковой связи имеет ярко выраженной узконаправленный основной луч – главный лепесток. Плотность потока энергии (ППЭ) в главном лепестке диаграммы направленности может достигать нескольких сотен Вт/м² вблизи антенны, создавая также значительные уровни поля на большом удалении. Например, станция мощностью 225 кВт, работающая на частоте 2,38 ГГц, создает на расстоянии 100 км ППЭ равное 2,8 Вт/м². Однако рассеяние энергии от основного луча очень небольшое и происходит больше всего в районе размещения антенны.

В качестве антенн судовых станций спутниковой связи (ССС) принципиально используют различные типы зеркальных антенн, фазированные антенные решетки с отражателями, составленные из вибраторных, спиральных или щелевых излучателей, а также решетки из директорных антенн. В настоящее время наибольшее распространение в судовых «Стандарт-А» получили антенны с параболическими отражателями благодаря достаточно высоким электрическим характеристикам и относительной простоте конструкции.

Радиолокационные системы работают на частотах от 500 МГц до 15 ГГц, однако отдельные системы могут работать на частотах до 100 ГГц. Создаваемый ими ЭМ-сигнал принципиально отличается от излучения иных источников. Связано это с тем, что периодическое перемещение антенны в пространстве приводит к пространственной прерывистости облучения. Радиолокационные станции в большинстве случаев работают круглосуточно. Возрастание мощности радиолокаторов различного назначения и использование остронаправленных антенн кругового обзора приводит к значительному увеличению интенсивности ЭМИ СВЧ-диапазона и создает зоны большой протяженности с высокой плотностью потока энергии. На высоте 1,0 м СВЧ излучение возрастает в несколько раз, вследствие вторичного излучения от металлических палубных покрытий и оборудования.

Радиолокационные станции кругового обзора излучают мощную импульсно модулированную в энергию в виде луча и воздействие на плавсостав, находящийся на открытых районах судов, носит прерывистый характер, вследствие вращения антенны.

Данные измерений показывают, что наиболее высокие уровни – сотни мкВт/см² создают антенны РЛС типов «Дон», «Донец», «Кивач». В зону воздействия попадают пеленгаторная и главная палубы, бак, корма.

Установленные на обследованных судах передатчики радиосвязи зарубежного производства SAILOR RT-2048A, DSC-500 (частота 150 МГц) и SAILOR RM-2100 (частота 1,5-30 МГц) имеют небольшую мощность (10 Вт) и по нашим данным не создают на палубах уровни ЭМП выше предельно допустимого уровня (ПДУ). Однако остаётся проблема защиты экипажа от облучения на открытых палубах и надстройках судов от передатчиков Корвет и Муссон (мощность 200 и 300 Вт) соответственно.

Выводы. Электромагнитные излучения являются одним из неблагоприятных физических факторов среды обитания моряков, попадающих в зону их воздействия во всех частотных диапазонах.

В настоящее время разработаны и действуют многочисленные международные, национальные и ведомственные законы/стандарты и нормативные документы, предназначенные для обеспечения защиты жизнедеятельности от воздействия электромагнитных полей. Содержание нормативных документов однозначно указывает на необходимость их использования при постановке и решении задач обеспечения электромагнитной безопасности на судах во всём спектре неионизирующих излучений.

Главными источниками излучений ЭМП являются антенны. Сложная электромагнитная обстановка на судне обусловлена направленным излучением антенны, а также вследствие отражения и переизлучения энергии в зависимости от видов и назначения антенн.

Главными источниками СВЧ излучений направленного действия являются антенны навигационных РЛС, создающие ЭМИ в диапазоне Л 3,2 и 10 см, интенсивностью от десятков до нескольких сотен мкВт/см². Распределение уровней ППЭ на палубах и надстройках определяется физико-техническими параметрами РЛС – мощностью, структурой импульса, видом модуляции, типом и размещением антенн, а так же архитектурой судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Влияние электромагнитных полей на организм человека. – М.: Фонд «Новое тысячелетие», 1998. – 214 с.
2. Никитина В. Н. Исследование в хроническом эксперименте биоэффектов СВЧ излучений судовых навигационных радиолокаторов / Г. Г. Ляшко, Е. С. Шапошникова, Г. Н. Тимохова // Радиационная биология. Радиозкология. – 2003. – Том 43, № 5. – С. 538–540.
3. Skotte J. H. Exposure to high frequency transient electromagnetic field J. H. Skotte // Scandinavian journal of Work, Environment & Health, volume 22, number 1, February 1996. – P. 39–44.
4. Электромагнитные поля в производственных условиях : СанПиН 2.2.4. 1191-03. – [Действующий с 01.05.2003]. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М. : Федераль. центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 4 с.
5. Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов : СанПиН 2.1.8/2.24.1383- 03. – [Действующий с 30.06.2003]. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федераль. центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 14 с.
6. Аппаратура радиосвязи и радиолокации. Методы оценки электромагнитных полей и средства защиты личного состава судов от облучения : РД 5. 8713-85. –
7. [Действующий с 01.01.87]. Техника безопасности – Каталог ОСТ (отраслевой), 1987. – 65 с.
8. Аппаратура радиосвязи и радиолокации. Порядок выполнения работ по защите личного состава судов от облучения : РД 5. 8903-96. – [Действующий с 01.01.97]. Техника безопасности – Каталог ОСТ (отраслевой), 1997. – 60 с.
9. Электромагнитные поля на плавательных средствах и морских сооружениях. Гигиенические требования безопасности: СанПиН 2.5.2/2.2.4-06. [Действующий с 01.05.2006]. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – М.: Федераль. центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. – 12 с.

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Чуприна Н.М., Колесніков В.П., Гаркуша В.В.

*ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»
(Україна, м. Дніпро)*

Вступ. Сучасний стан розвитку світового господарства та кліматичні зміни вимагають послідовного, виваженого та ефективного управління процесами у сфері екологічної безпеки та ресурсозберігаючих технологій. Це великою мірою відбивається і на транспортних технологіях. Все більшої популярності набуває еколого-орієнтований підхід до управління підприємствами.

Поняття екологічної безпеки в Україні визнане на законодавчому рівні. Це свідчить про досить важливу проблему, яка є на сьогоднішній день в суспільстві не лише на побутовому, але й на державному рівні. Важливість визнання та тлумачення цього терміну на законодавчому рівні призводить до зустрічної відповідальності суб'єктів господарювання та виключає їх безкарність при порушенні екологічної безпеки. Це дає можливість втручатися державним органам влади в регулювання та дотримання показників екологічної безпеки. Відповідно до законодавства, згідно ст. 50 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища»: «Екологічна безпека є такий стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей. Екологічна безпека гарантується громадянам України здійсненням широкого комплексу взаємопов'язаних політичних, економічних, технічних, організаційних, державно-правових та інших заходів. Діяльність фізичних та юридичних осіб, що завдає шкоди навколишньому природному середовищу, може бути припинена за рішенням суду [1].

Сучасні підприємства досить велику увагу приділяють екологічній складовій своєї діяльності. Це призводить не лише до зростання екологічного ефекту, але і сприяє підвищенню іміджу підприємства як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках збуту. Призводить до підвищення ефективності роботи всередині підприємства та оптимізує роботу з клієнтами, постачальниками та конкурентами. Екологічна складова роботи підприємства є одним з інструментів підвищення конкурентоспроможності.

Екологічна безпека – це такий стан та умови навколишнього природного середовища, при якому забезпечується екологічна рівновага та гарантується захист навколишнього середовища: біосфери, атмосфери, гідросфери, літосфери, космосфери, видового складу тваринного і рослинного світу, природних ресурсів, збереження здоров'я і життєдіяльності людей [2]. Принципи функціонування екологічної безпеки дають можливість співіснувати підприємствам промисловості з навколишнім середовищем в рамках діючого законодавства. Для оптимізації цього існування промислові підприємства повинні функціонувати на основі екологічного партнерства інтересів [3].

У функціонуванні економіки України все частіше мають місце спроби застосування інноваційної моделі розвитку економіки. Для ефективного впровадження цієї моделі в країні є всі підстави: достатньо відомі наукові школи майже в усіх галузях науки, талановиті вчені розробляють нову енергозберігаючу техніку та технологію, новітні матеріали. Технологічні новації є актуальними не лише з точки зору економіки України, але і з точки зору екологічної безпеки також. Подальший розвиток вітчизняних підприємств промисловості України залежить від соціально-економічних пріоритетів суспільства та екологічної складової. Саме через це інноваційна модель розвитку акумулює в собі симбіоз цих складових та надає підприємствам ефективні важелі впливу на вибір серед альтернативних стратегій розвитку таку, яка зможе не лише допомогти підприємству досягти поставленої мети, але і задовольнить учасників інноваційного економічного процесу.

Більшість підприємств потребує модернізації. Модернізація повинна включати як впровадження енергозберігаючих технологій, застосування принципово нових або

оновлених технологічних процесів, поліпшення умов праці, так і екологізацію виробництва. А саме, зменшення забруднювальних викидів у повітря, очищення стокових вод, охорона та рекультивація земель, застосування принципово нових методів з утилізації відходів підприємств хімічної промисловості. Через те, що розвиток підприємств промисловості є досить важливим для економіки держави, функціонування цих підприємств на основі концепції екологічного партнерства інтересів є одним з пріоритетних завдань і набуває особливої актуальності в сучасних умовах екологічних процесів як в Україні, так і в світі в цілому.

Все це передбачає системне, багатofакторне співвідношення для здійснення обґрунтованих висновків стосовно конкурентоспроможності підприємства на світовому ринку. Наявність і впровадження інноваційних технологій у виробництво, використання, нової сировини та матеріалів, альтернативних видів енергії, енерго- та ресурсозбережних технологій в своїй сукупності призводить до необхідності застосування нових методів та підходів в управлінні, зокрема, застосування концепції еколого-орієнтованого управління промисловим підприємством. Отже, функціонування сучасного підприємства, його розвиток в існуючих ринкових умовах повинно базуватися на еколого-орієнтованому управлінні. Це може викликати розробку нових стратегічних рішень не лише в окремого суб'єкта господарювання, але і держави в цілому.

Одним з основних нормативних актів на державному рівні в Україні є прийняття Закону «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» № 2818 – VI від 21.12.2010 року [4] та Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2007 року № 880-р «Про схвалення Концепції національної екологічної політики України на період до 2020 року» [5]. Ці нормативно-правові акти є регулюючими та дають можливість державним органам та суб'єктам господарювання (як резидентам країни так і не резидентам), діяти в єдиному правовому полі; розробляти стратегії свого розвитку з урахуванням пріоритетів та орієнтирів національної екологічної політики України; активно залучатися до поліпшення екологічної ситуації в країні.

Висновки. Процес глобалізації та інтернаціоналізації економіки виводить для всіх країн еколого-орієнтовані процеси виробництва на одне з перших місць в аналізі та позитивних/негативних рішеннях стосовно будь-якого виду партнерства. Активне залучення вітчизняних та іноземних інвестицій на потреби сучасного ринку дозволяють виводити вирішення екологічних проблем на одне з перших місць, поряд з підвищенням прибутку, розширеннями ринків збуту, підвищенням інвестиційної привабливості підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» // – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1264-12/page3?text>
2. Екологічна безпека // – Режим доступу : <https://uk.wikipedia.org/wiki/B>
3. Чуприна Н.М. Умови реалізації маркетингу – інвестиційної стратегії як запорука конкурентоспроможності промислового підприємства / Н.М. Чуприна // Сучасний маркетинг: стан і перспективи розвитку України та її регіонів: зб. наук. праць / Донецький державний університет управління. – Донецьк : Юго-Восток, 2012. – Т. XIII. – Вип. 254. – С. 125 – 134 (Серія Економіка).
4. Закон України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» № 2818 – VI від 21.12.2010 року // – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/2818-17>
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 жовтня 2007 року № 880-р «Про схвалення Концепції національної екологічної політики України на період до 2020 року» // Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/880-2007-%D1%80>.

СЕКЦІЯ:

**КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ
ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ**

ФОРМУВАННЯ ХОЛІСТИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ У ХДМА

*Безуглова І.В., Стовба Т.А., Тимченко Н.М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Сучасний стан вітчизняної економіки викликає занепокоєння та вимагає шукати шляхи покращання ситуації. Досвід Японії доводить, що можливо досягти неперевершених успіхів, маючи мізерні природні ресурси, малу територію та велику чисельність населення. Феномен «японського дива» полягає у накопиченні та примноженні інтелекту нації, що дозволяє адаптуватись до різких змін у зовнішньому середовищі, використовувати можливості, які виникають. Саме ресурси вищої освіти визначають інтелект нації, оптимальні шляхи гармонійного розвитку суспільства. Знання і навички, здобуті під час освіти та досвіду роботи, формують певний запас продуктивного капіталу, який оцінюється сумою дисконтованого доходу від праці протягом життя.

Актуальність досліджень. Ринкова економіка передбачає ефективне використання наявних обмежених енергоресурсів. Метою підприємницької діяльності, в т.ч. на морському транспорті, є отримання прибутку (доходу). Вивчення економічної теорії, економіки морської галузі та інших дисциплін економічного спрямування є необхідною складовою підготовки сучасного фахівця-професіонала – судноводія, суднового механіка та електромеханіка.

За умови порушення єдиного ланцюга економічної підготовки ХДМА не зможе підготувати компетентних фахівців, готових конкурувати на світовому ринку та здатних вирішувати економічні проблеми, пов'язані з необхідністю мінімізації витрат на морському транспорті, ефективним використанням палива, підвищенням рентабельності та збільшенням доходів судноплавних компаній-інвесторів тощо. Отже, практична потреба вирішення цих питань зумовлює актуальність проведеного дослідження.

Постановка задачі. Метою даного дослідження є комплексна оцінка стану та формування практичних рекомендацій щодо необхідності економічної підготовки морських фахівців відповідно до специфікації компетентностей моделі майбутнього фахівця, розробленої у ХДМА.

Відповідно до зазначеної мети дослідження визначено і вирішуються такі основні задачі:

- провести комплексне дослідження змісту дисциплін економічної підготовки морських офіцерів у ХДМА;
- розробити концепцію опанування компетенціями шляхом неперервної освіти протягом життя;
- запровадити сучасний підхід до економічної підготовки морських офіцерів.

Об'єктом дослідження є сформовані у ХДМА моделі майбутніх морських фахівців, а також вимоги МОНУ щодо навчального процесу та потреби і запити компаній-судновласників.

Предметом дослідження є сукупність теоретичних, методичних та практичних питань щодо формування концепції підготовки морських фахівців.

Методологічною основою дослідження є діалектичний метод і системний підхід. Формування концепції економічної підготовки морських фахівців розглядається через призму взаємозв'язку та єдності теорії й практики, загального, особливого та одиничного, змісту і форми, на основі поєднання макро- та мікроекономічних підходів. У дослідженні використано методи управлінського аналізу, аналогії та структуризації тощо.

Результати досліджень. Аналіз стратегій розвитку провідних ВНЗ України, Західної Європи, США, Японії, Кореї та Китаю свідчить, що основними стратегічними напрямками, які забезпечують їх конкурентоспроможність, є: створення кластерів, віртуальних підприємств та ін.; постійна генерація нових знань; створення світових брендів університетів; розвиток різних форм післядипломної освіти - освіта протягом усього життя, дистанційної освіти тощо.

Глобалізація ринків і гіперконкуренція вимагають високого темпу професійної реакції на виклики, швидкого надання високотехнологічних послуг групами фахівців, що володіють відповідними компетенціями світового рівня.

У світі виникають нові запити з боку компаній до науки й освіти щодо затребуваності на ринку праці сучасних фахівців, до підготовки більшості з яких ще не готові ВНЗ України. Ці виші мають бути компетентними навчати потрібних фахівців. Відповідно до Закону України «Про вищу освіту», навчальний процес у ЗВО повинен бути особистісно-орієнтованим, спрямованим на формування у студентів певних компетентностей [1]. Так, у ХДМА відбулася імплементація у навчальний процес компетентнісного підходу, що сприяє підвищенню якості вищої освіти, оскільки набуття життєво важливих компетентностей формує здатність особистості швидко реагувати на зміни зовнішнього середовища та адаптуватись до них, сприяє забезпеченню конкурентоспроможності фахівця на ринку праці і в суспільстві в умовах економіки знань.

Тому імплементація компетентнісного підходу спрямувала дії викладачів на побудову структури дисциплін таким чином, аби цілеспрямовано формувати компетентності, якими має оволодіти фахівець згідно розробленої моделі, представленої у специфікації компетентностей спеціальностей судноводіння, суднової енергетики за всіма рівнями професійної освіти.

З метою поліпшення компетенцій курсантів (студентів) пропонуємо застосувати концепцію холістичної (цілісної) підготовки економічним навичкам морського фахівця, яка охоплює усі етапи навчання - від ліцею до аспірантури, а також не суперечить європейському підходу (рекомендація 2018/0008 (NLE) Європейського парламенту та ради (ЄС), що передбачає опанування компетенціями шляхом неперервної освіти протягом життя [2].

Сучасна реформа освіти в середній школі передбачає необхідність вивчення функціонування інфраструктурних елементів ринку, зокрема фінансової системи, що, в свою чергу, створює необхідність продовження формування економічної культури випускників шкіл (ліцеїв) у закладах вищої освіти України, зокрема тих, що готують спеціалістів для морської галузі.

У ХДМА морські фахівці також мають змогу сформувати навички критичного та аналітичного мислення відповідно до вимог МОНУ, що можливо забезпечити завдяки вивченню економічних дисциплін. Зокрема, судноводії мають розуміти як прокладка курсу, складання оптимального вантажного плану, загалом ухвалення управлінських рішень на містку тощо впливають на експлуатаційні та фінансові показники функціонування судна. Доцільність поточних та капітальних ремонтів, технічні удосконалення щодо функціонування пароплаву також мають бути у центрі уваги підготовки експлуатаційників – суднових механіків та електромеханіків. У судноводіїв, суднових механіків та електромеханіків при виконанні службових обов'язків виникатиме синергетичний ефект – підвищення ефективності діяльності в результаті поєднання окремих технічних та економічних компетенцій у систему внаслідок емерджентності [3].

Досвідчений морський фахівець володіючи системними знаннями про управління судном або його експлуатацію може суттєво поліпшити результуючі показники функціонування об'єкту. Йдеться про цільові синергетичні ефекти, які можна описати наступними змінними, вельми важливими для судновласників:

- скорочення поточних експлуатаційних витрат судна;

- зростання прибутку;
- зменшення потреби в інвестиціях та ін. [4].

За період роботи ХДМА в рамках експерименту із запровадження компетентнісного підходу у навчанні (з 2014 року) студентам та курсантам факультетів судноводіння та суднової енергетики викладалися такі економічні дисципліни як «Економічна теорія», «Економіка морської галузі», «Економіка мореплавства», «Економіка судноплавства», «Логістика у морському транспорті», «Маркетинг та менеджмент морегосподарського комплексу».

Наприклад, програма навчальної дисципліни «Економічна теорія та економіка морської галузі» складена у відповідності до Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (Розділ А-III/7) [5], спрямована на отримання знань з розрахунку експлуатаційних та економічних показників функціонування морського транспорту, методів та показників оцінки ефективності запропонованих технічних рішень, розрахунку інвестицій та річного економічного ефекту, витрат та фінансових результатів експлуатації судна, стимулювання праці у морській галузі.

Дисципліна «Економіка мореплавства» за освітньо-професійною програмою мала статус нормативної. У результаті вивчення даної дисципліни курсанти отримували навички застосовування в роботі основних економічних, валютно-фінансових показників експлуатації судна, а також опановували навички розрахунку рентабельності рейсу, оцінювання заходів щодо підвищення продуктивності флоту, собівартості перевезень, підвищенню їх якості тощо.

Дисципліна «Економіка судноплавства» за освітньо-професійною програмою мала також статус нормативної. У результаті вивчення дисципліни курсанти отримували навички застосовування в роботі основних способів та технічних прийомів економічного аналізу, а також опановували навички факторного аналізу ефективності використання судна, прибутку та рентабельності рейсу, оцінки резервів підвищення ефективності використання судна.

Метою дисципліни «Логістика у морському транспорті» є формування у курсантів системних знань та практичних умінь аналізувати ефективність запланованого рейсу та досягати раціонального використання можливостей судна шляхом вивчення основних показників логістики, визначення оптимальних маршрутів та вибору типу суден для перевезення вантажів.

Отримані знання сприятимуть формуванню професійних навичок з оволодіння основами теорії укладання міжнародних договорів щодо перевезення вантажів, забезпечення фундаментальними знаннями щодо вибору оптимальних схем переміщення вантажів, опанування методів скорочення витрат перевізників на переміщення матеріальних ресурсів; набуття навичок оцінки економічної ефективності та наслідків здійснення логістичних рішень; розвиток у курсантів організаційних навичок з виконання операцій та робіт щодо оптимальної та безпечної обробки, розміщення та перевезення вантажів за умови забезпечення ефективної експлуатації судна.

Проте, відсутність економічних дисциплін у начальних планах факультету суднової енергетики обумовлює неможливість виконання економічного розділу випускної роботи, виконання якого спрямовано на формування у майбутніх морських фахівців наступних компетентностей:

- застосовувати теоретичні знання у вирішенні конкретних питань економіки, планування та організації роботи транспортного флоту та суден (таблиця А-II/2 Конвенції ПДНВ);
- вміти досліджувати та аналізувати економічні можливості морського транспорту (таблиця А-II/2 Конвенції ПДНВ);
- розробляти і реалізовувати плани розвитку транспортного флоту, аналізувати й узагальнювати результати роботи судна та флоту (таблиця А-II/2 Конвенції ПДНВ);

- проводити техніко-економічний аналіз, обґрунтовувати ухвалені рішення та вміти вирішувати на цій основі практичні задачі професійної діяльності (ІМО-Model Course р.7.01).

Ми вважаємо, що необхідність вивчення економічних дисциплін курсантами та студентами Херсонської державної морської академії обумовлена вимогами щодо формування фахівців морської галузі на всіх рівнях вищої освіти, адекватним сучасним реаліям. Зокрема, на третьому освітньо-науковому рівні було запроваджено вивчення дисципліни «Економічне обґрунтування технічних рішень» при підготовці докторів філософії зі спеціальностей 132 Матеріалознавство, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та 275 Транспортні технології.

МОНУ ініціювало у переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти, затвердженому постановою Кабінету Міністрів України від 29 квітня 2015 р. № 266 «Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» [6] виокремити в галузі 27 «Транспорт» спеціалізацію 275 «Транспортна інфраструктура (за видами)» (замість «Транспортні технології»), що зосередить увагу на питаннях вивчення сукупності споруд, системи мереж сполучень усіх видів транспорту, що задовольняють потреби населення та виробництва у перевезеннях пасажирів і вантажів, а ці питання пов'язані з вивченням низки економічних дисциплін, наприклад, таких як «Економіка підприємств», «Економіка морської галузі», «Логістика морських перевезень», «Економіка судноплавства», «Маркетинг та менеджмент морегосподарського комплексу» тощо.

Висновки. Тому вважаємо виключення з навчальних планів усіх дисциплін економічного спрямування таким, що суперечить формуванню сучасного морського фахівця – судноводія, суднового механіка, суднового електромеханіка.

Пропонуємо включити до навчальних планів факультету суднової енергетики до розділу вибіркових дисциплін «Економічна теорія», «Економіка морської галузі», факультету судноводіння – «Економіка мореплавства», «Логістика у морському транспорті», що дозволить підготувати компетентних морських фахівців, здатних конкурувати на світовому ринку праці та вирішувати важливі для судноплавних компаній-інвесторів проблеми, пов'язані з необхідністю мінімізації витрат на морському транспорті, ефективним використанням палива, підвищенням рентабельності та збільшенням доходів тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1. Про вищу освіту: Закон України від 01 лип. 2014 р. № 1556-VII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18> (дата звернення 16.01.2019 р.).
2. Рекомендація 2018/0008 (NLE) Європейського парламенту та ради (ЄС). URL: https://eeas.europa.eu/ru/eu-information-russian_ru (дата звернення 13.01.2019 р.).
3. Эмерджентность – свойство системы. URL: http://fevt.ru/load/ehmerdzhentnost_sistemy/64-1-0-924 (дата звернення 9.03.2019 р.).
4. Олянич Д.В. Закон синергии в бизнесе и любой организации. URL: <http://www.elitarium.ru/sinergija-sovmestnoe-dejstvie-resursy-organizacija-kooperacija-firma-svjaz-potencial-jeffekty-menedzhment/> (дата звернення 9.03.2019 р.).
5. Манільські поправки до додатка до Міжнародної конвенції про підготовку і дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ) 1978 року: Резолюція від 25 чер. 2010 р. № 896_052. URL: https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/896_052/print1334400509121276 (дата звернення 13.01.2019 р.).
6. Про затвердження переліку галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти: Постанова Кабінету Міністрів України від 29 квіт. 2015 р. № 266. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/266-2015-%D0%BF> (дата звернення 13.01.2019 р.).

ПРИМЕНЕНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ БАНКА ДАННЫХ О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ХЛАДАГЕНТОВ

Вассерман А.А., Мальчевский В.П.
Одесский национальный морской университет
(Украина)

Для расчёта и исследования циклов холодильных установок необходимы данные о термодинамических свойствах рабочих веществ. Традиционные способы определения этих свойств с помощью таблиц и диаграмм имеют недостатки, к которым относятся отсутствие в таблицах всех возможных значений независимых переменных и связанная с этим необходимость интерполяции, а также сравнительно низкая точность диаграмм. Это обстоятельство увеличивает затраты времени студентов и преподавателей при курсовом и дипломном проектировании холодильных установок и сказывается на точности результатов расчетов.

С целью преодоления указанных недостатков нами создан и внедрён в учебный процесс банк данных о термодинамических свойствах хладагентов, позволяющий с высокой точностью рассчитать весь комплекс термодинамических свойств ряда веществ по уравнениям состояния. Банк обеспечивает расчет свойств воздуха, азота, кислорода, диоксида углерода, аммиака, метана, этана, этилена, пропана и бутана, а также некоторых озонобезопасных хладагентов и их смесей. Заметим, что имеется несколько достаточно эффективных автоматизированных систем для расчета свойств веществ, однако пользователи не могут добавлять в них новые вещества либо более точные уравнения состояния, что явилось серьёзным основанием для создания данного банка. В будущем планируется добавить в него уравнения состояния для смесей хладагентов, являющихся перспективными для холодильной техники.

Термодинамические свойства хладагентов рассчитываются в банке по единым уравнениям состояниям для газа и жидкости. Для некоторых веществ используются две наиболее распространённые формы уравнения состояния, что повышает достоверность определяемых данных. Значения свойств могут быть определены в однофазной области (при температурах от тройной точки до 1000 – 1500 К и давлениях до 100 – 150 МПа), на линиях равновесия фаз и в двухфазной области для двенадцати возможных комбинаций независимых переменных.

Благодаря использованию разработанного банка данных студенты могут более оперативно и точно исследовать влияние изменения условий работы холодильной установки и связанного с этим изменения параметров хладагента в характерных точках цикла на показатели работы установки. В процессе работы с банком учащиеся также получают представление о современных автоматизированных системах для расчета свойств рабочих веществ и совершенствуют свои навыки работы с этими системами.

ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОІНЖЕНЕРНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ

Знамеровська Н.П.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Актуальність. Освіта відіграє провідну роль у затвердженні демократичних цінностей суспільства. Вона покликана сприяти формуванню свідомого громадянина, здатного жити і працювати у суспільстві, яке постійно оновлюється і розвивається. У сучасних умовах рівень конкурентоздатності та підготовки майбутніх фахівців залежать від якості освіти.

Основними чинниками, які впливають на якість освіти є: висока професійна підготовка; адаптоване до специфіки навчального процесу навчально-методичне та тренажерне забезпечення; наявність сучасної системи оцінювання рівнів викладання навчальних дисциплін та отриманих знань; застосування сучасних освітньо-інноваційних технологій; активне залучення до науково-дослідної роботи, мотивація та стимулювання самостійної роботи курсантів; належний рівень тренажерно-технічної бази; відповідність програм дисциплін сучасним вимогам; тісне співробітництво з роботодавцями та провідними фахівцями у морській галузі.

Кожен з цих факторів відіграє значну роль у реалізації стратегії навчального закладу, яка орієнтована на розвиток особистості та підготовку конкурентоздатного фахівця.

Використання компетентнісного навчання є одним з пріоритетів при впровадженні системи управління якістю освіти у вищих навчальних закладах [1С.15]. Його застосування при підготовці майбутніх фахівців дозволяє побудувати модель фахівця, яка формується з відповідними компетенціями, що відповідають інтересам особистості та роботодавців.

Компетентнісний підхід передбачає використання принципів модульної побудови робочих програм, які визначають можливості навчального процесу оперативно реагувати на запровадження освітньо-інноваційних технологій. Інноваційні технології забезпечують раціональну побудову навчального процесу та ефективне управління ним. Поряд з цим, застосування компетентнісного підходу сприяє переходу курсанта (студента) із споживача навчальної інформації у суб'єкт пізнавальної діяльності, дозволяє йому будувати свою особистісну діяльність, що мотивує його до навчання.

Мета даної публікації полягає в подальшій розробці науково-теоретичних і методичних засад впровадження компетентнісного підходу в систему ступеневої підготовки фахівців морської галузі на заняттях з циклу загально-інженерних дисциплін (нарисна геометрія та інженерна графіка, теоретична механіка, прикладна механіка, технологія матеріалів) в процесі підготовки майбутніх фахівців морського та річкового транспорту. А також створення науково-методичного забезпечення з компетентнісним підходом при навчанні дисциплінам, що викладаються на кафедрі.

Основний матеріал. В умовах глобальної інформатизації зміст дисциплін загальноінженерного циклу хвилює останнім часом викладачів практично всіх технічних вузів. Шляхи вирішення цього питання широко обговорюються на семінарах і конференціях різного рівня. При цьому одні автори відстоюють зміст традиційних курсів, що базуються на побудові проекційного креслення методами 2D, інші є прихильниками тотального переходу на 3D-технології. Обґрунтованість аргументів з одного і з іншого боку не викликає сумнівів, але і сьогодні завдання пошуку найбільш оптимального змісту засвоєння графічних дисциплін залишається досить актуальним для кожного технічного вузу. На наш погляд, в роботі з модернізації інженерної графічної

підготовки, крім обговорюваних теоретичних пріоритетів змісту дисципліни необхідно враховувати реальні фактори, які, безумовно, повинні вплинути на обґрунтованість обраного розв'язку поставленої проблеми. Перш за все це ідеологія і регламент нових державних освітніх стандартів за напрямками підготовки, в рамках яких слід навчати студентів при освоєнні розроблюваних вузівських основних освітніх програм. Перехід на підготовку бакалаврів і кредитно-модульну систему, збільшення частки самостійної роботи курсантів(студентів), неминуче викликають зменшення виділеної тривалості (у годинах) на вивчення дисциплін графічного циклу[3].

Це ще більше загострює позначену проблему. При відсутності регламентованих дидактичних одиниць (ключових понять) предметної області орієнтирами в розробці оновленого змісту графічної підготовки курсантів(студентів) можуть служити цільові дескриптори навчальних циклів відповідного напрямку бакалаврату: знати, вміти, володіти. Додаткову інформацію можна отримати з аналізу характеристики професійної діяльності (професійних компетенцій), а також формулювань переліку загальнокультурних і фахових компетенцій, якими повинен володіти випускник після закінчення навчання у вузі.

Необхідно також відзначити, що в даний час робота з перегляду змісту графічної підготовки на кафедрі носить особливий характер. Наприклад, в даний час кафедра загальноінженерної підготовки реалізує програми освоєння графічних дисциплін за напрямками, спеціальностями та формами навчання. У зв'язку з цим слід подумати про уніфікацію навчальних програм при їх майбутньої розробці та прийнятті нової ідеології та термінології .

Також необхідно враховувати, що реорганізація навчального процесу, що проводиться, перш за все, в напрямку комп'ютеризації всіх форм навчання, вимагає створення для курсантів(студентів) достатньої кількості робочих аудиторій, оснащених сучасною комп'ютерною технікою і ліцензованими програмами, і розробки відповідного навчально-методичного забезпечення. Велика робота має бути проведена з проблем використання нових форм і технологій навчання, орієнтованих на реалізацію компетентнісного підходу у вищій школі. На сучасному етапі це питання знаходиться на рівні викладацького складу. Про практичний масовий перехід до компетентнісного підходу у вишах мова поки не йде. Вищевикладене дозволяє зробити висновок, що на даний період реорганізації графічної підготовки у ВНЗ можливо говорити лише про часткове коригування як змісту графічних дисциплін, так і форм представлення навчального матеріалу і використовуваних технологій навчання. За останні роки на кафедрі загальноінженерної підготовки була проведена велика робота з пошуку більш досконалих методів навчання. Основний напрямок роботи - це повна комп'ютеризація всіх етапів навчання: підготовлено та використовуються на сайті академії, на платформі Moodle та в спеціально обладнаній аудиторії електронні лекційні курси з нарисної геометрії та інженерної графіки, лабораторні роботи , тестові завдання і т.п..

Щодо перегляду змісту дисциплін нарисної геометрії та інженерної графіки останнє слово повинні сказати, безумовно, найбільш компетентні фахівці – викладачі нарисної геометрії та інженерної графіки. Але поки цього немає, деякі викладачі експериментують[2]. Наприклад, виключають або скорочують найбільш трудомісткі і ті, що втрачають свою актуальність, теми нарисної геометрії, такі як перетворення комплексних креслеників і побудова ліній перетину криволінійних поверхонь, можна обмежити розв'язок задач проведенням відповідного аналізу, використовуючи дослідні завдання з використанням комп'ютера.

А зміст розділу інженерної графіки, що відповідає за вивчення студентами стандартів ЕСКД, поки необхідно зберігати, так як знання стандартів і вміння читати креслення є затребуваною якістю сучасного інженера. Розділ «Комп'ютерна графіка» повинен стати обов'язковим для вивчення всіма студентами. Зміст розділу «Комп'ютерна графіка» залишається проблемним. В рамках тієї трудомісткості, яка виділяється на

графічні дисципліни, навчання зводиться до отримання навичок використання відомих графічних пакетів «AutoCAD» і т.п.

Висновок. Все вищевикладене дозволяє зробити висновок, що на даний період реорганізації інженерної графічної підготовки у ВНЗ можливо говорити лише про часткове коригування як змісту графічних дисциплін, так і форм представлення навчального матеріалу і використовуваних технологій навчання.

Визначення актуального змісту інженерної графічної підготовки курсантів (студентів) технічного вузу – своєчасне питання, яке допоможе використати компетентнісний підхід для підвищення якості підготовки майбутніх інженерів-механіків морського флоту, а використання комп'ютерних технологій допоможе у формуванні загальноінженерних компетенцій, володіння якими дозволить підвищити конкурентоздатність наших випускників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рукавишников В.А. Геометро-графическая подготовка инженера // Образование в России. – 2008. – №5. – С. 132-136.
2. Райкин Л.И., Якунин В.И., Соснина О.А., Стратегия компьютерно-графической подготовки в условиях перехода на ФГОС третьего поколения // Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе в условиях перехода на образовательные стандарты нового поколения: матер. Междунар. науч.-практ. интернет-конф. (февраль – апрель 2010). Пермь: изд-во Перм. гос. тех. ун-т, 2010. – С. 41-45. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2010/members/29/>.
3. Хейфиц А.Л. О перспективах нового теоретического курса как альтернативы начертательной геометрии. – URL: <http://dgng.pstu.ru/conf2011/papers/20/>.

МОЖЛИВОСТІ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА: НАВЧАЛЬНИЙ КОНТЕНТ КУРСУ МОРСЬКОЇ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ

Кудрявцева В.Ф.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Навчання майбутніх морських офіцерів вимагає злагодженої роботи усіх залучених кафедр вищого навчального закладу. Невідповідності у змістовному наповненні і вибудовуванні логічної послідовності навчальних курсів різних дисциплін мають своїм результатом уривчасті знання і уміння морських курсантів, що відлунується у значній кількості аварійних ситуацій в морі. Однак саме у галузі морського навчання здійснення якісних і постійних міжпредметних зв'язків видається реальною справою, оскільки наявність базового документу – Міжнародної конвенції з підготовки, дипломування моряків і несення вахти (ПДНВ), доповненою модельними курсами з професійних дисциплін – створює необхідні умови для можливостей міждисциплінарного співробітництва, особливо між спеціалізованими дисциплінами і морської англійської мови, яка є інструментом кар'єрного зростання, що сприяє мобільності, гнучкості і конкурентоздатності морських спеціалістів. Тому навчальним закладам необхідно розвивати стратегії навчання, які б відповідали таким вимогам.

Актуальність дослідження. Більшість викладачів англійської мови за професійним спрямуванням у вищих навчальних закладах України, включаючи і викладачів морської англійської мови, не мають освіти з професійної спеціалізації студентів, яких вони навчають. Розуміння, що викладачі морської англійської мови, особливо під час перших років роботи у морському навчальному закладі, постають перед проблемою вивчення великого обсягу спеціалізованого матеріалу, який вони не розуміють, поділяється різними дослідниками.

Визначаючи міждисциплінарне співробітництво як «міжкультурну комунікативну компетентність», Erin M. McCloskey підсумовує, що можливими шляхами розвитку такої компетентності, серед інших, є розробка планів занять у діалозі з іншими, обґрунтування усіх навчальних завдань у творчих групах, врахування думок викладачів і студентів; звертання уваги на методи викладання для розвитку професійних умінь і забезпечення співробітництва вдумливих викладачів. [7, ст.8]

Аналізуючи переваги міждисциплінарного співробітництва, Олизько Ю. наголошує, що спільна розробка нової теми сприяє співробітництву між викладачами гуманітарних і технічних дисциплін, об'єднує їхні зусилля, допомагає розглядати схожі теми з різних точок зору, уникаючи простого повторення матеріалу у викладанні різних дисциплін [1, ст. 163].

Джонсон Б. вважає співробітництво викладачів необхідним інструментом для розкриття потенціалу студентів. Дослідник переконаний, що «одному викладачеві важко бути експертом з двох дисциплін, а рішення цього полягає у об'єднанні сил і командному навчанні» [4, ст. 2].

Севедж Дж. розглядає міжпредметне співробітництво як «синтез знань, умінь і розуміння з різних дисциплін» [8, ст.2], а однією з його головних засад, яку ми теж вважаємо базовою, визначає як необхідність «опиратися на схожості між окремими предметами (стосовно змісту предмету, педагогічних прийомів і навчального процесу і робити ці зв'язки очевидними у різний спосіб».

Акцентуючи увагу на чотирьох можливих способах інтеграції занять, серед яких паралельна інтеграція (parallel integration), об'єднана інтеграція (infusion integration), багато дисциплінарна інтеграція (multi-disciplinary integration) і транс-дисциплінарна інтеграція (trans-disciplinary integration), інший дослідник визначає, що у міждисциплінарному навчанні «дисципліни можуть бути пов'язані через центральну тему, питання, проблему, процес, предмет обговорення чи досвід» [5, ст.1].

Вивчення теорії міждисциплінарного співробітництва та наш певний практичний досвід його організації дозволив нам визначити міждисциплінарне співробітництво як «спільне усвідомлення і цілеспрямовані дії викладачів споріднених дисциплін для допомоги студентам у набутті транзитивних знань і умінь для їх застосування у нових навчальних контекстах».

Постановка задачі. Мета статті – охарактеризувати можливі організаційно-змістовні дії з організації міждисциплінарного співробітництва викладачів морської англійської мови і спеціальних дисциплін.

Результати дослідження. За роки впровадження комунікативного, а потім компетентнісного підходу до навчання англійської мови за професійним спрямуванням викладачі англійської мови призвичаєні до роботи з розвитку методичних умінь для забезпечення вимог Модельного курсу 3.17 «Морська англійська мова» Міжнародної морської організації, у чому мають значні успіхи. Посібник для викладача у вище зазначеному модельному курсі орієнтує на розвиток у студентів комунікативних умінь для успішної роботи на судах з багатонаціональними екіпажами [3, ст.32]. Більшість інновацій, запроваджених у процесі нашого попереднього дослідження, стосувалися методів навчання: розробка і апробація різних структур комунікативного заняття в залежності від досвіду студентів (PPP, EASA, Patchwork), вивчення і застосування таксономії Блума при плануванні занять, навчання на основі інтеграції змісту і мови (CLIL), система оцінювання, електронне тестування тощо.

Рівноцінно важливому аспекту навчання студентів, яким є зміст навчання морської англійської мови, також приділено значні зусилля, у результаті яких розроблено і апробовано робочі навчальні програми, навчальні посібники для усього курсу навчання з англійської мови. Водночас належне змістовне наповнення навчального процесу, як і навчальних посібників, залежить, у першу чергу, від конкретних знань кожного окремого викладача.

Наше дослідження зосереджене на можливостях співробітництва між викладачами морської англійської мови для судноводіїв і відповідними спеціалізованими дисциплінами, означеними у навчальному плані факультету судноводіння.

Розпочинаючи наше дослідження, ми керувалися настановою модельного курсу, що викладач повинен бути підготовлений до навчання на основі змісту морської спеціальності і мати широке розуміння спеціалізованих професійних дисциплін, у нашому випадку дисциплін, пов'язаних з судноводінням. Крім того, ми усвідомлювали, що викладачі отримують знання необхідного професійного змісту шляхом індивідуальної самоосвіти під час підготовки до практичного заняття і під час розробки певного модуля навчального посібника.

Першим кроком у дослідженні, окрім ретельного вивчення Модельного курсу 3.17 «Морська англійська мова» Міжнародної морської організації і, відповідно, укладання робочої навчальної програми, стала добровільна консультативна співпраця з провідними фахівцями кафедр судноводіння і управління судном з питань розробки навчальних посібників з морської англійської мови на засадах комунікативно-компетентнісного підходу, результатом якої є комплект навчальних посібників для першого-четвертого курсів, на кожний з яких отримано свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Поза контентом, особливо прискіпливо розглядалися комунікативні компетентності, орієнтовані на практичні потреби студентів під час професійного спілкування. Кожний тематичний модуль розпочинається з переліку пріоритетних умінь і базової компетентності, як, наприклад, з теми «Dangerous Cargo Handling»:

You will be able to:

1. Identify IMDG classes 1-9 and explain hazards associated with each class
2. Formulate international requirements on DG cargo packaging, marking, stowage requirements and safety measures
3. Use SMCP for Dg cargo handling procedures

Essential competency: provide clear instructions on proper actions for safe DG cargo transportation.

Наявність навчальних посібників дозволяє певною мірою упорядкувати компетентнісний і контентний аспекти навчального процесу, однак не є беззаперечною умовою розуміння викладачами англійської мови професійних процесів і операцій, які відбуваються на судні у реальному вимірі. У результаті, наступним кроком стало запровадження експерт-класів, під якими розуміється проведення практичних занять капітанами, старшими помічниками та іншими офіцерами, які працюють в академії і компанії Марлоу Навігейшн з найбільш складних тем робочої навчальної програми. З-поміж багатьох, назвемо експерт-класи про швартовні операції, обладнання навігаційного містка, схеми розділення руху, остійність судна тощо.

З розвитком комунікативних умінь студентів стало очевидним, що матеріалів для наповнення контенту навчальних занять замало, а тому додаткова допомога фахівців спеціалізованих кафедр знову постала необхідністю. Важливим елементом подальшої співпраці стали добірки тематичних матеріалів, підготовлені стараннями окремих ентузіастів-судноводіїв, значимість яких важко переоцінити.

З впровадженням технологій глибинного навчання, усвідомлення важливості професійного контенту для студентів старших курсів, неминуче постають питання щодо більш цілеспрямованого міждисциплінарного співробітництва, яке неможливе без певного узгодження з керівною вертикаллю навчального закладу.

Практичне дослідження наводить нас на думку, що наступним етапом може бути розробка послідовної або паралельної моделі вивчення тем, компетентності цілі яких певним чином співпадають. Інституційні спроби вибудувати послідовність вивчення дисциплін професійного циклу у навчальному плані для впровадження системи інтегрованого навчання поки що не принесли відчутних результатів, оскільки дійсно важко урахувати потреби і зміст кожної дисципліни за одну спробу. У той же час, порівняти очікувані компетентності, представлені у модельних курсах з морської англійської мови і окремих дисциплін з судноводіння, враховуючи ентузіазм викладачів цих дисциплін щодо контентної і методичної інтеграції, і здійснити послідовну або паралельну інтеграцію шляхом співробітництва у більш вузькому вимірі - на прикладі двох-трьох навчальних дисциплін – реальний шанс подати приклад. Щонайперше, такими можуть бути компетентності, пов'язані з теорією і будовою судна, типами вантажів, організацією роботи на навігаційному містку і т.п.

Традиційно, у послідовній моделі вважається безперечним, що контент спочатку вивчається рідною мовою, а після цього іноземною. На противагу цьому розповсюдженому твердженню, наш досвід роботи у межах існуючого навчального плану свідчить, що доцільно вивчати схожий професійний контент спочатку іноземною мовою, тому що у протилежному випадку студенти схильні перекладати, що негативно впливає на швидкість і правильність усного мовлення. У наших обставинах успішного впровадження комунікативного навчання, коли студенти щодня вільно і природно спілкуються англійською мовою, готуючись до роботи у багатонаціональних екіпажах, їхня мотивація до повторення відомого контенту на заняттях з англійської мови не може бути високою.

Іншим важливим аспектом, який необхідно враховувати, є значний обсяг лекційно-семінарського контенту з спеціальних дисциплін і практичного вивчення морської англійської мови, який значно вужчий. Модульний контент занять з морської англійської мови можна розглядати як вступ до спеціальної дисципліни. Саме тут необхідно визначити необхідний контент з англійської мови, який має бути складовою частиною спеціальної дисципліни у міждисциплінарному співробітництві: теми занять з морської англійської мови розглядаються більш детально, але у набагато вужчому форматі. Вибираючи між послідовною і паралельною моделлю міждисциплінарного співробітництва, ми вважаємо більш плідною і такою, що сприяє більш поглибленим міждисциплінарним зв'язкам, паралельну модель.

Застосування послідовної або паралельної моделі, у свою чергу, сприятиме усвідомленню можливості об'єднаної інтеграції. Використовуючи схожі поняття як організаційні елементи, викладачі зможуть планувати або проводити окремі заняття на спільних засадах. Іншими словами, два викладачі матимуть змогу обговорити основні

поняття, процеси, професійні дії, необхідні для вивчення у професійній дисципліні і відповідному тематичному модулі з морської англійської мови, що сприятиме більш очевидному встановленню контентних зв'язків між двома дисциплінами і, відтак, більш результативному опануванню студентами цільовою компетентністю з обох дисциплін.[4]

У будь-якій з вище зазначених моделей міждисциплінарного співробітництва важливим пріоритетом залишається контент модулів навчальних посібників з морської англійської мови, за якими вчать студенти, особливо виокремлення найважливіших і необхідних аспектів майбутньої професійної діяльності. Ефективним рішенням цієї проблеми може бути консультативна співпраця морських фахівців з авторами тематичних модулів. Для цього важливо скористатися діючими вимогами до розробки річних індивідуальних планів, де враховувати такі консультації у розділі з методичної роботи, оскільки на добровільних засадах важко організувати регулярну і послідовну.

Висновки. У більш вмотивованій і результативній навчальній роботі студентів зацікавлені усі учасники освітнього процесу – від студентів до керівництва навчального закладу. Роз'єднаність дисциплін професійної підготовки, до яких, крім спеціалізованих дисциплін і морської англійської мови, відносяться географія, метеорологія, тощо, суперечить ідеям інтегрованого навчання, ускладнює процес опанування студентами навчальним контентом і компетентностями за рахунок неминучих повторень і можливих невідповідностей у вивченні певних понять і термінів. Однак, міждисциплінарне співробітництво вимагає більше часу для визначення спільних пріоритетів у навчанні студентів, ускладнюється необхідними змінами у розкладі занять і потребує сфокусованої уваги керівництва навчального закладу.

Перспективи подальших досліджень. Наступним завданням нашого дослідження вбачаємо в укладанні списку компетентностей, які, певною мірою, спільні у навчанні морської англійської мови і окремих дисциплін, пов'язаних з судноводінням. Визначення, розробка і організація міждисциплінарного співробітництва за послідовною або паралельною моделлю з метою узгодження і оновлення контенту курсу морської англійської мови для судноводіїв – наша перспективна мета.

ЛІТЕРАТУРА

1. Olyzko Y. Mizhdistsiplinatnyi pidkhid yak zasib realizatsiyi osnovnykh dydaktychnykh pryntsypiv navchannya. // Pedagogichniy diskurs. - 2015. - Vyp. 18. - С. 161-165. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/0peddyisk_2015_18_34.
2. Fogarty R. Ten Ways to Integrate Curriculum. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://pdfs.semanticscholar.org>. [1991-10].
3. IMO Model Course 3.17 Maritime English. - [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ru.scribd.com/document/261953765> [31.10.2014].
4. Johnson B. Deeper Learning: Why Cross-Curricular Teaching is Essential. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.edutopia.org/blog/cross-curricular-teaching-deeper-learning-ben-johnson>. [15.01.2013].
5. Kelly, Melissa. Cross-Curricular Connections in Instruction. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.thoughtco.com/cross-curricular-connections-7791>. [24.06.2018]
6. Kunter M., Klusmann U., Baumert J., Richter D., Voss T., Hachfeld A. Professional Competence of Teachers: Effects on Instructional Quality and Student Development. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/257326797>. [2013-01].
7. McCloskey M.E. Global Teachers: A Conceptual Model for Building Teachers' Intercultural Competence Online. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://www.revistacomunicar.com/indice-en/articulo.php?numero=38> [2012-06].
8. Savage J. Cross-Curricular Teaching and Learning 5: Definitions. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.jsavage.org.uk/research/cross-curricular-teaching-and-learning-5-definitions>. [12.02.2010].

ФОРМУВАННЯ МОВЛЕННЕВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ МОРСЬКОГО ФЛОТУ НА ЗАНЯТТЯХ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ

Швецова І.В.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Головним завданням вищих навчальних закладів освіти є забезпечення високої якості професійної підготовки майбутніх фахівців. Враховуючи те, що фахівці морського флоту працюватимуть з носіями інших мов, потреба подолання мовного бар'єру є важливою.

Актуальність досліджень. У зв'язку з розвитком міжнародних зв'язків в економіці виникає потреба ринку праці у формуванні конкурентоспроможного фахівця морського флоту, а також відповідно до Міжнародній конвенції підготовки й дипломування моряків та несення вахти (ПДНВ), яка була прийнята міжнародною морською організацією. Підвищення якості професійної англійської підготовки та обґрунтування необхідності розробки дидактичного забезпечення для формування мовленнєвої компетенції майбутніх фахівців морського флоту обумовлює орієнтацію сучасної методики викладання англійської мови щодо впровадження нових підходів формування мовленнєвої компетентності на заняттях англійської мови.

Мета статті – запропонувати основні напрями щодо забезпечення формування мовленнєвої компетентності майбутніх фахівців морського флоту.

Науковці приділяють значну увагу формуванню мовленнєвої компетенції, що передбачає розширення обсягу лінгвістичних знань, навиків та вмінь, пов'язаних з адекватним використанням у життєвих ситуаціях та професійній діяльності, перебуваючи в обмеженому колі людей різної національності, культури та релігії. Так, Н.Ю.Шраменко визначає суть ключових компетентностей особистості фахівця транспортної галузі, що полягає в освоєнні певних дисциплін гуманітарного та фундаментального блоку, а також дисциплін профільної підготовки в сукупності з практичним стажуванням на базі підприємств транспортної галузі [5;с.2].

Підготовка фахівців морського флоту здатних до співпраці із зарубіжними партнерами має бути спрямована на формування уміння спілкуватись і знаходити спільну мову, професійної компетентності, здатність приймати зважені рішення в екстремальних ситуаціях, розвиток умінь успішно адаптуватися до швидких змін у сучасному світі. Серед важливих завдань є підготовка висококваліфікованих спеціалістів, й повноцінного володіння іноземною мовою. Як свідчать дослідження Козак С. В., формування такого важливого новоутворення, як “іномовна комунікативна компетенція”, забезпечує реалізацію комунікативних намірів, мовленнєвих операцій та мовленнєвих дій шляхом адекватного й раціонального використання засобів іноземної мови і врахування конкретики ситуацій професійного спілкування [1, с. 3].

Мовленнєву компетенцію розглядають, як загальне комплексне поняття, що свідчить про рівень навчальних досягнень з мови та мовленнєвого розвитку студента; у вужчому тлумаченні, як одну з її складових (різновид навчально-предметної компетенції з іноземної мови), тобто власне мовну, пов'язану із засвоєнням лінгвістичної змістової лінії курсу іноземної мови [3].

Завдання основного розділу навчання морської англійської мови: навчати загальної морської англійської мови, а також керівних принципів Кодексу STCW англійською мовою; надавати студентам широких можливостей для практики спілкування англійською мовою як морською, так і загальних цілей на елементарному і середньому рівнях, а також

підвищення кваліфікації слухачів до рівня, необхідного для переходу до другого розділу цього модельного курсу [7, с. 24].

Модельний курс ІМО для морської англійської мови складається з двох розділів: Загальна морська англійська, а також спеціалізована морська англійська, обидва з яких містять детальні навчальні програми [6, с.9]. Лінгвістичний зміст для першого розділу відповідає багатогранному підходу, який інтегрується наступними напрямками: введення мови (граматика, лексика і вимова), відпрацювання мовних навичок спілкування (слухання, мовлення, читання та письма). Посібник пропонує багато практичних методів для інтеграції різних мовних напрямів.

Постановка задачі. Враховуючи необхідність навчання курсантів загальної морської англійської та з метою успішного засвоєння спеціалізованої морської англійської, нами було розроблено та запроваджено наступні завдання:

- 1) проведення опитування курсантів випускних курсів, які мають практичний досвід роботи в морі щодо необхідності вивчення спеціальних тем;
- 2) визначення основних напрямів щодо забезпечення формування мовленнєвої компетентності майбутніх фахівців морського флоту.
- 3) розробка завдань та вправ, що сприятимуть ефективному оволодінню загальною морською англійською мовою, готовності вивчення спеціалізованої морської англійської;
- 4) публікація навчального посібника для курсантів першого року навчання спеціальності “річковий і морський транспорт” освітньої програми “Судноводіння”.

Результати досліджень

Проведене опитування курсантів випускних курсів, які мають практичний досвід роботи в морі, дають змогу визначити, що в умовах сьогодення існує потреба високого рівня сформованості мовленнєвої комунікативної компетенції курсантів і це стосується не лише спеціалізованої морської англійської, але й загальної морської англійської. Курсантами було визначено ряд первинних мовленнєвих труднощів, які виникли у ході наступних етапів: проходження реєстрації в аеропортах, обмін інформації стосовно рутинних повсякденних справ та інші. Дослідження сприяло визначенню тем і відповідно до них, лексичного мінімуму та граматичних структурних одиниць, якими повинні оволодіти курсанти першого курсу навчання.

Плануючи теми, а відповідно до них і завдання, які є важливими для курсантів перших курсів, а саме: подолання психологічних і мовленнєвих труднощів у зміні середовища майбутніх мореплавців, спрямовані також на уникнення бар'єру у розумінні та говорінні на життєві теми починаючи свою морську діяльність, і перебуваючи в морі у міжнародному середовищі.

Назва навчального посібника “Доки на суші” (While ashore) вже наголошує на тому, що він дає змогу проаналізувати життя на суші і на морі, успішно підготуватися до змін у житті, а також впевнено вступити в професійну діяльність.

Опублікований навчальний посібник “Доки на суші” являє собою один із курсів з англійської мови для моряків. Посібник розвиває всі основні мовні навички, охоплює рекомендований навчальний план з вивчення англійської мови ІМО і представляє загальний курс англійської мови наближений до морського контексту. Рекомендується для вивчення у першому навчальному семестрі курсантами спеціальності 271 “річковий і морський транспорт” освітньої програми “Судноводіння”[6].

Структурними розділами стали: 1. “Де я навчаюсь” (Where I study) Getting to Know you, Kherson Maritime Academy, Working Time and Free Time. 2. (How I travel) Travel Wise, Airport Facilities, Airport Procedures. 3. (Where I live) Home Ashore and Home Aboard, Meals Ashore and Meals Aboard, Garbage Treatment Ashore and Aboard. 4. (Ready for the Maritime Career?) Why to Become a Seafarer? English: Occupational Requirements, Am I ready to Work at Sea?

З метою ефективного оволодіння загальною морською англійською мовою та успішною підготовкою до вивчення спеціалізованої морської англійської були розроблені завдання та вправи, які сприяють розвитку мовленнєвої компетентності.

Так, лексичний матеріал розділу (How I travel) спрямований на формування мовленнєвої компетенції стосовно процесу підготовки до рейсу, вміння визначити послідовність дій необхідних для проходження процедури в аеропорту.

Серед завдань комунікативного спрямування, у даному розділі запропоновано рольові ігри де студенти в ролі курсантів, які збираються до проходження першої морської практики, а також студенти, в ролі досвідчених моряків вирішують важливі проблемні ситуації, які можуть виникнути добираючись до судна (“Student A is cadet who is going to have his first practice on board. Ask about possible problems on the way. Student B is an experienced seafarer. Tell about possible problems on the way to the vessel and give some advice on how to avoid them”) [2, с. 49]. Систематизований матеріал посібника дає можливість детально вивчити процедуру проходження реєстрації та перевірки в аеропортах, тому в кінці вивченої теми студенти виконують наступні комунікативні завдання: проведення інтерв’ю (“Interview your partner on airport procedures. Write down the best ideas.”).

У кожному розділі представлена вся необхідна лексика, засвоїти яку можливо у ході виконання логічно представлених вправ. Тематичні словники (Word list), які розроблені авторами, розміщені у кінці кожного тематичного розділу з транскрипцією і повним визначенням англійською мовою.

З метою розвитку мовних навичок спілкування наступні завдання (слухання, мовлення, читання та письмо). Так, після прослуховування об’яв з аеропорту в навчальному посібнику пропонується: “вибрати тип об’яви, додати необхідну інформацію до таблиці, знайти помилки в інформаційній таблиці” (“Tick the items which are announced at an airport. Listen to the announcements and label the columns with the type of information announced. Read the airport departures board and mark the statements as True or False”).

Ефективним вважаємо впровадження у навчання такого методу як – “case study”. Отже, у даному розділі навчального посібника (How I travel), а також в інших, описані реальні життєві ситуації, які були представлені випускниками та курсантами старших курсів. Так, після аналізу першого авіарейсу одного з курсантів, речі якого були помилково відправлені в іншому напрямку, студенти зможуть зробити певні висновки про те, що треба брати з собою в ручний багаж [2, с. 55].

Серед актуальних питань розглядаються такі, як необхідність виконання певних обов’язків на судні, дотримання певних правил проживання.

У цьому розділі також запропоновано завдання, що сприяють формуванню мовленнєвої компетенції. Прикладами таких завдань є: обговорення питань стосовно того, як необхідно відповідати чи звертатися до людини, як вирішити певне завдання.

Таким чином, серед основних напрямів щодо забезпечення формування мовленнєвої компетентності майбутніх фахівців морського флоту є розробка навчального посібника, що сприяє формуванню мовленнєвої компетенції курсантів, які працюватимуть у команді з носіями інших мов, і подоланню мовного бар’єру та сприятиме взаєморозумінню і співробітництву.

Серед наступних напрямів роботи нами було визначено - розробка завдань для роботи в платформі Moodle.

З метою ефективного оволодіння англійською мовою, а також підвищення інтересу щодо її вивчення, до програми Moodle були завантажені завдання різного спрямування: граматичні, лексичні, ігрові, що є доповненням до навчального посібника і сприятимуть розвитку мовленнєвої компетентності. Використання платформи Moodle дозволяє нам не лише перевіряти знання курсантів за допомогою тестових завдань але й допомагати їм у засвоєнні різномірного матеріалу. Так, враховуючи різний рівень знань курсантів, а також темп сприйняття матеріалу (наприклад відеоматеріал) завдання в даній платформі дають

змогу переглянути та прослухати декілька разів, а відповідно, якісно оволодіти інформацією, покращити вимову та відпрацювати лексику.

Впровадження комунікативного підходу у ході викладання англійської мови є важливим напрямом роботи. Спілкування щодня з викладачами англійської мови та відповідно з курсантами своєї групи спрямоване на сприйняття іноземної мови, як рідної.

Важливим напрямом роботи щодо формування мовленнєвої компетенції майбутніх фахівців морського флоту є проведення семінарів серед викладачів з метою обміну досвідом та підвищення методичного рівня викладання англійської мови. Так, серед багатьох семінарів, які відбувалися протягом року, нами був проведений семінар на тему Flipped classroom, що змінює традиційну методологію навчання, надаючи студентам доступ до нового матеріалу вдома, як правило, за допомогою відеоматеріалів, необхідної текстової інформації. Тоді як час заняття використовується для асиміляції цих знань шляхом дебатів, вирішення проблем та критичного мислення.

Висновки. Враховуючи важливість підготовки висококваліфікованих фахівців морського флоту, а також потребу підвищення якості професійної англомовної підготовки закладами вищої морської освіти нами було запропоновано основні напрями щодо забезпечення формування мовленнєвої компетентності майбутніх фахівців морського флоту: розроблено навчально-методичний посібник, що сприятиме формуванню мовленнєвої компетенції майбутніх фахівців морського флоту, які працюватимуть у складі з носіями інших мов і подоланню мовного бар'єру, що заважає взаєморозумінню і співробітництву; розробка завдань для роботи в системі Moodle; впровадження комунікативного підходу у ході викладання англійської мови; проведення семінарів серед викладачів з метою обміну досвідом формування мовленнєвої компетентності майбутніх фахівців морського флоту на заняттях з англійської мови.

Перспективи подальших досліджень. Нашими наступними кроками планується: удосконалення методичного посібника для морської англійської мови щодо системи вправ/завдань для вивчення у першому навчальному семестрі курсантами спеціальності освітньої програми "Судноводіння"; створення нової системи вправ/завдань на Moodle платформі, що можуть бути використані упродовж усього курсу вивчення англійської мови за професійним спрямуванням у морських навчальних закладах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Козак С. В. Формування іномовної комунікативної компетенції майбутніх фахівців морського флоту: автореф. дис. канд. пед. наук: 13.00.04 / Південноукраїнський державний педагогічний університет ім. К.Д.Ушинського. Одеса, 2001. 24с.
2. Кудрявцева В.Ф., Бондаренко В.В., Мороз О.Л., Швецова І.В. While Ashore: навч. посіб. Херсон: ТОВ «ВКФ «Стар» ЛТД», 2018. 116 с.
3. Луб'янова Л. Формування мовленнєвої компетенції студентів на заняттях іноземної мови професійного спрямування. URL: <http://www.confesp.fl.kpi.ua/node/1025> (Last accessed: 06.04.2019).
4. Система дипломування. URL: <http://www.itcs.org.ua/ua/sistema-diplomuvannya> (Last accessed: 04.03.2019).
5. Шраменко Н. Ю. Компетентністний підхід як основа якості підготовки фахівців транспортної. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2015_70_16 (Last accessed: 05.05.2019).
6. Model Course 3.17 "Maritime English". URL: <https://ru.scribd.com/document/261953765> (Last accessed: 11.02.2019).
7. STCW Convention and STCW Code. URL: <https://navlib.net/wp-content/uploads/2018/06/STCW-2017.pdf> (Last accessed: 04.03.2019).

ІМЕННИЙ ПОКАЗЧИК

В

Blah V., 66
Bondarenko A.G., 112

D

Donets S.Ye., 400
Dorogan O.I., 305

K

Klepikov V.F., 400
Kononenko A., 66
Kyrylash O., 394

L

Litvinov A.P., 112
Lonin Yu.F., 400
Lytvynenko V.V., 400

M

Maulevych V., 394
Melyakova O.A., 400

N

Neumann S., 394
Nosov P., 66

P

Petrenko D., 66
Ponomarev A.G., 400
Prokhorenko E.M., 400

U

Ushkarenko O.O., 305
Uvarov V.T., 400

Y

Yeryganov O., 394

A

Абрамов А.Д., 208
Абрамов Г.С., 100, 133, 208, 213
Абрамов М.Г., 213
Абрамова Л.С., 28
Авраменко Н.Н., 40
Акимов А.В., 388
Александрова Н.Г., 319
Алексенко В.Л., 323
Алоба Л.Т., 221, 224
Андреева Н.Ю., 308
Антипов Є.О., 346

Б

Бабенчук Н.С., 353
Барабанова Ю.Е., 246
Барильник-Кураков І.Л., 63
Басараба Ю.Б., 327
Бедя А.И., 22
Безбах О.М., 338
Безуглова І.В., 435
Белан С.Н., 5
Белобров Е.П., 140
Бень А.П., 9, 63, 69, 232
Білий В.А., 330, 334
Блінцов В.С., 228
Богдан Ю.О., 346
Бондарчук А.К., 84
Бондарчук О.К., 84

Бородулин А.В., 144
Борчик Е.Ю., 116
Бражник А.М., 208
Букетов А.В., 338
Букетова Н.М., 391
Бурилов С.В., 349
Бурмака А.И., 148

В

Варбанец Р.А., 87, 394
Вассерман А.А., 439
Васюхін М.І., 232
Ведмеденко Д.С., 158
Ведь М.В., 365, 415
Веселовська Г.В., 291
Вильский Г.Б., 152, 158
Вікулін І.М., 380
Власов В.Б., 406
Войтасик А.М., 239
Войченко Т.О., 11
Волик А.А., 158
Волков Є. Л., 154
Волянюк В.О., 402
Вольская А.Д., 287
Врублевский Р.Е., 341
Вухерер Т., 338

Г

Гайченя А.В., 162
Галушко М.Н., 5
Галь А.Ф., 246
Ганношина І.М., 11
Гаркуша В.В., 432
Глазева О.В., 406
Годованюк С.П., 166
Голиков А.А., 140
Голіков А.О., 170
Головань А.И., 344
Голосенко Н.С., 427
Горалік Є.Т., 242
Горбатюк Є.В., 402
Горобець В.Г., 346
Грешнов А.Ю., 246
Грицук І.В., 80
Грошева О.А., 97, 177
Грудініна Г.С., 221

Д

Дели А.К., 344
Джуринська А.О., 411
Дзензерський В.О., 349
Долгов М.А., 338
Донченко О.А., 361
Донченко Т.В., 361
Дорогань О.І., 301
Дощенко Г.Г., 380
Дранчук С.М., 88
Дьяконов А.С., 173

Е

Ермоленко Я.В., 376
Ермошкин Н.Г., 353, 358
Ерыганов А.В., 87, 90

Є

Єнчев С.В., 15
Єрмоленко І.Ю., 415

З

Завадський В.А., 88
Замбриборщ М.С., 140
Засадний Т.М., 327
Здрок Е.В., 116
Землянський А.В., 73
Зинченко С.М., 63
Зинченко С.Н., 97, 177
Зінченко С.М., 58, 84
Знамеровська Н.П., 440

И

Иванов А.А., 40
Ивановский В.Г., 87
Ихсанов Ш.М., 173

І

Ільченко С.В., 19
Іщенко М.П., 84

К

Казак А.В., 22, 45
Казак В.М., 45
Казак В.Н., 22
Калиниченко Е.В., 179
Калюжный В.В., 182
Камишин В.В., 49
Каплун В.Г., 361
Каракуркчі Г.В., 365
Касім А.М., 232
Каштальян П.В., 249
Квасневская Н.Ф., 140
Кириченко К.В., 315
Клиндухова В.М., 369
Клок В.В., 411
Кожин О.Д., 25
Козаченко А.Ю., 192
Колебанов О.К., 367
Колесник Д.В., 253
Колесніков В.П., 432
Кондрашов К.В., 100
Коновец В.И., 185, 311
Крапивко Г.І., 63
Крапівко Г.І., 25
Кривошей Ф.А., 369
Крюков М.М., 242
Кудрявцева В.Ф., 443
Кузнецов Ю.Н., 388
Куклин В.М., 133
Куценко П.С., 228
Кучеренко М.Е., 417
Кучеренко Ю.Н., 108
Кырнац В.И., 87

Л

Лаврущенко Ю.О., 254
Лазарчук Є.П., 22
Лалин А.В., 158
Лебедь О.Н., 372, 374
Леонов В.Е., 376

Литвиненко В.М., 380
Любіч О.О., 258
Ляшенко В.Г., 69
Ляшенко Э.Х., 22

М

Майданюк П.В., 228
Маляренко О.Д., 391
Мальчевский В.П., 439
Маменко П.П., 97, 177
Манжелей В.С., 80
Масюк М.Ю., 346
Матейчук В.Н., 97, 177
Мащенко С.В., 22
Мельник В.Г., 384
Мельник І.В., 384
Моисеенко С.В., 299
Мойсеенко В.С., 54
Моторнюк Р.Л., 5
Мушин А.А., 77

Н

Нагорний Є.В., 28
Нагрибельний Я.А., 58
Настасенко В.А., 262, 388
Негруца Р.Ю., 391
Носов П.С., 9, 58, 63, 97, 177

О

Олійник Ю.О., 170
Ольшевський С.І., 266
Омельченко Т.Ю., 189

П

Паламарчук І.В., 9
Панов А.В., 283
Пелевін Л.Є., 402
Передерий В.И., 116
Петриченко Е.А., 192
Петровський А.В., 36
Погорлецький Д.С., 80
Поляков В.А., 270
Попович І.С., 58
Прокопчук Ю.А., 274
Прохоренко І.В., 45
Пятаков В.Э., 196

Р

Рангаева А.А., 140
Растегина Г.И., 40
Рева О.М., 49, 69
Редчиц Д.А., 299
Ремзіна Н.А., 32
Рожков С.А., 100, 130, 249
Розвадовська О. В., 19
Романов Б.В., 323
Рыбалко Р.Г., 158
Рябоус Л.М., 358

С

Сало Н.А., 73
Самонов С.Ф., 406
Самохвалов В.С., 411
Самохвалов І.Є., 411
Сафонов М.С., 58
Сахненко М.Д., 365, 415
Сачанова Ю.І., 415
Свиридов В.І., 417
Селиванов С.Е., 166, 421
Сірівчук А.С., 279
Скоб Ю.А., 283, 287
Скосар В.Ю., 349
Сметанкин С.А., 323
Смоляной Є.С., 411
Соколов А.Е., 208
Соколов А.Є., 291
Соколов В.В., 228
Сокурченко О.О., 49
Соловей А.С., 295
Сорока М.Ю., 77
Соценко В.В., 323
Стовба Т.А., 435

Т

Тарасенко А.Н., 421
Тарасов А.С., 299
Тарасов С.В., 299, 349
Терновая Т.И., 249
Тимофеев К.В., 40, 249
Тимошенко Н.А., 45
Тимченко Н.М., 435

Товкач С.С., 120
Торский В.Г., 140
Троханяк В.І., 346
Тугай Б.А., 384
Тугай С.Б., 384
Тюпиков Е.Е., 189

У

Ушкаренко О.О., 301

Ф

Федоров А.І., 124
Фусар И.Ю., 199

Х

Хачапуридзе Н.М., 270
Хлопенко И.Н., 130
Хлопенко Н.Я., 130
Ходаков В.Є., 291
Хомченко А.Н., 308
Хрипченко В.Г., 417
Худяков І.В., 80

Ц

Цымбал М.Н., 203

Ч

Чабан В.А., 427
Чернявский В.В., 133
Чуприна Н.М., 432

Ш

Швецова І.В., 447
Шевчук Д.О., 45
Шишкин А.В., 185, 311
Шульгін В.А., 49

Щ

Щедролосев О.В., 315

Ю

Юренин К.Ю., 323

Я

Яглицкий Ю.К., 315
Янутенене Й., 391
Ярьсько Е.И., 427

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
СЕКЦІЯ:	
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ	4
СИСТЕМА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПОДВИЖНИХ ОБ'ЄКТОВ НА ОСНОВЕ КЛЕТОЧНИХ АВТОМАТОВ С ГЕКСАГОНАЛЬНИМ ПОКРИТИЕМ	5
Белан С.Н., Галушко М.Н. Государственный университет инфраструктуры и технологий (Украина, г. Киев)	
Моторнюк Р.Л. «Главный информационно-вычислительный центр» ПАТ «Укрзалізниця» (Украина, г. Киев)	
СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ З УРАХУВАННЯМ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ ПІД ЧАС ПОЗАШТАТНИХ УМОВ НАВІГАЦІЇ	9
Бень А.П., Носов П.С., Паламарчук І.В. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ В ДІЯЛЬНІСТЬ СУДНОПЛАВНИХ КОМПАНІЙ	11
Ганношина І.М., Войченко Т.О. Державний університет інфраструктури та технологій (Україна, г. Киев)	
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЗАДАЧАХ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДМОВОСТІЙКОСТІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМИ ГТД	15
Єнчев С.В. Національний авіаційний університет (Україна, г. Киев)	
DIVERSIFICATION STRATEGIES OF THE NATIONAL SUBSYSTEMS OF GLOBAL SHIPPING	19
Pchenko S., Rozvadovska O. Institute of market problems and economical and ecological researches of the National Academy of Sciences of Ukraine (Ukraine, Odessa)	
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПИЛОТОМ В ОСОБЫХ СИТУАЦИЯХ В ПОЛЕТЕ	22
Казак В.Н., Бедя А.И., Ляшенко Э.Х., Машенко С.В., Лазарчук Є.П. Національний авіаційний університет (Україна, г. Киев)	
Казак А.В. Національний медичний університет ім. Богомольця (Україна, г. Киев)	
НОВІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ БЕЗПЛОТНИХ СУДЕН. МОЖЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЛОТНИМ ФЛОТОМ В АКВАТОРІЯХ УКРАЇНИ	25
Крапівко Г.І., Кожин О.Д. Херсонська державна морська академія (Україна, г. Херсон)	
ПІДХІД ДО ФОРМУВАННЯ ПРИНЦИПІВ ГІБРИДНОГО УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ	28
Нагорний Є.В., Абрамова Л.С. Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна, м. Харків)	
ПРОБЛЕМИ ФІНАНСУВАННЯ ПОСТІЙНИХ УСТРОЇВ МОРСЬКОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ЗА РАХУНОК ПОРТОВИХ ЗБОРІВ	32
Ремзіна Н.А. Інститут проблем ринку та економіко- екологічних досліджень НАНУ (Україна, м. Одеса)	

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛУ ECDIS ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДІЙ ШТУРМАНІВ	36
Петровський А.В.	
Херсонська державна морська академія (Україна, м. Херсон)	
СЕКЦІЯ:	
ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ	39
ТРЕНАЖЕР ВИСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СУДОВИХ СПЕЦІАЛІСТОВ	40
Іванов А.А., Авраменко Н.Н., Растегина Г.И., Тимофеев К.В.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
АНАЛІЗ ПРИЧИН ПРИЙНЯТТЯ ПОМИЛКОВИХ РІШЕНЬ ЕКІПАЖЕМ В НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ У ПОЛЬОТІ	45
Казак В.М., Прохоренко І.В., Тимошенко Н.А., Шевчук Д.О.	
Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	
Казак А.В.	
Національний медичний університет (Україна, м. Київ)	
ОРГАНІЗАЦІЙНА ЕРГОНОМІКА: ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ АРХІТЕКТОНІКИ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ»	49
Камишин В.В., Рева О.М.	
Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (Україна, м. Київ)	
Шульгін В.А.	
Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна, м. Кропивницький)	
Сокуренко О.О.	
Миколаївський обласний інститут післядипломної педагогічної освіти (Україна, м. Миколаїв)	
ВИЗНАЧЕННЯ РОБОЧИХ ДІАПАЗОНІВ ЛАЗЕРНО-ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОПОРНОГО ПОЗИЦІОНУВАННЯ FANBEAM ПРИ РІЗНИХ УМОВАХ ХВИЛЮВАННЯ МОРЯ	54
Мойсеєнко В.С.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
ФОРМАЛЬНІ ПІДХОДИ ЩОДО СТВОРЕННЯ ПОВЕДІНКОВОЇ МОДЕЛІ СУДНОВОДІЯ ДЛЯ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОЇ ВЗАЄМОДІЇ НАВІГАЦІЙНОЇ ВАХТИ	58
Носов П.С., Нагрибельний Я.А., Зінченко С.М.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
Попович І.С.	
Херсонський державний університет (Україна)	
Сафонов М.С.	
Херсонський політехнічний коледж Одеського національного політехнічного університету (Україна)	
РОЗРОБКА АНАЛІЗАТОРУ ПСИХОЕМОЦІЙНОГО СТАНУ СУДНОВОДІЯ	63
Носов П.С., Бень А.П., Зинченко С.М., Крапивко Г.І., Барильник-Кураков І.Л.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
ANALYSIS OF THE CAUSES OF ACCIDENTS IN THE BOSPHORUS STRAIT BY MEANS OF THE NAVIGATION SIMULATOR NTPRO 5000	66
Petrenko D., Kononenko A., Nosov P., Bezkrivnyi V.	
Kherson State Maritime Academy	
Blah V.	
Kherson State University	
СИСТЕМНІ ОСНОВИ КВАЛІМЕТРІЇ ВПЛИВУ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА НА ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У СУДНОВОДІННІ	69
Рева О.М.	

Державна наукова установа «Український інститут науково-технічної експертизи та інформації» (Україна, м. Київ)	
Бень А.П., Ляшенко В.Г. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ВЫБОР МЕТОДОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНЫХ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО-КОНФЛИКТНЫХ СИТУАЦИЙ	73
Сало Н.А., Землянський А.В. Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна, м. Кропивницький)	
МОДЕЛЬ ХОЛОДНОГО ФРОНТА ПЕРВОГО РОДА ДЛЯ АВИАДИСПЕТЧЕРСКИХ ТРЕНАЖЁРОВ	77
Сорока М.Ю., Мушин А.А. Летная академия Национального авиационного университета (Украина)	
СИСТЕМА ДИСТАНЦІЙНОГО МОНИТОРИНГУ КОМПЛЕКСУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ	80
Худяков І.В., Грицуц І.В., Погорлецький Д.С., Манжелей В.С. Херсонська державна морська академія (Україна)	
СЕКЦІЯ: КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ	83
USE OF INFORMATION MODELING SYSTEMS FOR THE CREATION AND TESTING SHIP'S CONTROL SYSTEMS	84
Bondarchuk A.K., Bondarchuk O.K., Zinchenko S.M., Ishchenko M.P. Kherson State Maritime Academy (Ukraine)	
ДИАГНОСТИКА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕМОНТА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ K6S310DR	87
Варбанец Р.А., Ивановский В.Г., Кырнац В.И., Ерыганов А.В. Одесский национальный морской университет (Украина)	
МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ, ЩО ШВИДКО ЗМІНЮЮТЬСЯ У ЧАСІ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАТЧИКІВ, ЯКІ МАЮТЬ ЧАСТОТНІ ВИХОДИ	88
Дранчук С.М. Одеський національний морський університет (Украина)	
Завадський В.А. Національний університет «Одеська морська академія» (Украина)	
ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРО-ПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДИЗЕЛЯ ПО ТОЧКЕ МАКСИМАЛЬНОЙ СКОРОСТИ НАРАСТАНИЯ ДАВЛЕНИЯ КРИВОЙ СЖАТИЯ	90
Ерыганов А.В. Одесский национальный морской университет (Украина)	
ИЗЫТОЧНОСТЬ ПО УПРАВЛЕНИЮ КАК КОЛИЧЕСТВЕННАЯ МЕРА МАНЕВРЕННОСТИ СУДНА	97
Зинченко С.Н., Носов П.С., Маменко П.П., Грошева О.А., Матейчук В.Н. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
АНАЛИЗ ОТКАЗОВ СУДОВОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ПО КРИТЕРИЮ СЛОЖНОСТИ ПРИ ПОИСКЕ ПРИЧИН НЕИСПРАВНОСТИ	100
Кондрашов К.В., Абрамов Г.С., Рожков С.А. Херсонская государственная морская академи (Украина)	
МЕТОД КОНТРОЛЯ ЭФФЕКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ СДУ В ЭКСПЛУАТАЦИИ	108
Кучеренко Ю.Н.	

Одесский национальный морской университет (Украина)	
DYNAMIC INFLUENCE OF CHANGE OF TRANSPORT FLOWS AT THE CONTROL OF THE HAZARDOUS ENVIRONMENT	112
Litvinov A.P., Bondarenko A.G. Pryazovsky state technical university (Ukraine, Mariupol)	
ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕЛЕВАНТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ СУДНОМ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ	116
Передерий В.И. Херсонский национальный технический университет (Украина)	
Борчик Е.Ю. Морской институт последиplomного образования им. Ф.Ф. Ушакова (Украина)	
Здрок Е.В. Морской колледж Херсонской государственной морской академии (Украина)	
MULTIFRACTAL TRAFFIC PROPERTY FOR AVIATION ENGINE ELECTRONIC SYSTEMS	120
Tovkach S.S. National Aviation University (Ukraine, Kuiv)	
ОСОБЛИВОСТІ ЗДІЙСНЕННЯ СУЧАСНИХ МОРСЬКИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ	124
Федоров А.І. Херсонська державна морська академія (Украина)	
РОБАСТНЫЙ РЕГУЛЯТОР ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА	130
Хлопенко Н.Я., Рожков С.А., Хлопенко И.Н. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
СЕКЦІЯ:	
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА	132
МОДУЛЯЦИОННАЯ НЕУСТОЙЧИВОСТЬ КАК МЕХАНИЗМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ ВОЛН В ОКЕАНЕ	133
Абрамов Г.С., Чернявский В.В. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
Куклин В.М. Харьковский национальный университет им. В.Н.Каразина (Украина)	
ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ТАРЫ ЯДОФУМИГАНТОВ НА СУДАХ: ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО - ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА, МОРЯ И ПОБЕРЕЖЬЯ	140
Белобров Е.П., Квасневская Н.Ф., Замбриборщ М.С. Центр «Медицинской и экологической безопасности технологий морской фумигации и перевозки опасных грузов» УкрНИИ МТ МЗ Украины (Украина, г. Одесса)	
Голиков А.А. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
Торский В.Г., Рангаева А.А. Морской институт Украины (отделение Nautical Institute of Great Britain, London) (Украина)	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО - ДОПУСТИМОЙ ДИСТАНЦИИ СБЛИЖЕНИЯ СУДОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ФОРМЫ	144
Бородулин А.В. Національний університет «Одеська морська академія» (Украина)	

СТРАТЕГИЯ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ В СИТУАЦИИ ЧРЕЗМЕРНОГО СБЛИЖЕНИЯ НА ПОПУТНЫХ КУРСАХ	148
Бурмака А.И. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
ГЕНЕЗИС ИНЦИДЕНТОВ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ МОРСКОГО СУДНА	152
Вильский Г.Б. Николаевский научно-учебный центр образования взрослых (Украина)	
ВПЛИВ ІНЕРЦІЙНОСТІ СУДНА НА ВИЗНАЧЕННЯ ДИСТАНЦІЇ НАЙКОРОТШОГО ЗБЛИЖЕННЯ	154
Волков Є. Л. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ИННОВАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ БЕЗОПАСНОСТИ БУКСИРНОГО ФЛОТА КОМПАНИИ НИБУЛОН	158
Волик А.А., Лалин А.В., Рыбалко Р.Г. ООО СП «НИБУЛОН» (Украина)	
Ведмеденко Д.С., Вильский Г.Б. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ЗАГРУЗКИ СУДНА	162
Гайченя А.В. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ СБЛИЖЕНИЯ МОРСКИХ СРЕДСТВ СПАСАНИЯ С СУДНОМ, ТЕРПЯЩИМ БЕДСТВИЕ, И АЛГОРИТМОВ ТРАЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИМИ	166
Годованюк С.П., Селиванов С.Е. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ОЦІНКА РИЗИКІВ ТА РІВНЯ БЕЗПЕКИ ПРИ ЗІТКНЕННІ СУДНА З МОСТОМ	170
Голіков А.О., Олійник Ю.О. Національний університет «Одеська Морська Академія» (Україна)	
ПРИЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ СИГНАЛОВ МОРСКИХ СУДОВ В ТЕХНОЛОГИИ AIS	173
Дьяконов А.С., Рябенский В.М., Ихсанов Ш.М. Национальный университет кораблестроения им. адмирала Макарова (Украина, г. Николаев)	
УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	177
Зинченко С.Н., Носов П.С., Грошева О.А., Маменко П.П., Матейчук В.Н. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ	179
Калиниченко Е.В. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
ОЦЕНКА БОКОВОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СМЕЩЕНИЯ СУДНА ПРИ РЫСКАНИИ	182
Калюжный В.В. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
ОБРАБОТКА НОВЫХ ТИПОВ СООБЩЕНИЙ ПО БЕЗОПАСНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ	185
Коновец В.И., Шишкин А.В. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
СООТВЕТСТВИЕ ФОРМ ИСТИННОЙ И ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИЙ РАСХОЖДЕНИЯ	189
Омельченко Т.Ю., Тюпиков Е.Е.	

<p>Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p> <p>АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ СУДОВ</p> <p>Петриченко Е.А., Козаченко А.Ю. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	192
<p>РАСХОЖДЕНИЕ СУДНА С ДВУМЯ ОПАСНЫМИ ЦЕЛЯМИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМИ ИЗМЕНЕНИЯМИ КУРСОВ</p> <p>Пятаков В.Э. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	196
<p>ОРТОГОНАЛЬНОЕ РАЗЛОЖЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ОБОБЩЕННОГО ПУАССОНОВСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ</p> <p>Фусар И.Ю. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	199
<p>МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАГРУЗКИ СУДОВ РАЗНЫХ ТИПОВ</p> <p>Цымбал М.Н. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	203
<p>СЕКЦІЯ: ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ</p>	207
<p>ГИПОТЕЗА СИММЕТРИИ В ЗАДАЧАХ ОПТИМИЗАЦИИ</p> <p>Абрамов Г.С. Херсонская государственная морская академия (Украина)</p> <p>Бражник А.М., Соколов А.Е., Абрамов А.Д. Херсонский национальный технический университет (Украина)</p>	208
<p>ЗАКОНОМЕРНОСТИ КОАЛЕСЦЕНЦИИ ЧАСТИЦ ОКИСЛОВ НА АСИМПТОТИЧЕСКОЙ СТАДИИ ПРОЦЕССА ВНУТРЕННЕГО ОКИСЛЕНИЯ ПЛАСТИН БИНАРНЫХ СПЛАВОВ</p> <p>Абрамов Г.С. Херсонская государственная морская академия (Украина)</p> <p>Абрамов М.Г. Херсонский филиал Национального университета кораблестроения (Украина)</p>	213
<p>МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ АНПА З ГРЕБНИМ ГВИНТОМ В ПОВОРОТНІЙ НАСАДЦІ</p> <p>Алоба Л.Т., Грудініна Г.С. Национальный университет кораблестроения ім. адм. Макарова (Украина)</p>	221
<p>СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АНПА КАК АГЕНТОМ ГРУППЫ</p> <p>Алоба Л.Т. Национальный университет кораблестроения имени адм. Макарова (Украина)</p>	224
<p>ЩОДО СТВОРЕННЯ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ РОБОТИЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ НАДВОДНОЇ ТА ПІДВОДНОЇ ОБСТАНОВКИ У ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ВОДАХ УКРАЇНИ</p> <p>Блінцов В.С., Куценко П.С. Национальный университет кораблестроения ім. адм. Макарова (Украина)</p> <p>Майданюк П.В. Управління Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України в Миколаївській області</p>	228

(Україна)	
Соколов В.В.	
Державне підприємство «Виробниче об'єднання Південний машинобудівний завод імені О.М. Макарова»	
(Україна)	
АЛГОРИТМІЧНІ МЕТОДИ ТА ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ СИНТЕЗУ СТРУКТУРИ ЗОРОВОГО ОБРАЗУ ОТОЧУЮЧОЇ ОБСТАНОВКИ В ІНТЕГРОВАНИХ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ	232
Васюхін М.І., Касім А.М.	
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України	
(Україна)	
Бень А.П.	
Херсонська державна морська академія	
(Україна)	
РОЗРОБКА СТРУКТУРИ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОСТОРОВОГО РУХУ ВАНТАЖНОГО САМОХІДНОГО ПІДВОДНОГО НОСІЯ З КОРИСНИМ ВАНТАЖЕМ	239
Войтасик А.М.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова	
(Україна)	
ЧИСЕЛЬНЕ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧІ ПРО РУХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРИ СХОДЖЕННІ З ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ	242
Горалік Є.Т., Крюков М.М.	
Державний університет інфраструктури і технологій	
(Україна)	
ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	246
Грешнов А.Ю., Барабанова Ю.Е., Галь А.Ф.	
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова	
(Украина)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИДЕНТИФИКАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУДНА	249
Каштальян П.В., Рожков С.А., Тимофеев К.В., Терновая Т.И.	
Херсонская государственная морская академия	
(Украина)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ВРК, В СРЕДЕ AVL BOOST	253
Колесник Д.В.	
Морское инженерное бюро	
(Украина)	
THE PROBLEMS OF EFFECTIVE DEVELOPMENT OF NATIONAL SEA TRANSPORT FROM THE STANDPOINT OF GLOBALIZATION OF ECONOMIC RELATIONS	254
Lavrushchenko Yu.O.	
Institute of market problems and economic & ecological researches of the National Academy of Sciences of Ukraine	
(Ukraine)	
ВПЛИВ СВІТОВОЇ ЦИФРОВОЇ ТРАНСФОРМАЦІЇ НА РОЗВИТОК ОСВІТИ ТА НАУКИ	258
Любіч О.О.	
Державна навчально-наукова установа «Академія фінансового управління»	
(Україна, м. Київ)	
ЕДИНИЧНИЙ ФОТОН, ЕГО СТРУКТУРА И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	262
Настасенко В.А.	
Херсонская государственная морская академия	
(Украина)	
ВИЗНАЧЕННЯ СТРУКТУРИ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МАРШОВИМ РУХОМ ПІДВОДНОГО АПАРАТА З ГІДРОБІОНІЧНИМ РУШІЄМ	266
Ольшевський С.І.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова	
(Украина)	

РАЦИОНАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО Поезда	270
Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М.	
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина, г. Днепр)	
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПОСТРОЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ШИРОКОГО КЛАССА	274
Прокопчук Ю.А.	
Институт технической механики НАНУ и ГКАУ, Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (Украина, г. Днепр)	
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ АВТОНОМНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА З РАДІОБУЄМ	279
Сірівчук А.С.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна, м. Миколаїв)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ИСПАРЕНИЯ ТОКСИЧНОГО ВЕЩЕСТВА С ПЯТНА ПРОЛИВА ПРОИЗВОЛЬНОЙ ФОРМЫ	283
Скоб Ю.А., Панов А.В.	
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» (Украина, г. Харьков)	
ЧИСЛЕННИЙ АНАЛІЗ ВЛИЯНИЯ ВЕНТИЛЯЦИИ ПОМЕЩЕНИЯ НА ПОСЛЕДСТВИЯ АВАРИЙНОГО ВЗРЫВА ГАЗА	287
Скоб Ю.А., Вольская А.Д.	
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» (Украина, г. Харьков)	
ЛЮДСЬКИЙ КАПІТАЛ ЯК НАРІЖНИЙ КАМІнь ОСВІТНЬОЇ СФЕРИ В ЕПОХУ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ, ТА ЙОГО ВПЛИВ НА РОЗВИТОК ЕКОНОМІКИ	291
Соколов А.Є., Ходаков В.Є., Веселовська Г.В.	
Херсонський національний технічний університет (Україна)	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СУДНА ПРИ ОПЕРАЦИЯХ С ТЯЖЕЛОВЕСНЫМИ НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СУДАХ ТИПА «ХЕВИ-ЛИФТ»	295
Соловей А.С.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЛАМИНАРНО-ТУРБУЛЕНТНОГО ПЕРЕХОДА В ЗАДАЧАХ ВНЕШНЕЙ АЭРОДИНАМИКИ	299
Тарасов С.В., Редчиц Д.А., Тарасов А.С.	
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина, г. Днепр)	
Моисеенко С.В.	
Херсонский национальный технический университет (Украина)	
МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ЧАСУ ОБРОБКИ ЧЕРГ ЗАПИТІВ ПРИ АВТОМАТИЗОВАНОМУ КЕРУВАННІ СУДНОВИМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ	301
Ушкаренко О.О., Дорогань О.І.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна, м. Миколаїв)	
THE STRUCTURE OF THE SHIP ELECTRIC POWER SYSTEM MODEL FOR THE STUDY OF DYNAMIC OPERATION MODES	305
Ushkarenko O.O., Dorogan O.I.	
Admiral Makarov National University of Shipbuilding (Ukraine, Nikolaev)	
ГИБРИДИЗАЦИЯ В КОНСТРУКТИВНОЙ ТЕОРИИ СЕРЕНДИПОВЫХ АППРОКСИМАЦИЙ	308
Хомченко А.Н., Андреева Н.Ю.	

Черноморський національний університет імені Петра Могили (Україна, г. Николаев)	
УНИФІКАЦІЯ ІНТЕРФЕЙСА УПРАВЛЕННЯ УКВ/ПВ/КВ АППАРАТУРОЮ В ІНТЕГРОВАНОМУ СИСТЕМІ РАДІОСВ'ЯЗІ	311
Шишкин А.В., Коновец В.И. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ПРИ ПАРАМЕТРИЧНОМУ ПРОЕКТУВАННІ КОНСТРУКЦІЙ КОМПОЗИТНОГО ПЛАВУЧОГО ДОКУ	315
Щедролосєв О.В., Яглицький Ю.К., Кириченко К.В. Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова (Україна)	
СЕКЦІЯ: ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ	318
К ВОПРОСУ ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ИЗМЕНЕНИЯ ПОГОДЫ В ХЕРСОНЕ	319
Александрова Н.Г. Херсонская государственная морская академия (Україна)	
ОБРАЗЕЦ СО СЪЕМНЫМИ ГОЛОВКАМИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ МАТЕРИАЛОВ НА РАСТЯЖЕНИЕ	323
Алексенко В.Л., Романов Б.В., Сметанкин С.А., Соценко В.В., Юренин К.Ю. Херсонская государственная морская академия (Україна)	
ВПЛИВ ВИСОКОЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОМЕЛУ В АТМОСФЕРІ ВОДНЮ НА ФАЗОВО-СТРУКТУРНІ ПЕРЕТВОРЕННЯ ТА ХІМІЧНИЙ СКЛАД СПЛАВІВ $Zr_{1-x}Ti_xCr_2$	327
Басараба Ю.Б. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)	
Засадний Т.М. Фізико-механічний інститут ім. Г.В.Карпенка НАН України (Україна, м. Львів)	
СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ПРИМІЩЕНЬ	330
Білій В.А. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
ОГЛЯД МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ, ЩО ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ У ДОСЛІДЖЕННІ МІКРОКЛІМАТУ ПРИМІЩЕНЬ ТА СТВОРЕННІ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ	334
Білій В.А. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
МОДИФІКОВАНА 4,4'-МЕТИЛЕНБІС (2-МЕТОКСИАНИЛІНОМ) ЕПОКСИДНА МАТРИЦЯ З ПОЛІПШЕНИМИ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	338
Букетов А.В., Безбах О.М. Херсонська державна морська академія (Україна)	
Долгов М.А. Інститут проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАНУ (Україна, м. Київ)	
Вухерер Т. Маріборський університет (Словенія)	
ПРИМЕНЕНИЕ АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАСХОДА ЦИЛИНДРОВОГО МАСЛА ДИЗЕЛЯ MAN 6S70MC	341
Врублевский Р.Е. Херсонская государственная морская академия (Україна)	
ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К СИСТЕМАМ МОНИТОРИНГА ВЫБРОСОВ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА МОРСКИМ ТРАНСПОРТОМ	344

Головань А.И., Дели А.К. Одесский национальный морской университет (Украина)	
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ ПОТОКУ ПОВІТРЯ У РОБОЧІЙ ДІЛЯНЦІ РОЗІМКНЕНОЇ АЕРОДИНАМІЧНОЇ ТРУБИ ДОЗВУКОВИХ ШВИДКОСТЕЙ	346
Горобець В.Г., Троханяк В.І., Антипов Є.О., Масюк М.Ю. Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна, м. Київ)	
Богдан Ю.О. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ПРИСКОРЮВАЧ МАКРОТІЛ (РЕЙКОТРОН), ЯК ІННОВАЦІЙНА ТРАНСПОРТНА ТЕХНОЛОГІЯ	349
Дзензерський В.О., Бурилов С.В., Тарасов С.В., Скосар В.Ю. Інститут транспортних систем і технологій НАН України (Україна, м. Дніпро)	
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ КАВИТАЦИИ И ИХ РЕШЕНИЕ	353
Бабенчук Н.С., Ермошкин Н.Г. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОАГУЛЯНТОВ И ИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД МОРСКИХ СУДОВ	358
Ермошкин Н.Г., Рябоус Л.М. Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
ЭНЕГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЕНИЯ ПОВЕРХНОСТИ КОНСТРУКЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ	361
Каплун В.Г., Донченко Т.В., Донченко О.А. Хмельницький національний університет (Україна)	
ПЕО-ПОКРИВИ НА СПЛАВАХ АЛЮМІНІУ В ТЕХНОЛОГІЯХ ЕКОЛОГІЧНОГО КАТАЛІЗУ	365
Каракуркчі Г.В., Сахненко М.Д., Ведь М.В. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Україна)	
ЗБІЛЬШЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ БАЛАСТНИХ НАСОСІВ КОНТЕЙНЕРОВОЗА СМА SMG HERODOTE	367
Колебанов О.К. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ИНВЕРСНАЯ ЗАДАЧА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТИ ЦИЛИНДРА ФОРСИРОВАННОГО ДИЗЕЛЬНОГО СУДОВОГО ДВИГАТЕЛЯ	369
Кривошей Ф.А., Клиндухова В.М. Государственный университет инфраструктуры и технологий (Україна, г. Киев)	
ВЛИЯНИЕ ИЗОВАЛЕНТНОГО РАСТВОРИТЕЛЯ НА ПАРАМЕТРЫ P-I-N-ДИОДОВ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ НА СУДОВЫХ УСТАНОВКАХ	372
Лебедь О.Н. Херсонская государственная морская академия (Україна)	
УМЕНЬШЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЧАСТОТЫ	374
Лебедь О.Н. Херсонская государственная морская академия (Україна)	
КОМПЛЕКСНАЯ СУДОХОДНАЯ УСТАНОВКА УТИЛИЗАЦИИ УГЛЕВОДОРОДОВ	376
Леонов В.Е., Ермоленко Я.В. Херсонская государственная морская академия (Україна)	
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ КВАРЦОВИХ ТРУБ В ТЕХНОЛОГІЇ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПРИЛАДІВ	380

Литвиненко В.М. Херсонський національний технічний університет (Україна)	380
Дощенко Г.Г. Херсонська державна морська академія (Україна)	
Вікулін І.М. Одеська національна академія зв'язку ім. О. С. Попова (Україна)	
МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ЕЛЕКТРОНІВ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ТЛЮЧОГО РОЗРЯДУ В ТЕХНОЛОГІЯХ СУДНОБУДУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ	384
Мельник І.В., Мельник В.Г., Тугай Б.А., Тугай С.Б. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)	
ПРОГРЕССИВНЫЕ РЕЖУЩИЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ СУДОВОГО РЕМОНТА В УСЛОВИЯХ АВТОНОМНОГО ПЛАВАНИЯ	388
Настасенко В.А., Акимов А.В. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
Кузнецов Ю.Н. Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского» (Украина, г. Киев)	
МОДИФІКОВАНА 2,4-ДИАМІНОАЗОБЕНЗОЛ-4'-КАРБОНОВОЮ КИСЛОТОЮ ЕПОКСИДНА МАТРИЦЯ З ПОЛІПШЕНИМИ АДГЕЗІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	391
Негруца Р.Ю., Букетова Н.М. Херсонська державна морська академія (Україна)	
Маляренко О.Д. Білоруський національний технічний університет (Білорусь)	
Янутенене Й. Клайпедський університет (Литва)	
MARINE DIESELS WORKING CYCLE MONITORING ON THE BASE OF IMES GMBH PRESSURE SENSORS DATA	394
Neumann S. IMES GMBH (Germany)	
Varbanets R., Kyrylash O., Maulevych V., Yeryganov O. Odessa National Maritime University	
TESTING INFLUENCE ON GAS TURBINE BLADES BY THE OPERATIONAL AND EMERGENCY FACTORS	400
Prokhorenko E.M., Lytvynenko V.V., Klepikov V.F., Donets S.Ye., Melyakova O.A., Lonin Yu.F., Ponomarev A.G., Uvarov V.T. Institute of Electrophysics and Radiation Technologies NAS of Ukraine (Ukraine, Kharkiv)	
ПРОГНОЗУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН	402
Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Воляннюк В.О. Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)	
ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМИ ПРОПУЛЬСИВНЫМИ УСТАНОВКАМИ	406
Самонов С.Ф., Глазєва О.В., Власов В.Б. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
УДОСКОНАЛЕННЯ ГІДРОРЕАКТИВНОГО СУДОВОГО ДВИГУНА	411
Самохвалов В.С., Джуринська А.О., Смоляной Є.С., Самохвалов І.Є., Клок В.В. Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адм. Макарова	

(Україна)	
ВПЛИВ ВМІСТУ МОЛІБДЕНУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРНАРНОГО СПЛАВУ	415
Сачанова Ю.І., Сахненко М.Д., Ведь М.В., Єрмоленко І.Ю. Національний технічний університет “Харківський політехнічний інститут” (Україна)	
ЕКОЛОГІЯ СВІТОВОГО ОКЕАНУ	417
Свиридов В.І., Кучеренко М.Е., Хрипченко В.Г. Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім.адмірала Макарова (Україна)	
ВЛИЯНИЕ КЛИМАТОГЕОГРАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ ЭКИПАЖА СУДНА	421
Селиванов С.Е., Тарасенко А.Н. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ СУДОВЫХ АНТЕНН И ЕГО ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЛЕНОВ ЭКИПАЖА	427
Чабан В.А., Голосенко Н.С., Ярьсько Е.И. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ	432
Чуприна Н.М., Колесніков В.П., Гаркуша В.В. ДВНЗ «Український державний хіміко-технологічний університет» (Україна, м. Дніпро)	
СЕКЦІЯ:	
КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ	434
ФОРМУВАННЯ ХОЛІСТИЧНОЇ КОНЦЕПЦІЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ У ХДМА	435
Безуглова І.В., Стомба Т.А., Тимченко Н.М. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ПРИМЕНЕНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ БАНКА ДАННЫХ О ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ХЛАДАГЕНТОВ	439
Вассерман А.А., Мальчевский В.П. Одесский национальный морской университет (Украина)	
ВИКОРИСТАННЯ КОМПЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАГАЛЬНОІНЖЕНЕРНИХ КОМПЕТЕНЦІЙ	440
Знамеровська Н.П. Херсонська державна морська академія (Україна)	
МОЖЛИВОСТІ МІЖДИСЦИПЛІНАРНОГО СПІВРОБІТНИЦТВА: НАВЧАЛЬНИЙ КОНТЕНТ КУРСУ МОРСЬКОЇ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ	443
Кудрявцева В.Ф. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ФОРМУВАННЯ МОВЛЕННСВОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ МОРСЬКОГО ФЛОТУ НА ЗАНЯТТЯХ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ	447
Швецова І.В. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ІМЕННИЙ ПОКАЗЧИК	451
ЗМІСТ	453

Збірка матеріалів

XI Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2019

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор *Клементьєва О. Ю.*
Комп'ютерна верстка *Калініченко Т.В.*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 17.05.2019. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 29,25 Тираж 140 прим.

Херсонська державна морська академія
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4319 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20