

Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції

Материалы X Международной научно-практической конференции

Materials of the 10th 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-2018

Збірка матеріалів конференції

**29–31 травня 2018 року
Херсон, Україна**

**29–31 мая 2018 года
Херсон, Украина**

**May 29–31, 2018
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 «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ
ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗИНА
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КЛАЙПЕДСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ЛИТВА)
МАРІБОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (СЛОВЕНІЯ)
БІЛОРУСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БРЕМЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (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);
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);
Лазурик В.Т. – д.ф.-м.н., проф. (Україна);

Леонов В.Є. – д.т.н., проф. (Україна);
Малигін Б.В. – д.т.н., проф. (Україна);
Мельник І.В. – к.т.н., доц. (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);
Осадчий С.І. – д.т.н., проф. (Україна);
Рева О.М. – д.т.н., проф. (Україна)
Рожков С.О. – д.т.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);
Цимбал М.М. – д.т.н., проф. (Україна);
Янутенене Й. – д.т.н., проф. (Литва).

Організаційний комітет:

голова Ходаковський Володимир Федорович – почесний ректор Херсонської державної морської академії;
заступник Бень Андрій Павлович – проректор з науково-педагогічної роботи;
голови
члени Настасенко Валентин Олексійович – професор кафедри транспортних технологій;
комітету: Блах Ігор Володимирович – начальник відділу технічної інформації;
Клементьєва Оксана Юрїївна – технічний секретар, провідний фахівець редакційно-видавничого відділу.

У збірнику представлено матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 29–31 травня 2018 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-2018) [Збірка матеріалів X Міжнародної науково-практичної конференції (29–31 травня 2018 р., м. Херсон)]. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2018. – 416 с.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей Десятої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2018)», метою якої є аналіз та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів щодо застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі. Конференція проходить у місті Херсоні, що розташоване на мальовничих берегах річки Дніпро, на базі старішого морського навчального закладу нашої держави – Херсонської державної морської академії. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади України, Польщі, 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-2018 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

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДВИЖУЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СДВИГА

Белан С.Н., Галушко М.Н.

*Государственный университет инфраструктуры и технологий
(Украина)*

Южаков С.В.

*Гайсинская ОГНИ ГУ ГФС в Винницкой области
(Украина)*

Введение. Современное состояние транспортной инфраструктуры характеризуется широким внедрением средств автоматизации на основе интеллектуальной обработки информации. Практически во всех областях человеческой деятельности используются автоматизированные средства идентификации объектов. Эти средства имеют различную структуру и используют различные методы, а также основаны на различных физических законах и процессах.

На транспорте в основном используются радиочастотные и оптоэлектронные системы идентификации. Они имеют определённые преимущества и недостатки. Наиболее привлекательными являются оптоэлектронные средства идентификации. Они наиболее дешёвые и используют различные методы преобразования оптических сигналов, а также методы обработки изображений, представленных массивом электрических сигналов.

Актуальность исследований. На данный момент существует множество различных методов и средств идентификации объектов транспорта на основе оптоэлектронных средств, которые в основном нацелены на обработку стационарных объектов и используют известные подходы для реализации их на компьютерных системах. Широкого развития в этом плане получили системы, построенные на искусственных нейронных сетях. Однако такие системы инерционны и требуют больших затрат времени на предварительную обработку изображений идентификаторов. Поэтому для идентификации движущих объектов остро стоит задача идентификации подвижного состава в реальном времени. Получение высоких положительных результатов в этом направлении позволит использовать технологии параллельного сдвига, которая показывает высокие результаты в области обработки и распознавания изображений [1-3].

Постановка задачи. В современных условиях в системах идентификации подвижных объектов на транспорте стоит задача идентификации в реальном времени. Решение этой задачи помогает автоматизированным средствам оперативно и быстро выполнить операции, которые нацелены на выполнение необходимых перевозок как пассажиров, так и грузов. Также принятие решений в реальном времени позволяет повысить безопасность перевозок. В работе ставится задача идентификации подвижных объектов в реальном времени с использованием технологии параллельного сдвига.

Идентификация объектов на основе технологии параллельного сдвига. В последнее время для идентификации объектов (как стационарных, так и движущихся) используется технология параллельного сдвига (ТПС) [1-3]. Эта технология основана на вычислении площади пересечения первоначального изображения с изображением его копии, которая сдвигается в различных направлениях. Эффективность такой технологии доказана экспериментально, а результаты представлены во многих публикациях.

В работе рассматривается система идентификации объектов по их номерным знакам в реальном времени. На движущие объекты (подвижной состав на транспорте) наносится изображение идентификатора, которое представляет собой упорядоченный набор символов. Как правило – это числа. Но могут быть и другие символы.

Во время движения объекта, оптический детектор системы (видеокамера) считывает изображение идентификатора в определённые моменты времени. Т.е.

изображение идентификатора многократно фиксируется стационарной камерой. Соответственно изображение идентификатора в поле камеры будет сдвинуто в направлении движения в каждый момент времени.

Зафиксированное изображение в каждый момент времени бинаризуется и накладывается на изображение идентификатора первоначального фрейма видеопотока. Определяется площадь пересечения бинарных изображений первого и выбранного изображений в каждый фиксированный момент времени. Полученные количественные значения фиксируются и формируются значения функции пересечения площадей (ФПП) [1]. По форме ФПП выполняют идентификацию объекта.

Идентификация объекта осуществляется путем сравнения ФПП входного изображения идентификатора с ФПП_э эталона. ФПП_э формируются заранее и заносятся в память эталонов.

ТПС основана на нескольких направлениях сдвига. Чем больше направлений сдвига, тем точнее результат идентификации. Такой подход позволяет расширить функциональные возможности системы идентификации. ТПС позволяет реализовать систему, которая способна идентифицировать объекты, движущиеся в различных направлениях. При этом система определяет ФПП для одного направления, а эталонные ФПП_э сформированы для всех основных направлений изображения идентификатора.

Если сформированная ФПП на входе совпадает с одной из эталонных ФПП_э, которая находится в памяти эталонов, то объект идентифицируется, а также определяется направление движения. Поскольку номерные знаки идентификатора отличаются, то не могут быть сформированы одинаковые ФПП для разных номерных знаков. Это подтверждено различными экспериментальными исследованиями, которые отображены в работах [1-3]. Поскольку изображения идентификаторов формируются заранее и известны, то незначительные отклонения от эталонных форм ФПП не дают ложной идентификации. Пример формирования ФПП для изображения номерного знака из 7 символов представлен на рис. 1.

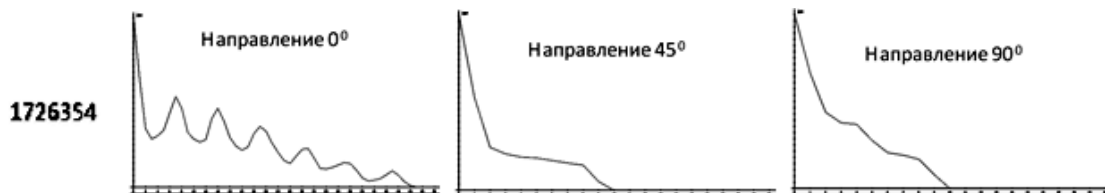


Рисунок 1 – Пример формирования ФПП для изображения номерного знака, движущегося объекта в направлении под углами 00, 450 и 900

Рисунок показывает, что изображение имеет различные ФПП для различных направлений движения объекта.

Заключение. Реализация технологии параллельного сдвига позволила осуществлять идентификацию объектов, которые движутся в различных направлениях и с различной скоростью. Система осуществляет идентификацию движущихся объектов в реальном времени.

ЛІТЕРАТУРА

1. S. Bilan and S. Yuzhakov, Image Processing and Pattern Recognition Based on Parallel Shift Technology, CRC Press, 2018.
2. S. Belan, and S. Yuzhakov, Saving of Etalons in Image Processing Systems Based on the Parallel Shift Technology, Advances in Image and Video Processing, Vol 2, No 6, 2014, pp. 36-41.
3. S. Belan, and S. Yuzhakov, Machine Vision System Based on the Parallel Shift Technology and Multiple Image Analysis, Computer and Information Science, Vol. 6, No 4, Published by Canadian Center of Science and Education, 2013, pp. 115-124.

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА

Бень А.П., Лелеко Н.В.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Вступление. К современным высокоточным интеллектуальным системам управления движением судна относятся системы динамического позиционирования – ДП системы.

Согласно определению ИМО, система динамического позиционирования – это система, которая автоматически контролирует судно для удержания его позиции и курса исключительно посредством активного использования судовых движителей [1–12].

В последнее время ДП системы нашли широкое применение на различных типах судов – от оффшорных судов и судов специального назначения до пассажирских судов и яхт. Установка таких систем обеспечивает судну ряд преимуществ, как в плане безопасности, так и в плане маневрирования, поэтому актуальность ДП систем растет.

Актуальность. Независимо от экономического кризиса в сфере оффшорной индустрии в области добычи нефти, что связано со снижением ее цены, а также с активной разработкой альтернативных, возобновляемых источников энергии и борьбой с загрязнением окружающей среды при сжигании ископаемого топлива, спрос на высокоточные интеллектуальные системы управления движением судов растет. Это связано с активным развитием других областей оффшорного флота: установка и обслуживание ветрогенераторов (особенно активное развитие наблюдается в Северном море, у побережья Дании, Голландии, Соединенного Королевства), подводная укладка труб и кабеля, а также их обслуживание, обеспечение водолазных работ, дноуглубительные работы, океанографические и гидрографические исследования. Активное развитие этих отраслей выдвигает все более жесткие требования к точности и надежности систем управления движением судов, задействованных в соответствующих операциях.

Развитие таких систем является особенно актуальным в разрезе борьбы с человеческим фактором – главной причиной аварийности на флоте, так как внедрение этих систем позволяет существенно снизить роль человека в процессе управления движением судна.

Также, повышению спроса на эти системы способствует возможность отказаться от буксиров при маневрировании в портах и при выполнении швартовочных операций, что позволяет судовладельцам существенно экономить в долгосрочной перспективе.

Таким образом, вышеперечисленные факторы делают внедрение систем динамического позиционирования все более актуальным вопросом и стимулируют их развитие.

Основная часть. На сегодняшний день лидерами в области разработки и совершенствования систем динамического позиционирования являются следующие производители: Navis (системы NavDP 4000 и JP4000), Kongsberg (системы K-Pos DP-11/12и CompactDP), Rolls-Royce (IconDP), TwinDisc (EC300DP), COMEX (DPCx), NAUDEQ (VR-DYPO) и MarineTechnology (BridgeMateDP). Можно выделить следующие тренды в развитии ДП систем:

- упор на борьбу с человеческим фактором – главной причиной аварийности на флоте. Большинство производителей наделяют свои системы интуитивным и максимально понятным интерфейсом. Группируют информацию, выводимую оператору,

по логическим категориям в виде, максимально удобным для восприятия. Все это сделано для того, чтоб свести вероятность ошибки оператора к минимуму.

- повышение уровня автоматизации систем. Так, многие производители оснащают свои системы функциями «следования за целью», «автоматическая укладка кабеля/трубопровода». Все это делается для того чтоб максимально автоматизировать процесс управления судном и снизить в нем роль оператора, снизив таким образом влияние человеческого фактора.

- повышение уровня надежности самих систем за счет модулей непрерывного мониторинга исправности и немедленного оповещения оператора о выходе компонентов системы из строя.

Однако, невзирая на все эти новаторства, ДП системы по-прежнему остаются эргатическими системами и роль оператора в них все еще велика. Оператор по-прежнему остается компонентом системы, принимающим решения, а значит, человеческий фактор по-прежнему остается актуальной проблемой, которая требует решения.

Одним из возможных вариантов решения этой проблемы является внедрение модуля системы поддержки принятия решений оператора. Особенно полезным такой модуль был бы в случае нештатных ситуаций (выход из строя трастера или генератора). Тогда система не только информировала бы оператора о неисправности, но и предлагала набор действий для компенсации поломки или для выхода из ситуации с минимальным ущербом.

Такая система должна обладать следующими свойствами:

- точно моделировать движения судна с учетом его движителей, энергетического баланса и погодных условий.

- учитывать условия внешней среды – близость опасностей, мелей, других судов (вышек).

- учитывать поставленные задачи - удержание позиции.

Выводы. Очевидные преимущества систем динамического позиционирования способствуют их широкому внедрению и развитию. Проанализировав существующие разработки, становится очевидным, что вопрос человеческого фактора в таких системах решен не полностью и требует дальнейшей работы. Внедрение модулей систем поддержки принятия решений является хорошей мерой по борьбе с человеческим фактором, так как поможет принимать решения операторам ДП систем в аварийных ситуациях.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Maritime Organization Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems
2. Thrust Ability Diagrams for Multi-Thruster Marine Vessels // Conference: Manoeuvring and Control of Marine Craft – Retrieved from: https://www.researchgate.net/publication/271478483_Thrust_Ability_Diagrams_for_Multi-Thruster_Marine_Vessels
3. NavDP 4000. Обзор системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.navis.spb.ru/dp-systems/dp-overview>
4. Обзор системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.navis.spb.ru>
5. Обзор системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.km.kongsberg.com>
6. Обзор системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rolls-royce.com>
7. Обзор системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.twindisc.com>
8. Обзор системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.comex.fr>
9. Обзор системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.naudefq.com>

10. Обзор системы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.marine-technologies.com>
11. Captain D.J. Bray FNI Dynamic Positioning Operator Training
12. Buchanan, G. I., The Modern Dynamic Positioning System, in the proceedings of The Nautical Institute seminar «Proposed Arrangements for Dynamic Positioning Operator Training and Qualification», Aberdeen, November 1982.

КОГНИТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ В ПОЛЕТЕ

*Казак В.Н., Прохоренко И.В., Тимошенко Н.А.
Национальный авиационный университет
(Украина)*

Вступление. Безопасность полетов (БП) остается главной проблемой гражданской авиации (ГА) любого государства, осуществляющего авиационные перевозки и работы. Анализ состояния БП по данным ИКАО (Международной организации ГА) показывает, что подавляющее большинство авиационных происшествий (АП) происходит по причинам, связанным с «личностным» или человеческим фактором (ЧФ), роль которого существенно повышается в экстремальных ситуациях в полете. В связи с этим перед учеными и авиационными специалистами встает задача поиска путей снижения психофизиологической напряженности членов экипажа за счет передачи части функций автоматам, а также выработки и передачи экипажу подсказки путей выхода из создавшейся ситуации в полете.

Анализ последних исследований и публикаций. Поиску путей повышения безопасности полетов воздушных судов (ВС) ГА посвящено множество исследований и публикаций в Украине и за рубежом. Одним из направлений в этих исследованиях является применение когнитивных технологий анализа синтеза и прогнозирования развития больших систем в различных областях науки. В работе [1] авторы описывают количественные и качественные атрибуты проектов в рамках форсайт-исследований, приводятся экспертные рекомендации по использованию модели смены технологических укладов для долгосрочного прогнозирования, работы [2,3] посвящены разработке концептуальных основ когнитивной методологии. В работе [4] приводится краткое теоретическое положение, примеры анализа организационно-технологических систем с помощью когнитивных карт, в работе [5] предложен метод принятия решений, основанный на совместном применении ранее не комбинировавшихся методов извлечения знаний и вывода по прецедентам. В работе [6] раскрываются сложности управления социотехническими системами, приводятся сложные отличительные качества когнитивных технологий управления и практический выигрыш от применения этих технологий. В работе [7] когнитивные технологии являются способом трансформации свойств и качеств человека, его поведения за счет модификации психо-физиологических параметров организма либо включения человека в гибридные системы. Работы [8,9] посвящены когнитивным методам анализа данных и прогнозированию. Приведены общая и когнитивная структуры управления, традиционная СППР и СППР на основе анализа данных, рассматриваются проблемы достоверности прогноза.

Цель работы. Целью работы было рассмотрение возможности прогнозирования развития ОС в полете и когнитивного синтеза моделируемых алгоритмов управления ВС с заданными свойствами при использовании опыта действий экипажей, попавших в подобные ситуации.

Основные аспекты проблемы. Анализ данных доклада Международного авиационного комитета о состоянии безопасности полетов в гражданской авиации за 2003-2012 годы показывает, что относительная доля авиационных происшествий, в которых проявились негативные действия экипажа превышает 80%, из которых более 25% произошли в результате столкновения ВС с возвышенностью. Столько же авиационных происшествий произошло из-за потери требуемого пространственного положения ВС и, как следствие, сваливание, превышение установленных предельных ограничений. Исследования показали, что экипажи практически во всех случаях имели возможность

вывода ПС из создавшейся особой ситуации в полете. К причинам ошибок экипажей следует отнести:

- а) их неумение своевременно распознавать нарушения нормальной работы, слабый контроль и непонимание процессов, происходящих в пилотажно-навигационном оборудовании (ПНО) ВС;
- б) ошибочная оценка причин возникновения ОС в полете и непонимание необходимых действий по выводу ВС из этой ситуации;
- в) слабый уровень теоретических знаний членов экипажа по оценке возможностей ВС на максимально-допустимых режимах полета;
- г) слабый контроль за выполнением полетов со стороны руководителей и диспетчерской службы УВД;
- д) низкий уровень межличностных отношений в экипаже, нечеткое взаимодействие и низкая дисциплина его членов;
- е) переоценка своих возможностей и чрезмерная самоуверенность командира воздушного судна.

Из приведенного выше следует, что для повышения безопасности полетов, прежде всего, необходимо исследовать возможные пути снижения влияния ЧФ на принимаемые экипажем (КВС) решения по выходу из возникшей полетной ситуации.

В работе предлагается использовать опыт экипажей, оказавшихся в подобных ситуациях в полете и нашедших единственно правильное решение по выходу из них. Для этого разработаны концептуальные основы когнитивной методологии, которая положена в основу разработки банка подсказок КВС при принятии управляющих решений [2]. Основой разрабатываемой методологии когнитивного метода повышения безопасности полетов ВС в особых ситуациях в полете [2,4] является системный подход к исследованию сложных взаимосвязанных полетных ситуаций и опора на когнитивные способности КВС (экипажа) в предметной области.

Кратко опишем только самые необходимые для пояснения идеи когнитивной информационно-управляющей системы ВС на примере авиационной катастрофы Ту-154 при заходе на посадку (г.Норильск, Россия) (Рис.1).

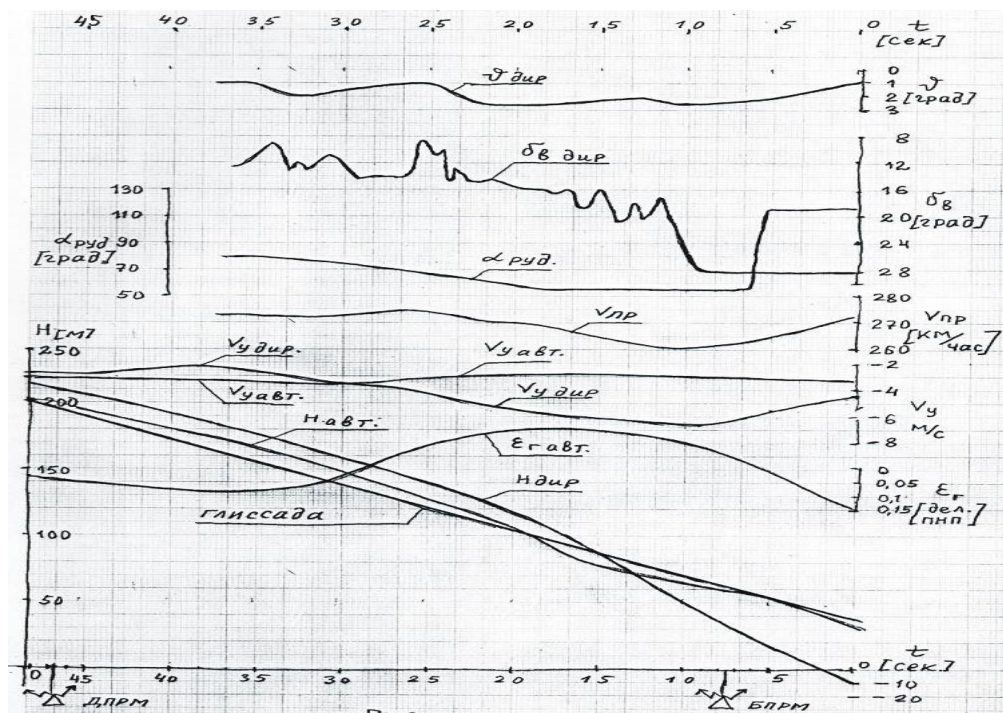


Рисунок 1 – Катастрофа АП Норильск

Позднее распознавание аварийной ситуации требовало анализа информационной модели динамики продольного движения ВС, при восприятии которой у экипажа должна создаваться концептуальная умственная модель аварийной ситуации и принято решение об уходе на второй круг. Разработка когнитивной модели информационно-управляющей системы начинается с построения когнитивных карт: когнитивной карты наиболее опасных аварийных ситуаций в полете; наиболее эффективных методов выхода из соответствующей аварийной ситуации. Эти карты получают путем структуризации знаний и опыта экспертов о предметной области на основе теоретических представлений, накопленных в продолжительной летной работе практических навыков, стереотипов действий в подобных ситуациях, статистических данных, применения различных экспертных методов [2,4,5,9].

Из приведенного выше следует, что для повышения безопасности полетов, прежде всего, необходимо исследовать возможные пути снижения влияния ЧФ на принятие экипажем (КВС) решения по выходу из возникшей полетной ситуации. В работе предлагается использовать опыт экипажей оказавшихся в подобных ситуациях в полете и нашедших единственное правильное решение по выходу из них. Для этого разработаны концептуальные основы когнитивной методологии, которая положена в основе разработки банка подсказок КВС при принятии управленческих решений [2,5]. Основой разрабатываемой методологии когнитивного метода повышения безопасности полетов ВС в особых ситуациях в полете [2,4] является системный подход к исследованию сложных взаимосвязанных полетных ситуаций и опора на когнитивные способности КВС (экипажа) в предметной области.

Разработка когнитивной модели информационно-управляющей системы начинается с построения когнитивных карт: когнитивной карты наиболее опасных аварийных ситуаций в полете; наиболее эффективных методов выхода из создавшейся аварийной ситуации. Эти карты получают путем структуризации знаний и опыта экспертов о предметной области на основе теоретических представлений, накопленных в процессе продолжительной летной работы, практических навыков, стереотипов действий в подобных ситуациях, статистических данных, применения различных экспертных методов [2,4,5,9]. Таким образом, после анализа наиболее опасных аварийных ситуаций, возникающих в полете, формируются две карты, содержащие – первая 15–20 самых опасных аварийных ситуаций; вторая – 15–20 рекомендуемых наиболее эффективных методов и способов выхода из них (Рис.2).

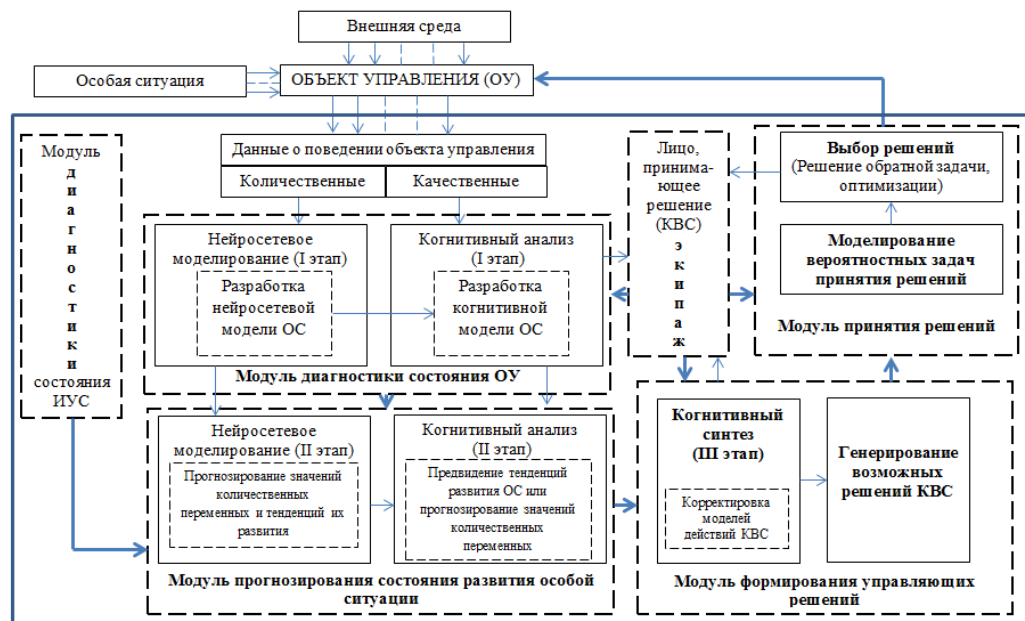


Рисунок 2 – Схема когнитивной информационно-управляющей системы ВС

По полученным картам строится когнитивная модель сложной аварийной ситуации в полете (1) [2,4,7].

$$G = \langle V, E \rangle, \quad (1)$$

где $\{V_i\}, i = 1, 2, \dots, k$ – множество вершин (аварийных ситуаций) когнитивной карты; $E = \{lij\}$ – множество дуг, соединяющих, соединяющих вершины V_i, V_d .

Когнитивные модели более сложных аварийных ситуаций – это векторный параметрический граф, который можно представить модифицированным функциональным графом [2]:

$$\Phi_{ij} = \langle G, X, O \rangle, \quad (2)$$

где $\{x_i\}$ – множество параметров аварийных ситуаций (вершин); $F = f\{V_i, V_j, e_{ij}\}$ – функционал $f\{V_i, V_j, e_{ij}\}$ (коэффициент) связи между аварийными ситуациями (вершинами); O – пространство параметров аварийных ситуаций. При разработке когнитивной модели в виде (2) часть ее должна учитывать статистические данные о повторении в полете и не только с удачными выходами из нее, но и с неправильно принятыми решениями, приведшими к трагическим последствиям.

Заключение. Сложность принятия КВС правильного решения о действиях экипажа в создавшейся аварийной ситуации в полете состоит в существенном падении возможностей контролировать и прогнозировать поведение социотехнических систем. Одна из основных причин приведенной сложности заключается в неопределенности обстановки и чрезвычайно высокой скорости ее изменения, которые принципиально очень сложно регулировать нормами и инструкциями по производству полетов. Вторая причина кроется в том, что на действия экипажей в особых ситуациях в полете значительно влияет ментальное ограничение индивидуальных возможностей каждого члена экипажа, доставшееся ему в результате эволюции его мышления. Эти причины требуют развития новых методов и принципов управления в особых ситуациях в полете. В работе предлагается система поддержки принятия КВС решения по действию экипажа для выхода из аварийной ситуации, использующая возможности когнитивных технологий.

ЛІТЕРАТУРА

1. Абрамова Т.В. Когнитивные системы мониторинга и прогноза научно-технического развития государства / Т.В. Абрамова, Е.В. Ваганова, С.В. Горбачев, М.В. Грибовский, В.И. Сырякин и др. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2012. – 358с.
2. Горелова Г.В. Когнитивный анализ и моделирование устойчивого развития социально-экономических систем / Г.В.Горелова, Е.Н. Захарова, Л.А. Гинис. – Ростов на Д.: Изд-во Рост ун-та, 2005. – 288 с.
3. Горелова Г.В. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход / Г.В. Горелова, Е.Н. Захарова, С.А. Радченко. – Ростов на Д.: Изд-во РГУ, 2006. – 332 с.
4. Казак В.М. Системний аналіз автоматизованих організаційно-технічних систем / В.М. Казак. – К.: Книжк. в-во НАУ, 2008, - 164 с.
5. Карпов Л.Е., Юдин В.Н. Методы добычи данных при построении локальной метрики в системах вывода по прецедентам. – М.:Инст-т сист- программ. РАН, 2006. Препринт №18.
6. Монохина Н.В. Когнитивные технологии и их роль в современной экономике / Н.В. Монохина. – Саратов: Новый университет, 2014, №2(36). – С. 52–54.
7. Пунда Д.И. Когнитивные технологии управления как способы и средства решения проблем современного сложного кризиса – кризиса управления. – <http://spkurdyumov.ru/economy/kognitivnye-technologii-upravleniya/>
8. Сундиев И.Ю. Когнитивные технологии: темная сторона прогресса. – <http://spkurdyumov.ru/networks/kognitivnye-technologii-temnaya-storona-progressa/>
9. Шевчик А.П. Когнитивные методы анализа данных и прогнозирования / А.П. Шевчик, А.А. Мусаев. – С-Пб.: СПбГТИ, 2016.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

*Казак В.М., Шевчук Д.О., Шулевка В.В.
Національний авіаційний університет
(Україна)*

Вступ. Газотурбінні двигуни (ГТД) широко використовують у транспортній і енергетичній галузях. В авіації їх використовують як основні і допоміжні рушійні установки; силові установки на морських суднах; в енергогенерувальних агрегатах; вони є практично основним силовим приводом у газоперекачувальних агрегатах. Ефективність застосування ГТД у будь-якій галузі залежить від їх технічного стану (ТС) та економічності в роботі. Натепер одним з перспективних напрямів розвитку систем технічного обслуговування та ремонтів ГТД є перехід до їх експлуатації за технічним станом. У вирішенні цієї проблеми важливе місце займає питання підвищення ефективності процесу визначення поточного стану двигуна та прогнозування тенденцій зміни в часі його параметрів, що характеризують цей стан, тобто діагностування й прогнозування майбутнього стану ГТД. Аналіз публікацій за цією тематикою показав, що за кордоном розробленням та виробництвом багатоканальних автоматизованих комп'ютерних систем діагностування займаються близько 70 відомих фірм, з них близько 40 – у Західній Європі, 17 – у США, 5 – у Японії. В Україні над проблемою підвищення експлуатаційної надійності ГТД працює близько 30 академічних, галузевих, науково-дослідних і проектно-конструкторських установ, вищих навчальних закладів, науково-виробничих та інших підприємств і організацій. Розроблення методичного, організаційного, математичного й технічного забезпечення оцінки ТС ГТД проводиться з урахуванням результатів аналізу особливостей їх конструкції, контролепридатності, умов експлуатації, прийнятої системи технічного обслуговування, а також статистичних даних про типові відмови й несправності [1].

Такий аналіз у багатьох випадках дозволяє виявити найбільш інформативні діагностичні ознаки конкретних типів несправностей, ідентифікація яких повинна сприяти підтримці заданого рівня надійності функціонування і підвищення ефективності використання ГТД, а також розробити нові методи й засоби діагностування, засновані на інтелектуальних технологіях [2,3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З програмних комплексів, які розроблені за останній час, можна виділити такі. Програмний комплекс для вирішення режимних завдань транспорту газу (ТОВ «Математичний центр», м. Львів, ОДУ «Укртрансгаз» м. Київ) призначений для розрахунку термодинамічних параметрів газотранспортної системи на поточному режимі, формування оптимальних прогнозованих режимів, перерозподілу потоків газу, прогнозування зміни технічного стану основного устаткування. Комплекс «СІГМА» (Технічний університет радіоелектроніки, м. Харків) призначений для управління магістральним газопроводом при стаціонарному і нестаціонарному режимі.

На світовому ринку присутні програмні комплекси, які розроблені в країнах Євросоюзу. Комп'ютерний комплекс «Ganesi/Gamos» (фірма Debis System House, Німеччина) являє собою промисловий продукт, спеціально розроблений для діагностування, контролю й управління основним устаткуванням трубопровідного транспорту; відрізняється тим, що містить у собі як функції системи типу SCADA, так і комп'ютерне програмне забезпечення на основі інтелектуальних технологій, що охоплює всі основні завдання управління газопостачанням. Найкраще комплекс пристосований для організацій, що мають мережу розподільних газопроводів, оскільки має для цього

спеціальні прикладні програми. Комплекс «Ganesi/Gamos» експлуатується в більшості газотранспортних і газорозподільних компаній Німеччини (WINGAS, Bayergas та ін.), Франції, Швейцарії.

Комп'ютерний комплекс «Lic Consult» (Данія) призначений для вирішення завдань, пов'язаних із транспортом газу при стаціонарному та нестаціонарному режимі. Комплекс «Lic Consult» здійснює діагностику ризику утворення гідратів під час певних критичних збігах низького тиску і високої температури газу.

Систему прогнозу і підтримки рішень для обслуговування по фактичному технічному стану двигуна на базі нейромереж розроблено в Університеті м. Гонконг, КНР [4]. Зроблено також низку спроб об'єднати два підходи – нейромережових моделей та нечіткої логіки – в одній діагностичній системі. Так в роботі [5], виконаній в Університеті м. Хуачжонг (КНР), спільно зі спеціалістами Манчестерського Університету описано принципово новий метод інтеграції експертної системи та нейромережі.

Отже, на цей час, за умови насичення диспетчерських служб газотранспортних підприємств величезними потоками режимно-технологічних даних, на перший план виходить проблема обробки цих даних для класифікації ТС основного обладнання і одержання диспетчерськими службами рекомендацій з управління для вироблення управляючих впливів випереджаючого характеру, а також планування режимів транспорту газу. У зв'язку з цим встає проблема, на які комп'ютерні комплекси орієнтуватися диспетчерським службам – широко впроваджувати закордонні комплекси, наприклад «SIMONE», розвивати та впроваджувати більш-менш готові вітчизняні комплекси або перейти до розроблення єдиного програмно-інформаційного комплексу автоматичної діагностики та керування нового покоління з використанням інтелектуальних технологій [6].

Ціль роботи. Розробити автоматичну систему діагностування технічного стану ГТД на основі інтелектуальних технологій.

Результати досліджень. Розроблення й впровадження інтелектуальних методів діагностування приводить до підвищення якості класифікації технічного стану ГТД у процесі його експлуатації. Комбінація статистичних даних щодо результатів експлуатації типового двигуна з результатами спеціальних випробувань і наукових розробок забезпечує можливість виявлення причин відмов і ушкоджень, визначити передісторію й ознаки передвідмовного стану, знайти оптимальні шляхи підвищення надійності ГТД [7].

За ідеологією побудови сучасні інтелектуальні системи класифікації ТС двигуна можна розділити на три групи [3,8]:

- системи, засновані на правилах;
- системи, засновані на нейронних мережах;
- гібридні системи, засновані на теорії нечіткої логіки та нейронних мережах.

Системи, засновані на правилах, визначають та класифікують типові дефекти і несправності на основі правил, що зв'язують дефекти і несправності з певними, чітко визначеними діагностичними признаками. Такі інтелектуальні системи діагностування будують в основному як експертні системи на основі використання нечіткої логіки. Основні переваги таких систем – можливість їх налаштування на конкретний тип обладнання та відносна простота побудови. Крім того, експертні системи класифікації ТС двигуна дають змогу чіткого контролю за правильністю постановки діагнозу (можна отримати пояснення, виходячи з яких міркувань поставлено діагноз), а також можуть діагностувати нові дефекти ГТД, використовуючи бази знань, які сформовані на основі попереднього досвіду експлуатації. Недоліком таких систем є необхідність залучення до налаштування системи експертів-експлуатантів, та необхідність розроблення спеціальних алгоритмів для одержання та узгодження експертних знань, а також висока вартість налаштування такої системи.

Системи класифікації ТС ГТД, засновані на фіксації випадків типових пошкоджень і відмов, використовують для постановки поточного діагнозу порівняння записів відомих раніше випадків збоїв та відмов основних елементів ГТД з його поточним технічним станом. Побудова таких систем потребує ведення великої бази даних відмов та використання досить складних алгоритмів розпізнавання образів та їх класифікації. Окрім цих очевидних недоліків, слід зазначити також, що в своєму класичному вигляді така система не може забезпечити діагностику дефектів, які не співпадають з існуючими в базі даних. Наприклад, для забезпечення можливості діагностики комбінації дефектів слід інтегрувати у систему діагностування методи штучного інтелекту для адаптації її до ситуації, яка виникла у процесі діагностування та контролю за ТС ГТД.

Для синтезу інтелектуальної системи автоматичного діагностування (ІСАД) ГТД необхідна апріорна інформація про технічні показники, «база класів» ІСАД з типовими діагностичними ознаками, вбудоване діагностичне програмне забезпечення, а також прикладні програмні додатки. Діагностична інформація щодо технічного стану двигуна збирається у автоматичному режимі за допомогою засобів моніторингу, а інформація про цільові завдання вноситься експлуатантом (диспетчером) (рис. 1) [1,2].

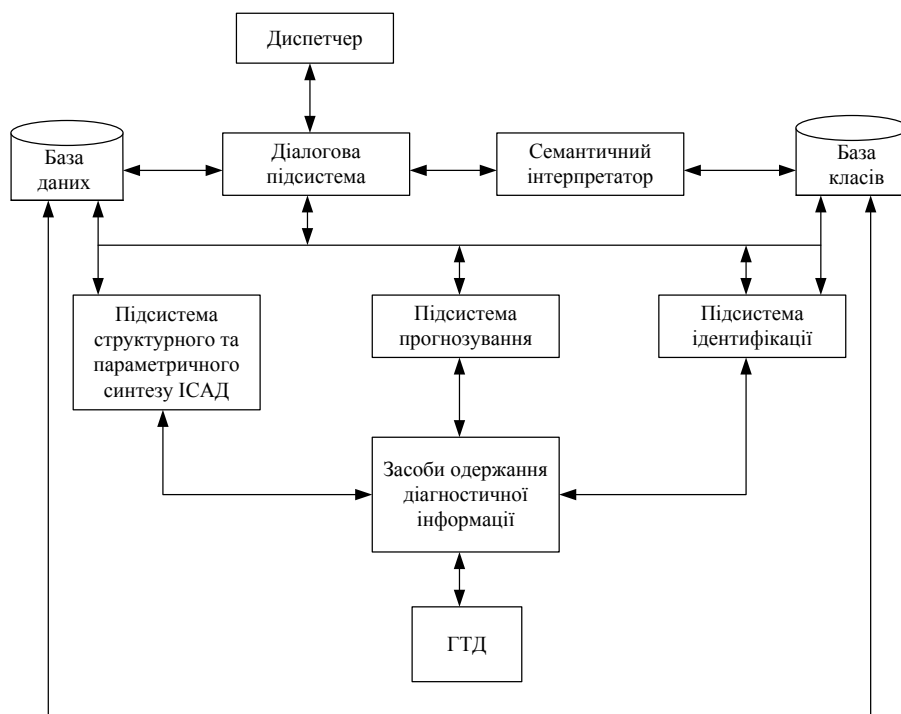


Рисунок 1 – Узагальнена структура схема ІСАД ГТД

Одержана в результаті синтезу ІСАД ГТД може нарощуватись у процесі експлуатації, усі її підсистеми є автономними модулями.

Класифікація здійснюється як у режимі моніторингу ТС ГТД, так і періодично, залежно від потреб в діагностуванні.

ІСАД складається з низки підсистем. Основними з них є:

- підсистема організації діалогу ІСАД з експлуатантом. Ця підсистема забезпечує надання діагностичної інформації, візуалізацію етапів процесу класифікації ТС ГТД, показ інформації з бази класів та результатів функціонування інших підсистем комплексу у зручній для сприйняття диспетчером формі з можливістю побудови графіків, діаграм, графічного зображення моделей ГТД. Від диспетчера не вимагається знання мов програмування високого рівня чи спеціалізованих мов, знання теорії штучного інтелекту, підтримки прийняття рішень чи системного аналізу;

- підсистема семантичного інтерпретатора, яка здійснює перетворення інформації, введеної користувачем на природній мові у подання, прийнятне для опрацювання ІСАД ГТД, а результати рішень системи надаються диспетчеру у зручній для сприйняття формі;

- підсистема структурного синтезу ІСАД, яка дає можливість згенерувати ІСАД для кожного окремого типу ГТД, врахувавши особливості його технічного стану, режимів роботи, умов експлуатації, засобів одержання діагностичної інформації, цільових завдань;

- підсистема прогнозування, яка надає прогноз зміни вібраційного стану ГТД на заданий відрізок часу. Прогнозуються технічні стани ГТД, які пропонуються оцінювати якісно у вигляді таких діапазонів: добре, прийнятно, допустимо, потребує вжиття заходів, недопустимо. Завдяки цьому експлуатант своєчасно інформується щодо можливості виходу з ладу складових ГТД (зокрема механічної частини), що дає змогу запобігти аварійній зупинки, за рахунок зміни режиму і тим самим подовжити моторесурс;

- підсистема ідентифікації, яка дозволяє визначити ТС ГТД;

- база класів, що містить діагностичну інформацію, експертні знання про ТС типового ГТД та процес діагностування, алгоритмічні знання про синтез архітектур нейромережних експертів, процедури обчислення характеристик ГТД;

- база даних зберігає усі результати роботи програмного комплексу ІСАД.

Висновки. Відсутність повних моделей типового ГТД на етапі експлуатації ускладнює їх діагностування з урахуванням зміни технічного стану у часі. Використання компонентів штучного інтелекту та експертних знань дає змогу підвищити точність класифікації вібраційного стану ГТД в умовах його експлуатації.

Розроблено структурну схему автоматичну систему діагностування технічного стану ГТД на основі інтелектуальних технологій, основним елементом якої є база класів, що містить діагностичну інформацію.

ЛІТЕРАТУРА

1. Інтелектуальна система автоматичного діагностування та реконфігурації керування режимами роботи ГТД в особливих експлуатаційних ситуаціях України / Казак В.М., Гасиджак В.С., Шевчук Д.О., Кравчук М.П // Вісник Інженерної академії, 2012. – № 1. – С. 121 – 126.

2. Інтелектуальна класифікація поточного технічного стану ГТД в особливих експлуатаційних ситуаціях / Казак В.М., Шевчук Д.О., Чорний Г.П., Гасиджак В.С// Вісник Інженерної академії України. – 2012. – № 2. – С. 15 – 19.

3. Метод синтезу інтелектуальної автоматичної системи діагностування вібраційного стану газотурбінного двигуна газоперекачувального агрегату / Гасиджак В.С., Кравчук М. П., Шулевка В. В. // «ScienceRise» – № 2 (7) – 2015 – С.63 – 70.

4. Yam R.C.M. Intelligent Predictive Decision Support System for Control-Based Maintenance / R.C.M. Yam, P.W. Tse, L. Li, P. Tu // The International Journal of Advanced Manufacturing Technology. – 2001. – Vol. 17, №5 (Feb). – P. 383 – 891.

5. Рубцов Ю.Ф. Вибродиагностические экспертные системы / Ю.Ф. Рубцов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2000. – №.6. – С. 61 – 62.

6. Развитие компьютерных комплексов моделирования, оптимизации режимов работы систем газоснабжения и их роль в диспетчерском управлении технологическими процессами в газовой отрасли // Перв. Междунар. науч.-техн. конф. (Москва, ноябрь 2002 г.). – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2004. – 164 с.

7. Куликов Г.Г. Интеллектуальный контроль состояния авиационных ГТД / Г.Г. Куликов, П.С. Котенко, В.С. Фатиков, В.Ю. Арьков, Г.И. Погорелов // Авіаційно-космічна техніка і технологія. – Х.: НАУ «ХАИ». – 2002. – Вип. 31. – С. 163–167.

8. Дубровин В.И. Интеллектуальные средства диагностирования и прогнозирования надежности авиадвигателей: Монография, Запорожье: ОАО «Мотор-Січ» / В.И. Дубровин, С.А. Субботин, А.В. Богуслаев, В.К. Яценко. 2003. – 279С.

ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНОГО РІШЕННЯ ЩОДО ВИБОРУ ПРОЕКТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ЗА КРИТЕРІЄМ ВАЖЛИВОСТІ ПРОЕКТУ

Кунда Н.Т., Лебідь В.В.

*Національний транспортний університет
(Україна)*

Вступ. Використання методів теорії прийняття рішень є невід'ємною частиною здійснення успішного управління в транспортних компаніях. Відмінна риса успішних транспортних підприємств – уміння приймати обґрунтовані, чіткі та швидкі рішення за визначеними альтернативами в умовах жорсткої конкуренції на ринку міжнародних транспортних послуг. Варто відзначити, що вибір однієї альтернативи з деякої, але кінцевої множини альтернатив або навіть з нескінченної множини можливих рішень, постає практично перед всіма транспортними компаніями. На сьогодні для учасників ринку вантажних перевезень найважливішим питанням є ефективність доставки вантажів у міжнародному сполученні, яка визначається якістю надання транспортних послуг у проектах перевезень вантажів. Такі проекти можуть характеризуватися якісними та кількісними показниками. До показників якості проекту перевезення вантажів слід віднести такі:

- своєчасність виконання перевезень вантажів;
- забезпечення безпеки транспортування вантажів;
- надійність доставки у визначений термін;
- прийнятна вартість перевезення міжнародними маршрутами;
- регулярність доставки вантажів;
- швидкість проходження маршруту;
- якість надання сервісних послуг перевізникам по міжнародних маршрутах.

Актуальність дослідження. Дослідження оцінки якості транспортного обслуговування доводять, що на практиці найчастіше транспортні компанії мають багатокритеріальні проекти. Досить часто при дослідженні проблеми багатокритеріальності таких проектів всі критерії, крім одного, обраного домінуючим, приймаються як обмеження. При цьому оптимізація проводиться за домінуючим критерієм. Такий підхід до рішення практичних задач на транспортних підприємствах значно спрощує, але й знижує точність прийнятих рішень [1].

У задачах оцінки ефективності за кількома критеріями потрібно визначити значення цільової функції, що відповідає, наприклад, досягненню максимальної вигоди від виконання перевезення при заданих витратах у проекті або досягнення заданого ефекту при мінімальних витратах для підвищення якості транспортування вантажів у проектах перевезення вантажів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Принципова складність розв'язку багатокритеріальної задачі полягає в тому, що зазвичай не існує єдиного рішення на підприємстві, яке було би найкращим у проекті за всіма критеріями одразу. Тому пропонується застосування елементів теорії важливості критеріїв, в основі якої – математичне обґрунтування базового визначення «один критерій важливіший за інший з визначеним коефіцієнтом відносної важливості» [2].

При порівнянні критеріїв за важливістю, тобто з'ясуванні, чи являється один критерій важливішим за інший у проекті перевезення вантажів, припускається, що критерії є однорідними. Це означає, що у критеріїв має бути єдина розмірна шкала. Крім того, має виконуватися умова однорідності, при якій кожна градація шкали відображає однаковий рівень переваги для кожного із критеріїв.

Однак, оцінюючи транспортні послуги підприємства за виконанням їх проектів, ми маємо набір неоднорідних критеріїв, значення яких вимірюються в межах певних шкал і виражаються в окремих одиницях виміру. Тому зазвичай при розробці єдиного комплексного показника якості (Φ) всі критерії необхідно звести до єдиного (безрозмірного) виду, іншими словами, нормалізувати:

$$\Phi = a_1 K_1 + a_2 K_2 + \dots + a_n K_n \quad (1)$$

де a_1, a_2, \dots, a_n - коефіцієнти важливості, величини яких характеризують відносну важливість критеріїв.

Але такий підхід до побудови комплексного показника не завжди є привабливим, оскільки може призводити до невдалого вибору рішення. При визначенні важливості неоднорідних критеріїв у проектах перевезення вантажів необхідно привести їх до єдиної порядкової (якісної) шкали. Саме в цьому полягає основна відмінність від методу нормалізації критеріїв, який передбачає кількісну перевагу кожного з критеріїв при побудові комплексного показника оцінки.

Якщо шкала єдина з точністю до довільного монотонно зростаючого перетворення, то вона є порядковою. Числа в цій шкалі порівнюються між собою за звичайними числовими відношеннями «більше або дорівнює», «більше» або «дорівнює». Водночас у порядковій шкалі числа не дають відповіді на запитання: на скільки чи у скільки разів один критерій є важливіший від іншого. На цій підставі порядкову шкалу часто відносять до класу якісних шкал [2].

Прийняття оптимального рішення при наявності багатьох критеріїв включає три елемента: множину рішень (V), векторний критерій (K), відношення переваги P – (*preference*) і байдужості I – (*indifference*) особи, яка приймає рішення (надалі ОПР). Критерієм (K_i) є функція, що визначається на множині (V), і приймає значення з множини рішень (X_i), яка називається шкалою, або множиною оцінок.

Оцінки можуть бути числовими (наприклад, кількість виконаних проектів за визначений термін), словесними (наприклад, «високий рівень надання послуг у проекті» або «низький рівень надання послуг у проекті») і символічними (наприклад, ступінь складності виконання проекту). В подальшому будемо розглядати лише критерії з числовою шкалою.

Таким чином, кожен варіант (v) характеризується оцінками (m) за критеріями $K_1(v), K_2(v), \dots, K_n(v)$, що складають вектор $K(v) = (K_1(v), \dots, K_m(v))$, котрий має назву «векторна оцінка варіанту». Її позначення може бути або $K(v)$ або $x(v)$, тобто

$$K(v) = (K_1(v), \dots, K_m(v)) = x(v) = (x_1(v), \dots, x_m(v)) \quad (2)$$

Умовно кожний критерій оцінюється звичними оцінками 2,3,4,5. Як варіант виступають умовні проекти, тобто множина рішень $V = \{v^1, v^2, v^3, v^4\}$. Критеріїв всього $m=4$, які представлені єдиною загальною шкалою і формують векторну оцінку кожного проекту, наприклад $K(v^1) = (3,5,5,4)$. Таким чином, є набір векторних оцінок, які мають назву реальних або досяжних.

Оцінки відносної важливості критеріїв можуть бути якісними і кількісними. Якісною важливістю критеріїв є якісні оцінки, які виражаються твердженнями, що один критерій важливіший за інший, або критерії рівноцінні. Твердження «критерій K_i важливіший за критерій K_j » позначається як $i \succ j$, а твердження «критерії K_i і K_j рівноцінні» має позначення $i \approx j$.

Якщо проекти мають рівноцінні векторні оцінки, це позначається наступним чином: $v^1 I_o v^3$, і тотожно $v^3 I_o v^1$. Тут I_o відображає відношення байдужості, яке означає, що

при виборі ефективно виконаного проекту можна надавати перевагу і проекту I, і проекту III, які рівнозначні між собою за обраними критеріями. Введемо позначення P^0 , яке означає відношення переваги між векторними оцінками: yP^0z , тобто y переважає z . Це значить, що $(4,4,4,5) P^0 (4,2,4,5)$. Однак при порівнянні проекту I і проекту II ми не можемо записати:

$$(3,5,5,4) P^0 (4,4,4,5) \text{ або } (4,4,4,5) P^0 (3,5,5,4),$$

оскільки такі векторні оцінки є непорівнянними по відношенню до P^0 .

Якщо для двох варіантів v', v'' справедливо твердження $v'P^0v''$, то варіант v'' не може вважатися найкращим і має назву домінуючого варіанту. Якщо для варіанта v^* не існує такого значення v , яке є найкращим по відношенню до P^0 , тобто для якого було би правильно записати vP^0v^* , то він має назву недомінуючого, або оптимального за Еджвортом-Парето. Інакше кажучи, множина таких варіантів є множиною Еджворта-Парето (V_0) [3].

Звідси випливає, що оптимальними можуть бути лише ті варіанти, які належать до множини (V_0). Тому попередній аналіз всіх можливих варіантів дає змогу звузити множину варіантів (V) до множини (V_0).

Зазвичай у багатьох прикладних багатокритеріальних задачах множина варіантів має не єдине рішення. Тоді постає питання, як саме із множини різнорідних варіантів вибрати єдиний найкращий? Для цього пропонуємо вводити додаткову інформацію від ОПП (у нашому випадку – це учасники транспортного процесу). В ролі додаткової інформації слугують дані про відносну важливість критеріїв, а також про їх шкали. Додаткова інформація може відображати як відношення байдужості I_Ω для ймовірних варіантів, так і відношення переваги I^Ω для векторних оцінок.

Припускається, за інформацією від ОПП кількість запланованих проектів на визначений термін є важливішим показником за тривалість реалізації проекту. При цьому фактичний термін виконання проектів та гарантування якості їх виконання є рівноцінні на всьому життєвому циклі проекту. Тоді цю інформацію можна записати у такому виді:

$$\Omega = \{1 > 2, 2 \approx 3, 3 > 4\}. \quad (3)$$

Якщо критерій K_3 є важливіший за критерій K_4 , то векторна оцінка $x(v^1) = (3,5,5,4)$ переважає y , тоді правильно записати $x(v^1)P^{3>4}y$. Зокрема, якщо критерії K_1 і K_3 однаково важливі при прийнятті оптимального рішення, то їх векторні оцінки $x(v^1) = (3,5,5,4)$ і $x(v^3) = (3,5,5,4)$ є рівноцінними, тобто $(3,5,5,4)I^{1\approx 3}(3,5,5,4)$.

Аналізуючи дану інформацію, хотілося би мати ефективні методи, за допомогою яких можна було би побудувати ланцюжок з двох довільних векторних оцінок x і y . Такі методи існують і мають назву «комбінаторні методи». Вони вказують на те, що довільно порівняти векторні оцінки v^1, v^2, v^3 на основі інформації Ω неможливо. Тому варіанти v^1, v^2, v^3 є не домінуючими по відношенню до P_Ω . Таким чином, інформація Ω дає можливість звузити множину (V_0) до множини $V_\Omega = \{v^1, v^2, v^3, v^4\}$, в якій два варіанта векторних оцінок є рівноцінними.

Отже, оптимальним рішенням з множини можливих є таке рішення, яке є недомінуючим по відношенню до I^Ω і визначається кількісною інформацією про важливість критеріїв.

Для перевірки відношень $x P^\Omega y$ та $x I^\Omega y$ існують ще алгебраїчні методи, які є ефективними при порівнянні рівноцінних критеріїв. Інформація про однаково важливість двох критеріїв має позначення S . Нехай x_\downarrow - векторна оцінка, яка утворюється зі значень x у порядку їх зменшення. Наприклад, якщо $x = (3,4,2,3,5)$, то $x_\downarrow = (5,4,3,3,2)$. Тому

твердження, які лежать в основі даного методу, можна описати у такому виді як $x P^{\Omega} y$ у тому випадку, якщо $x \downarrow P^0 y \downarrow$; $x P^{\delta} y$ у тому випадку, якщо $x \downarrow = y \downarrow$.

На відміну від якісної важливості критеріїв, кількісна може виступати у двох основних формах:

1) у степені переваги важливості одного критерію над іншим, тобто критерій K_i в h разів важливіший за критерій K_j , якщо $h > 0$, однак якщо $h < 1$, то фактично критерій K_j в $\frac{1}{h} > 1$ разів важливіший за критерій K_i , а при умові $h=1$ досліджувані критерії рівноцінні;

2) у значеннях важливості окремих критеріїв, які якісно вимірюються по одній загальній шкалі важливості, тобто важливість критерію K_i виражається величиною β_i , де $\beta_i \geq 0$.

Степень переваги (h) критерію K_i над K_j визначається відношенням значень їх важливості β_i та β_j :

$$h = \frac{\beta_i}{\beta_j} \quad (4)$$

Якщо критерій K_i важливіший за критерій K_j у h разів, тоді дане твердження позначимо виразом $i \succ^h j$. Визначення переваги важливості одного критерію над іншим у кілька разів ґрунтується на понятті N-моделі, яка враховує лише кількісну інформацію щодо важливості критеріїв. Ця інформація позначається як Θ (тета) і формується на основі досвіду ОПР про переваги одних критеріїв над іншими.

Якщо при розрахунках оцінки важливості критеріїв β_i в сумі дорівнюють одиниці, вони мають назву «коефіцієнти важливості». Дані коефіцієнти визначають частку «одиничної важливості» сукупності всіх критеріїв, яка припадає на кожний окремий критерій K_i .

Висновки Встановлено, що визначення переваги одного критерію над іншим на основі положень теорії важливості критеріїв у проектах транспортних компаній може бути застосовано при управлінні процесами проекту. Такий підхід дозволяє у процесі прийняття рішення оцінити кожен критерій на кожному кроці циклу проекту як кількісно, так і якісно, враховуючи послідовність дій, що полягають в аналізі ситуації, ухваленні рішення і організації його виконання у проекті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лебідь В.В. Підходи до прийняття оптимального рішення щодо вибору проекту перевезення вантажів / В.В. Лебідь, Н.Т. Кунда // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2016) [Збірка матеріалів VIII Міжнар. наук.-практ. конференції (24-26 травня 2016 р., м. Херсон)] : Херсонська державна морська академія, 2016. – С.25–28.

2. Подиновский В.В. Теория важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений при неопределенности. III. Задачи с качественной информацией о важности критериев и количественной информацией о вероятностях значений неопределенного фактора // Информационные технологии моделирования и управления. 2012. № 3 (75). С. 186-193.

3. Лебідь В.В. Застосування теорії важливості критеріїв для оцінки МТК / В.В. Лебідь // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. Вип.8. – К.:НТУ, 2011. – С. 118–123.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПОКАЗНИКИ ДІЯЛЬНОСТІ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Куш Є.І., Літомін Є.В.

*Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
(Україна)*

Вступ. В основі формування логістичних систем лежить створення та збереження балансу між всіма її елементами та компонентами за принципом системного підходу, який визначає ефективність системи через ефективність її підсистем та їх параметрів. Ефективність логістичної системи – це система показників, які характеризують рівень якості функціонування логістичної системи за заданого рівня загальних логістичних витрат [1]. Визначення впливу параметрів логістичних процесів на показники діяльності логістичної системи дозволить розробити рекомендації щодо її удосконалення.

Актуальність досліджень. Мінімізація логістичних витрат за забезпечення необхідного сервісу є основним показником, що визначає ефективність функціонування логістичної системи. Максимальний ефект може бути досягнений за принципами системного підходу визначення ефективності, а саме оптимізацією процесів системи через найбільший економічний ефект. При цьому ефективність транспорту досягається через оптимізацію його параметрів та ефективного управління ними [1]. Одним з основних критеріїв ефективності вчені відзначають собівартість перевезення, оптимізація якої, за рахунок оптимальної маршрутизації та вибору транспортного засобу, може підвищити ефективність функціонування системи [2-4]. Ефективність складської системи може бути визначена через її параметри, оптимальне функціонування яких залежить від правильного вибору системи та типу складування [4]. Вирішення завдання щодо використання власного чи найманого складу є актуальним і впливає на мінімізацію складських та транспортних витрат. При цьому складські витрати залежать безпосередньо від параметрів складу, тому є дуже важливим оптимізація та вдосконалення складських процесів, бо раціональне здійснення логістичного процесу є запорукою його рентабельності, а отже максимізації прибутку та мінімізації витрат [5].

Постановка задачі. Метою роботи є дослідження впливу параметрів логістичних процесів на показники діяльності логістичної системи.

Результати досліджень. Для досягнення поставленої мети було проаналізовано залежність зміни постійних та змінних витрат від параметрів різних видів складів. Для цього було зібрано інформацію про складові витрат, обсяги зберігання продукції, місце розташування, площу, додаткові параметри та умови оренди складських приміщень та магазинів. Було визначено, що на показники діяльності логістичної системи впливають такі параметри, як пасажирообіг, місце розташування магазину, відстань до магістральних доріг і транспортних вузлів, площа складу, обсяг зберігання матеріального потоку.

Для дослідження впливу цих параметрів на наступному етапі за правилами мікрорайонування було поділено райони міста на мікрорайони та використовуючи дані Харківської міської виборчої комісії про кількість виборців районів міста було пораховано приблизний пасажирообіг мікрорайона. Відстань від складів до найближчих транспортних вузлів та магістралей було визначено за допомогою Google Map (рис.1). В результаті були отримані багатофакторні моделі зміни витрат для складів різних видів. Математично залежність постійних витрат найманого магазину від його площі та пасажирообігу мікрорайону, де він розташований, описати можна так:

$$B_{\text{пост}}^{\mu, \text{м}} = 0,99 \cdot \left(-1,306 + \frac{241,49}{S} \right) + 1,18 \cdot (0,001 \cdot P^{0,819}), \quad (1)$$

де S – площа магазину, м^2 , P – пасажирообіг мікрорайону, де розташований магазин, пас., (статистичні показники моделі наведені в табл. 1).

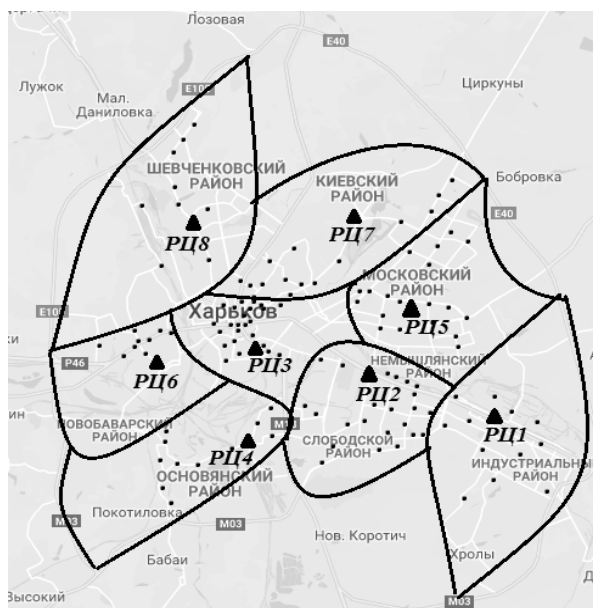


Рисунок 1 – Мережа роздрібних магазинів з розподільчими центрами:

▲ **РЦ1** – розподільчий центр та його порядковий номер; ● – магазин; ———— границі мережі

Таблиця 1 – Значимість параметрів і довірчі інтервали моделі

Показник	Значення		
Критерій Стьюдента	$-1,306 + \frac{241,49}{S}$	6,73 (Табличне значення: 2,042)	
	$0,001 \cdot P^{0,819}$	22,25 (Табличне значення: 2,042)	
Довірчий інтервал	$-1,306 + \frac{241,49}{S}$	Верхня границя	1,303
		Нижня границя	0,696
	$0,001 \cdot P^{0,819}$	Верхня границя	1,289
		Нижня границя	1,072

Математично залежність вартості оренди гуртового магазину від його площі та пасажиропотоку мікрорайону можна описати так:

$$O_{\text{маг}} = 1,021 \cdot (10,23 - 0,00003 \cdot S^2) + 0,961 \cdot \left(11,63 - \frac{100097}{P} \right). \quad (2)$$

Статистичні показники моделі наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Значимість параметрів і довірчі інтервали моделі

Показник	Значення		
Критерій Стьюдента	$10,23 - 0,00003 \cdot S^2$	7,801 (Табличне значення: 2,042)	
	$11,63 - \frac{100097}{P}$	5,495 (Табличне значення: 2,042)	
Довірчий інтервал	$10,23 - 0,00003 \cdot S^2$	Верхня границя	1,288
		Нижня границя	0,753
	$11,63 - \frac{100097}{P}$	Верхня границя	1,319
		Нижня границя	0,603

Залежність постійних витрат найманого складу від його площі та місця розташування можна представити у вигляді такої регресійної багатофакторної моделі:

$$B_{\text{пост}}^{\text{н.скл.}} = 3,22 \cdot \frac{1}{\sqrt{L^e}} + 16,23 \cdot \frac{1}{\sqrt{S}}, \quad (3)$$

де L – відстань до найближчої магістралі (транспортного вузла), км, (статистичні показники моделі наведені в табл. 3).

Таблиця 3 – Значимість параметрів і довірчі інтервали моделі

Показник	Значення		
Критерій Стьюдента	$\frac{1}{\sqrt{L^e}}$	6,24 (Табличне значення: 2,026)	
	$\frac{1}{\sqrt{S}}$	12,38 (Табличне значення: 2,026)	
Довірчий інтервал	$\frac{1}{\sqrt{L^e}}$	Верхня границя	21,553
		Нижня границя	10,901
	$\frac{1}{\sqrt{S}}$	Верхня границя	3,749
		Нижня границя	2,685

Залежність вартості оренди гуртового складу від його площі та місцерозташування можна представити такою моделлю:

$$O_{скл} = 1,0003 \cdot (1,47 - 0,0012 \cdot S)^e + 0,995 \cdot \frac{1}{(0,154 + 0,021 \cdot L)} \quad (4)$$

Статистичні показники моделі наведені в табл. 4.

Таблиця 4 – Значимість параметрів і довірчі інтервали моделі

Показник	Значення		
Критерій Стьюдента	$(1,47 - 0,0012 \cdot S)^e$	5,118 (Табличне значення: 2,026)	
	$\frac{1}{(0,154 + 0,021 \cdot L)}$	14,672 (Табличне значення: 2,026)	
Довірчий інтервал	$(1,47 - 0,0012 \cdot S)^e$	Верхня границя	1,397
		Нижня границя	0,604
	$\frac{1}{(0,154 + 0,021 \cdot L)}$	Верхня границя	1,133
		Нижня границя	0,858

Висновки. В результаті проведення дослідження можна зробити висновок про допустимість використання отриманих моделей зміни постійних витрат магазину та складу, а також вартості оренди гуртового складу та магазину в залежності від його параметрів та факторів, що впливають на ефективність. В якості таких параметрів слід прийняти для складів – площу складського приміщення та відстань від нього до магістральних доріг та транспортних вузлів, а для магазинів – їх площу та пасажирообіг мікрорайону, де він розташований.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кислий В. М., Біловодська О. А., Олефіренко О. М., Смоляник О. М. Логістика: Теорія та практика: Навч. посіб. – К. : Центр учбової літератури, 2010. – 360 с.
2. Алесинская Т. В. Основы логистики. Общие вопросы логистического управления. – Т. : Изд-во ТРТУ, 2005. – 121 с.
3. Миротин Л. Б. Эффективная логистика / Л. Б. Миротин, Ы. Э. Ташбаев, О. Г. Порошина. – М. : «Экзамен», 2002. – 160 с.
4. Гаджинский А. М. Логистика: Учебник для бакалавров / А. М. Гаджинский. – 21-е изд. – М. : Издательско – торговая корпорация «Дашков и К°», 2013. – 420 с.
5. Крикавський Є. В., Чухрай Н. І., Чернописька Н. В. Логістика : компендіум і практикум : навчальний посібник. – К. : Кондор, 2006. – 336 с.

РОЛЬ ТА ВИКОРИСТАННЯ МППЗС-72 ПРИ СТВОРЕННІ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ

Паламарчук І.В.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Зростання кількості перевезень морем призводить до збільшення аварійності включно з техногенними катастрофами. За статистикою, в період з 2007 по 2016 роки нараховувалось 1186 випадків повної втрати суден по всьому світу. Треба відмітити, що наразі тенденція йде до зменшення аварійності, яка призводить до повної втрати судна. В той самий час загальна кількість аварій на морі залишається суттєво без змін та за вказану декаду становить 25898 випадків по всьому світі.

За типами аварії з 2007 по 2016 рр. становили наступне: затоплення – 50,4%; посадка на мілину – 20,6%; пожежа/вибух – 9,9%; зіткнення суден – 6,1%; втрата керованості – 6,0%; пошкодження корпусу (незалежне) – 4,1%; контакт (з причалом/стороннім об'єктом) – 0,6%; зникнення/викрадення піратами – 0,8%; різне – 1,5%. Слід зазначити, що найбільша кількість всіх втрат та аварій приходить на вантажні судна [1].

Згідно з вказаною статистикою стає видно, що основна кількість аварій пов'язані з людським фактором і лише близько 20% чинників незалежні від судноводія. Така аналітика призводить до розуміння і необхідності покращення стану речей у світовому судноплаванні.

Крім безпеки судноплавання, велика увага приділяється економії коштів, ресурсів та витрат на рейс. Скорочення коштів досягається за рахунок введення в експлуатацію нових і більш технологічних суден та вдосконалення вже існуючого флоту. Але зменшення рейсових витрат можливо досягти не лише за допомоги інженерних рішень але і з розвитком інформаційних та автоматизованих систем підтримки прийняття рішень (СППР) судноводія, які б допомагали у керуванні суднами.

Основна частина. Важливою складовою є виконання та дотримання МППЗС-72 в СППР судноводія, оскільки МППЗС-72 є основоположним нормативним документом, який регламентує процеси розходження суден. Формалізації правил присвячено досить велику кількість робіт дослідників, що працюють в галузі інтелектуальних та автоматизованих систем управління рухом суден [2, 3]. Слід зазначити, що, незважаючи на значну кількість різних теоретичних підходів до побудови формальних моделей МППЗС-72, до теперішнього часу поставлена задача повністю не вирішена, виходячи із неоднозначності трактувань деяких положень правил. Важливість правил як ключового нормативного документа в судноводінні, обумовлює необхідність розробки формальних моделей МППЗС-72, придатних для використання в СППР судноводія.

На практиці в задачах попередження зіткнення суден виникають особливі режими руху або обставини плавання. Проблема полягає в тому, що, діючи відповідно до МППЗС-72, жорсткі критерії навігаційної безпеки суден можуть виявитися недосяжними через технічні та (або) технологічні обмеження. Істотним недоліком МППЗС-72 є те, що правила регламентують дії судноводія тільки для випадків бінарної взаємодії і не розглядають ситуації одночасного розходження декількох суден. Крім того, правила самі по собі є джерелом невизначеності в описі ситуації розходження, зважаючи на неоднозначність трактування деяких приписів [4].

Відповідно до існуючих СППР та вимог МППЗС-72 було визначено базові вимоги до моделей та алгоритмів, що застосовні під час розробки СППР судноводія:

- рух кожного з суден-учасників навігаційної ситуації розглядається з позиції цілеспрямованої поведінки, що має на меті уникнення зіткнень з іншими судами, максимально дотримуючись при цьому вимог МППЗС-72;
- для аналізу процесу розвитку навігаційної ситуації необхідно будувати багатокрокові сценарії її розвитку, приймаючи до уваги динамічні моделі поведінки суден-учасників руху;
- слід враховувати, що реальний процес розходження суден проходить в умовах складної взаємодії учасників у випадку, якщо їх число більше двох, а умови видимості відрізняються від добрих;
- кількість можливих сценаріїв розвитку навігаційних ситуацій, які аналізуються СППР достатньо велика, і їх число необхідно скорочувати, виходячи як з обмежень МППЗС-72, так і динаміки змін ключових параметрів руху суден (ліній відносного руху (ЛВР), пеленгів і швидкостей).
- необхідно враховувати і накопичувати в СППР інформацію щодо попереднього досвіду управління рухом судна в аналогічних умовах, якщо такий мав місце.

Висновки. В умовах запровадження сучасних інформаційних технологій в судноводінні та концепції e-Navigation, найважливішою складовою підвищення безпеки сучасного судноплавства є створення СППР судноводія. При створенні таких систем необхідно враховувати, що найвагомим чинником аварійності сучасного судноплавства, є так званий «людський фактор», тому при створенні СППР судноводія особлива увага має бути приділена саме процесам взаємодії судноводія з технічними засобами судноводіння та шляхам зниження впливу «людського елемента» на процеси управління судном.

При створенні СППР судноводія особлива увага повинна бути приділена процесам накопичення та обробки вихідних даних про навігаційні ситуації, а також методам прогнозування можливих сценаріїв та їх розвиток з урахуванням основних положень МППЗС-72 та принципів кооперативної взаємодії суден в умовах реального часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Allianz Global Corporate & Specialty [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.agcs.allianz.com/>.
2. E. Demirel Further Studies On The COLREGs (Collision Regulations) / E. Demirel & D. Bayer, TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, vol. 9, №1, 2015.
3. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении. – Одесса.: Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
4. COLREG's-72 – International Regulations for Preventing Collisions at Sea Consolidated edition, 2002.

ПЛАНУВАННЯ ЯК ОСНОВА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТРАНСПОРТНО-ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Хоботня Т.Г., Кунда Н.Т.

*Національний транспортний університет
(Україна)*

Вступ. Успішна організація транспортно-експедиторського обслуговування проекту перевезення вантажів на підприємствах автотранспортної галузі та отримання запланованого продукту є результатом дотримання чітко спланованих дій на всіх етапах життєвого циклу проекту.

Надання якісних транспортно-експедиторських послуг при перевезенні вантажів як реалізація продукту проекту є динамічним процесом, що реалізується за умов невизначеності (впливу внутрішніх та зовнішніх факторів), має обмеження у часі (оскільки залежить від виду вантажу і може мати обмежені терміни доставки) і характеризується наявними ресурсами та особливостями експлуатації продукту проекту [1]. Такий процес вимагає цілеспрямованих планових впливів — управління проектами транспортно-експедиторського обслуговування. Важливо заздалегідь визначити допущення та обмеження, які накладаються на проект, щоб врахувати їх наслідки на початкових етапах життєвого циклу проекту.

Актуальність дослідження. Управління загалом можна розглядати як планомірний процес створення порядку етапів процесу доставки вантажів та підвищення його якості, в результаті якого, невизначеність проекту транспортно-експедиторського обслуговування зменшується. Кожна функція управління безпосередньо тісно пов'язана з процесом планування. Управління за своєю суттю планується та організовується.

За процесного підходу до управління проектом процеси планування є одними із найважливіших для досягнення успіху проекту. Процеси планування проектів транспортно-експедиторського обслуговування стосуються визначення цілей та критеріїв реалізації таких проектів та розробки (планування) шляхів їх досягнення [2].

Під час планування обґрунтовуються цілі проекту та виявляються ресурси, визначаються комплекси робіт, ефективні методи і засоби, необхідні для їх виконання, встановлюється взаємодія між учасниками проекту. Планування має велике значення для проектів, оскільки проекти транспортно-експедиторського обслуговування включають порівняно багато супутніх факторів реалізації процесу доставки вантажів, які охоплюють всі етапи проектного циклу.

Виклад основного матеріалу дослідження. Управління проектами транспортно-експедиторського обслуговування можна розглядати як систему організаційно-управлінських функцій, серед яких планування займає центральне місце (рис. 1). Управління — це процес планування, організації, мотивації і контролю, необхідний для того, щоб сформулювати і досягти різноманітні цілі будь-якої організації.

Розглянемо детальніше функції планування саме проектів транспортно-експедиторського обслуговування [3]. Функції, в першу чергу, передбачають обґрунтування цілей та завдань щодо якісного виконання процесу доставки вантажів, розробку плану та програми майбутніх дій по його реалізації, а також:

- прогнозування — як наукове передбачення появи замовлень на виконання перевезення, припущення, оцінку перспектив щодо якісного та швидкого підбору рухомого складу;

- розробку графіку — часову послідовність виконання робіт по досягненню конкретних цілей та реалізації конкретного проекту транспортно-експедиторського обслуговування;

- складання бюджету — обґрунтування обсягу затрат на виконання конкретного проекту транспортно-експедиторського обслуговування (з урахуванням можливих ризиків) та розподіл наявних ресурсів (трудових, часових, грошових);
- визначення політики підприємства — розробку загальних правил дій, внутрішніх положень та керівних документів, принципів підходів та рішень, тобто стратегії підприємства щодо досягнення мети, а саме ефективної реалізації проекту;
- установа ділових зв'язків, що забезпечують найбільш ефективні методи і прийоми виконання всього комплексу робіт.

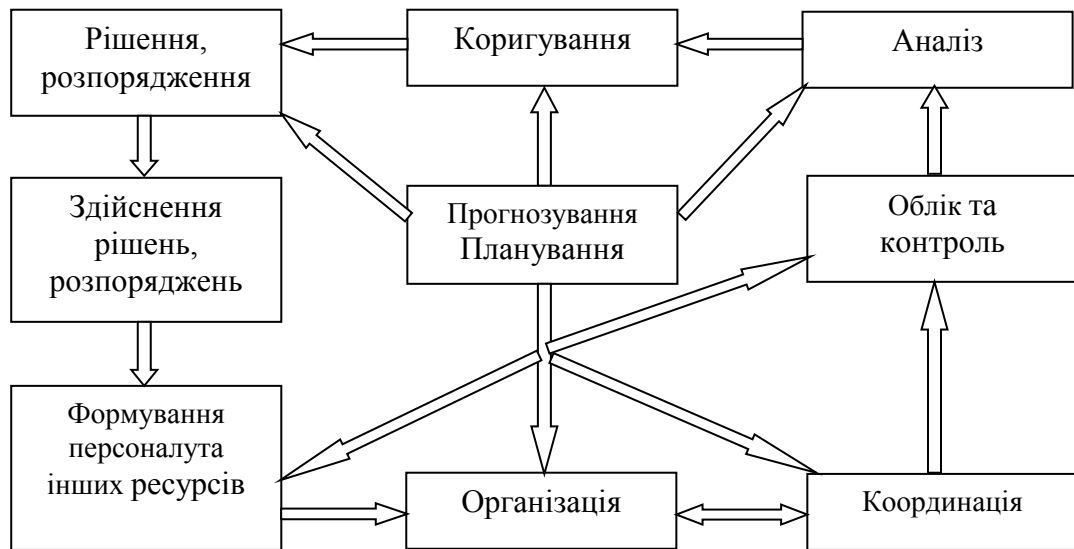


Рисунок 1 – Планування в системі управління транспортно-експедиторським підприємством

Зупинимося на важливій функції організації праці команди проекту транспортно-експедиторського підприємства. Спосіб об'єднання учасників проектної команди та вміння поєднати їх цілі з пошуком необхідних транспортних засобів, впливають на якість реалізації продукту, що є динамічним процесом. Як було вказано, реалізація здійснюється за умов невизначеності, має обмеження у часі і характеризується наявними ресурсами та особливостями експлуатації продукту проекту. Тому порядок реалізації продукту проекту транспортно-експедиторського обслуговування повинен включати наступні етапи:

- встановлення мети проекту, переліку операцій та їх послідовності для реалізації проекту;
- розподіл усіх видів робіт між персоналом і встановлення кооперації (розстановка учасників команди проекту і закріплення за ними певних функцій);
- розробку раціональних прийомів і методів праці на кожному робочому місці;
- визначення норм праці та системи оплати;
- підбір і підготовку кадрів (враховуючи стадії формування проектних команд) [4];
- створення безпечних і здорових умов праці;
- встановлення дисципліни відносин між учасниками проектної команди та між учасниками реалізації проекту.

При плануванні на транспортно-експедиторському підприємстві необхідно враховувати взаємопов'язані принципи організації трудових процесів учасників команди, представлені у табл. 1.

Функція координації полягає у забезпеченні узгодженості дій проектної команди з досягнення цілей та передбачає:

- раціональний розподіл завдань за конкретними виконавцями;
- стимулювання проектної команди з метою виконання необхідних дій;

- узгодження — попередження зривів замовлень на перевезення, усунення зайвого паралелізму і дублювання (під час пошуку рухомого складу).

Таблиця 1 – Система принципів організації трудових процесів на транспортно-експедиторському підприємстві

Принцип	Основний зміст, вимоги
1. Пропорційність	Строге дотримання кількісних та якісних норм при подачі рухомого складу на завантаження і пропорцій витрат часу на усіх взаємопов'язаних етапах доставки вантажів
2. Ритмічність	Забезпечення повторюваності через рівні проміжки часу процесу подачі рухомого складу при постійних замовленнях (постійні контракти)
3. Безперервність	Зменшення і усунення перерв у трудовому процесі (простої, порожні пробіги), зближення і суміщення процесів у часі та просторі
4. Паралельність	Однчасне виконання декількох частин процесу в результаті поділу і кооперації праці (пошук паралельних завантажень, консолідованих партій), забезпечення скорочення транспортних циклів
5. Раціональність	Найкраще використання всіх видів наявних ресурсів (трудових, часових, грошових)
6. Оптимум	Максимум корисного ефекту на одиницю витрат наявного ресурсу
7. Прямоточність	Усунення зворотних ходів (зривів замовлень)
8. Навичка	Забезпечення економії наявних ресурсів за рахунок людського фактору
9. Взаємозамінність	Скорочення простоїв і втрат
10. Комплексність	Максимальна організація та контроль на всіх етапах реалізації процесу доставки вантажів
11. Удосконалення	Необхідна зміна організації праці по мірі розвитку техніки і технологій

Функція обліку та контролю спрямована на створення гарантій для досягнення підприємством певного рівня прибутку від реалізації проекту транспортно-експедиторського обслуговування. Вона включає:

- встановлення кількісної міри оцінки — нормативів показників для вимірювання як проміжних (поточних, окремих), так і кінцевих результатів роботи (наприклад, кількості виконаних і оплачених замовлень);

- вимірювання параметрів роботи підприємства та його підрозділів за періодами і за звітний рік (наприклад, прибутку від діяльності);

- оцінку відповідності фактично отриманих загальних і приватних показників плановим нормативам.

Висновки. Встановлено, що основна ціль планування проекту — забезпечити виконання робіт і досягнення кінцевих результатів проекту. Тому особливо важливо правильно виконати планування цілей, планування результатів та планування діяльності самого транспортно-експедиторського підприємства. Ці три складові є залежними від зовнішніх чинників і зацікавлених сторін, внаслідок чого виникають допущення та обмеження, які накладаються на проект. Досліджено можливі обмеження, що можуть виникати в процесі планування і в межах яких повинен виконуватися проект.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хоботня Т. Г. Аналіз якості реалізації проекту транспортно-експедиторського обслуговування. Управління проектами: стан та перспективи: матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції. – Миколаїв : НУК, 2017. – 160 с.
2. Ноздріна Л. В. Управління проектами : Підручник / За заг.ред. Л.В.Ноздріної. – К.: Центр учбової літератури, 2010. – 432 с.
3. Горемыкин, В. А. Планирование на предприятии : учебник и практикум / В. А. Горемыкин. — 9-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2014. — 857 с.
4. Бушуев С.Д. Управление проектами: Основы профессиональных знаний и система оценки компетентности проектных менеджеров / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева (National Competence Baseline, NCB UA Version 3.0) К.: ІРІДІУМ, 2006. – 208 с.

СЕКЦІЯ:

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

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ ОПАСНОСТИ НА МОРЕ МЕТОДОМ РЕПЕРТУАРНЫХ РЕШЁТОК

Евдокимова В.А.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Введение. Сегодняшний мир во всех его аспектах ощутимо становится всё опаснее для человека, постоянно увеличивается количество и разнообразие опасностей и угроз, глубина и системность, пространственный и временной масштаб ущерба. Поэтому вопросы безопасности становятся всё более актуальными.

Вопросы безопасности могут быть рассмотрены и на техническом, инженерном уровне, например, с позиций теории надёжности [1, 2], и на уровне психологии индивида или группы, как это сделано в ряде предшествующих работ [3] и на уровне философии, мировоззрения, картины мира [4].

Судоходство является одной из наиболее интернационализованных отраслей мировой экономики и регулируется международными соглашениями, особенно в области безопасности. Обеспечение безопасности судоходства является приоритетным направлением его развития как в нашей стране [5], так и за рубежом [6].

Актуальность исследования. Отечественные и зарубежные исследователи отмечают не только количественный рост опасностей для судоходства [7], но и изменение их структуры, тенденцию роста вклада «человеческого фактора» (за счёт снижения вклада чисто природных и сугубо технических факторов) в возникновение многих опасностей [8]. Это означает, что сегодня становятся важны не столько «объективные» опасности и «объективные» характеристики опасностей, сколько субъективный «мир опасностей» и субъективные характеристики опасностей «глазами человека».

Постановка задачи: обосновать теоретически и опробовать практически методику исследования представлений моряка об опасности, созданную на основе метода репертуарных решёток; показать её диагностические и коррекционные возможности; системно описать представления моряка об опасности.

Результаты исследования. В применении к поставленной задаче метод репертуарных решёток Дж. А. Келли состоит в: составлении списка опасных ситуаций; построении системы конструкторов опасностей; оценке опасностей по выделенным конструктам - составлении репертуарной решётки; обработке полученной матрицы (репертуарной решётки) методами многомерной статистики [9].

При выявлении индивидуальных особенностей образа «мира опасностей» и отношения индивида к опасности первым этапом исследования является составление им списка своих личных опасностей, что уже на этом этапе даёт много ценной информации.

Исходя из теоретических соображений и опыта практического использования метода репертуарных решёток, избрали комбинированный метод формирования списка. «Два источника и две составные части» списка опасных ситуаций позволили активировать и включить когнитивные механизмы как припоминания [10], так и опознавания.

Ниже приведена часть результатов обследования респондента М (пол мужской, родной язык – русский, физически и психически здоров, моряк, старший командный состав). Уже на этапе анализа списка опасных ситуаций получена важная информация. Из 28 обобщённых опасных ситуаций 12 - это «опасности моря», 16 - «опасности берега». Таким образом, в отличие от большинства иных профессий, специальностей и видов деятельности, в жизни моряка ясно выделяются две очень отличающиеся друг от друга области жизнедеятельности с различным уровнем безопасности и различными системами её обеспечения [11].

Непосредственно получено путём многократного сопоставления опасных ситуаций и отобрано из стандартного списка 50 конструкторов опасности, что указывает на достаточно высокий интеллектуальный уровень (конвергентное мышление), креативность (дивергентное мышление) и широту кругозора респондента.

Матрица оценок (репертуарная решётка) содержала 1400 оценок, при этом использовали шкалы различного уровня дробности, в каждом случае отражающего реальные возможности индивида по сопоставлению и оценке различных ситуаций.

Дескриптивные статистики конструкторов опасности значительно отличаются от характеристик специалистов «сухопутных профессий». Так, «стихия», геосфера предстаёт здесь намного более опасной для человека, чем на суше. Повышенное внимание здесь уделяется способам обнаружения опасных инцидентов. Обеспечивается некоторый минимальный уровень профессиональной квалификации, создающий окружающую среду повышенной безопасности. Особо оговаривается страхование моряков при несчастных случаях и иных опасных инцидентах на море.

Кроме средних значений конструкторов опасности, большое значение имеют их среднеквадратические (стандартные) отклонения, описывающие «разрешающую способность» данного конструктора, его возможности по различению, дифференцированию различных опасных ситуаций, проведению дифференциальной диагностики.

Важной является также форма распределения значений конструктора (рис. 1).

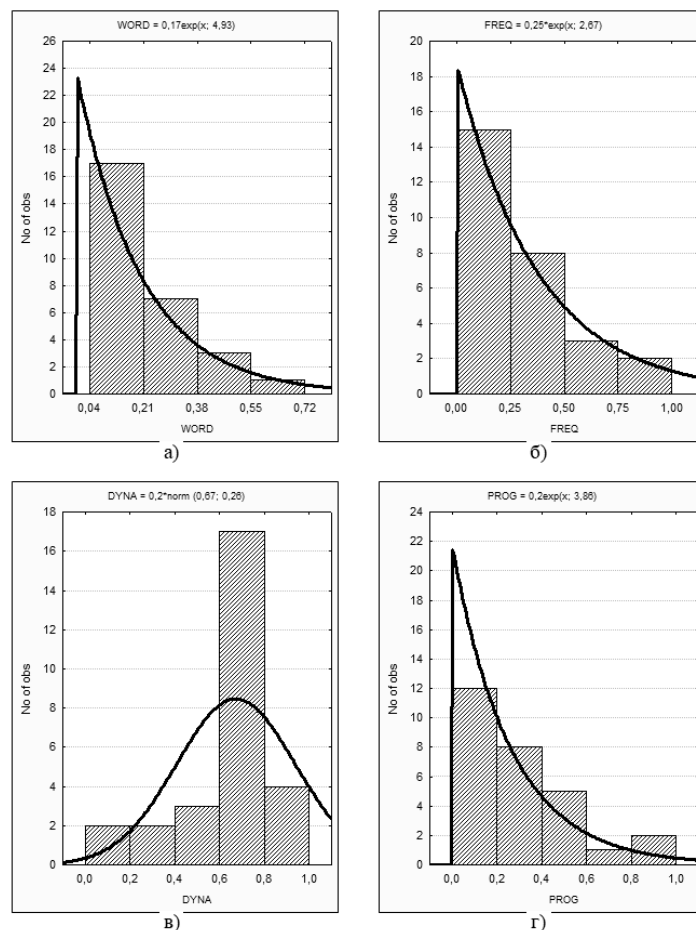


Рисунок 1 – Гистограммы распределения значений конструкторов опасности моряка: WORD - число слов в описании опасности (а); FREQ – частота опасных инцидентов (б); DYNA – скоротечность опасного инцидента (в); PROG – прогнозируемость опасных инцидентов (г).

Показана аппроксимация экспоненциальным (а, б, г) и нормальным (в) законом и их параметры

Наиболее показательной её числовой характеристикой является асимметрия. Эмпирические данные показывают, что форма распределения значений у различных конструкторов существенно различна. Наиболее часто такие распределения могут быть аппроксимированы экспоненциальным (см. рис. 1 а, б, г) или нормальным (см. рис. 1 в) законами. Числовые характеристики распределений конструкторов опасности также оказываются существенно различны.

Инструментальное, методическое значение полученных данных состоит в том, что близость распределений конструкторов к нормальному обеспечивает выполнение исходных предпосылок корреляционного, регрессионного и факторного анализа полученных матриц. Это влияет также на уровень статистической значимости полученных выводов. Однако развитие методов непараметрической статистики снизило остроту проблемы обработки данных, имеющих распределения, отличные от нормального [12].

Содержательное значение полученных данных в том, что форма распределения является некоей характеристикой процесса получения данных [2]. Основной объём полученных данных является результатом корреляционного, регрессионного и факторного анализа полученных матриц – репертуарных решёток опасности.

Провели линейный корреляционный анализ парных связей между конструкторами опасности. Для 50 конструкторов построили корреляционную матрицу с 1225 неповторяющимися коэффициентами корреляции. Приведён фрагмент матрицы парных линейных коэффициентов корреляции К. Пирсона (табл. 1).

Таблица 1 – Фрагмент корреляционной матрицы конструкторов опасности респондента М (28 видов опасностей, 50 первичных конструкторов, помечены* коэффициенты, значимые с вероятностью выше 0,9999)

Обознач. первичного конструктора	Коэффициенты парной линейной корреляции с первичными конструкторами								
	ANO1	SEL1	ACCU	IMAG	SCAL	HOME	JOBV	AGOR	STIM
SEL1	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-
ACCU	-0,17	0,11	-	-	-	-	-	-	-
IMAG	0,19	-0,24	-0,41	-	-	-	-	-	-
SCAL	-0,21	-0,19	-0,51	-0,04	-	-	-	-	-
HOME	0,08	-0,05	0,08	0,34	-0,48	-	-	-	-
JOBV	-0,06	0,47	0,38	-0,56	0,01	-0,42	-	-	-
AGOR	-0,00	-0,43	-0,46	0,29	0,38	-0,39	-0,67*	-	-
STIM	0,32	0,85*	0,32	-0,51	-0,19	-0,13	0,59	-0,50	-
LATE	0,08	0,04	-0,10	0,25	-0,24	0,27	-0,26	0,05	0,09

На уровне доверительной вероятности 0,9999 зафиксировали всего 38 значимых корреляционных связей (критическое значение коэффициента корреляции – 0,67). Часть из них имеют инструментальный характер и дополнительно подтверждают валидность методики. Источники их возникновения следующие: среди конструкторов опасности можно выделить характеристики событий, составляющих полную систему событий, сумма

вероятностей которых равна единице. Между ними естественно возникают отрицательные корреляционные связи, тем более сильные, чем меньше событий в системе; некоторые конструкты опасности были оценены как респондентом, так и психологом, при этом положительная корреляция между ними условно может трактоваться как «корреляция объективного и субъективного»; некоторые конструкты описывают близкие черты, особенности, характеристики опасности, но с несколько различными формулировками. Здесь величина положительного коэффициента корреляции – это мера близости этих формулировок в субъективной интерпретации респондента. Ниже описаны эмпирически выявленные корреляционные связи, объединённые в две большие группы: характеристики опасной ситуации, носящие физический характер; отражение опасной ситуации в психике, носящее психический характер.

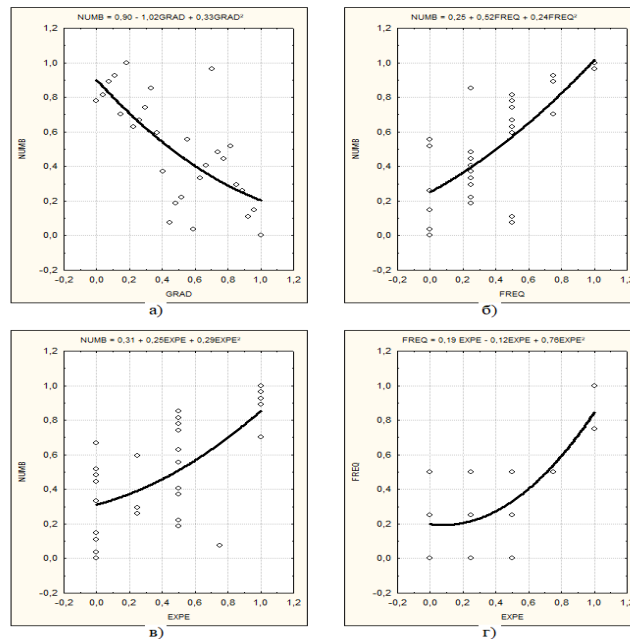


Рисунок 2 – Зависимости номера опасной ситуации NUMB от значимости опасной ситуации GRAD (а), частоты опасных инцидентов FREQ (б) и опыта переживания опасных инцидентов EXPE (в); частоты опасных инцидентов FREQ от опыта их переживания EXPE (г). Показана аппроксимация квадратичной зависимостью и её параметры

К первой группе относятся характеристики места происшествия. Имеется отрицательная корреляция между вероятностями возникновения опасного инцидента в домашнем, частном пространстве и в публичном, общественном пространстве (коэффициент парной линейной корреляции $-0,67$). JOBB-AGOR. К этой же группе относятся характеристики универсальности опасности и давности возникновения соответствующей угрозы. Служебные, профессиональные опасности не являются универсальными, что естественно для профессии моряка ($-0,76$). JOBB-UNIV. Угрозы со стороны более универсальных опасностей возникают в более раннем периоде онтогенеза, биографического времени индивида ($0,68$). UNIV-AGEE. Опасности специфического характера возникают, как правило, либо в начале профессиональной карьеры (захват пиратами), либо по достижении определённого уровня профессионального статуса и квалификации (ошибка судовождения). Более универсальные опасности слабее обеспечиваются внешней помощью пострадавшему индивиду ($-0,70$). INSU-UNIV. Такая помощь возможна со стороны государственных (район, город, государство) или негосударственных организаций (фонды, страховые компании, медицинские кассы, благотворители, церкви, общины). Таким образом, внешняя помощь направлена на редкие, непредвиденные опасности, в том числе, опасности на море (Кодекс о труде); с «обычными», «нормальными», «универсальными» опасностями индивид обязан

справляться сам. В соответствии с этим, и мысли индивида сконцентрированы, в первую очередь, на недавно возникших угрозах (-0,69). AGEE-THOU. Что касается субъективной значимости опасности и частоты соответствующих инцидентов, то более важные, значимые, весомые опасности упоминаются в начале списка, менее «опасные» - в конце (-0,70). NUMB-GRAD. Такая закономерность наблюдается и при проведении иных тестов, где респондент должен дать ряд ответов на один вопрос: вначале «приходят в голову» более важные, более актуальные варианты ответа [13]. С повышением субъективной значимости опасности её номер по порядку упоминания снижается, практически, линейно (рис. 2 а).

Кроме этой, существует также тенденция размещения в начале списка опасности с редкими инцидентами, а в конце – с частыми (0,71). NUMB-FREQ. То есть, редкие и важные опасности являются здесь «фигурой» (вспоминаются сразу), а частые и менее опасные – «фоном» картины опасностей (вспоминаются после размышления и обдумывания). С повышением частоты опасных инцидентов номер опасности по порядку упоминания, практически, линейно растёт (рис. 2 б). Менее сильно номер опасности по порядку упоминания связан с опытом переживания опасных инцидентов (рис. 2 в): здесь и коэффициент корреляции (0,62), и коэффициент регрессии имеют меньшую величину. Частота (для конечных опасностей) или вероятность (для бесконечных опасностей) инцидентов при жизни в этом месте в наше время коррелирует с объёмом личного опыта переживания опасных инцидентов (0,74). FREQ-EXPE. Это можно рассматривать как «корреляцию объективного и субъективного». Форма эмпирически полученной зависимости показывает следующее (рис. 2 г): в области скудного личного опыта (левая часть кривой) частота опасных инцидентов определяется «книжными» сведениями, рассказами более опытных моряков и её зависимость от личного опыта невелика; в области богатого личного опыта (правая часть кривой) частота опасных инцидентов определяется накопленным опытом и её зависимость от личного опыта становится линейной. Это находит отражение во взглядах Дж. Келли на каждого индивида как на исследователя, постоянно строящего гипотезы об окружающем мире и корректирующего их согласно получаемому личному опыту [14].

Выводы. Разработанная методика позволяет получить глубокие представления об индивидуальной системе личных опасностей, её сложности и взаимосвязях; выявить парные и множественные взаимосвязи конструкторов опасности индивида, их факторную структуру. Различия списков опасностей и конструкторов, результатов многомерного анализа репертуарных решёток отражают как личностные, так и социальные особенности респондента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евдокимова В.А. Использование теории надежности для описания безопасности объектов и систем/ В.А. Евдокимова, Ф. И. Хае// Всероссийская студенческая конференция «Грани педагогики безопасности»: 11 декабря 2015 г.: г. Екатеринбург, - С. 32-35.
2. Шор Я. Б., Кузьмин Ф. И. Таблицы для анализа и контроля надёжности. – М.: Советское радио, 1968. – 288 с.
3. Евдокимова В.А. О методике исследования отношения индивида к опасности/ В.А.Евдокимова, Т.В.Кадинская, Л.Г. Хае// Проблеми емпіричних досліджень у психології: м. Київ, -2016.
4. Jünger E. Der Waldgang // Jünger E. Werke. Esseus I. – Stuttgart: Ernst Klett, 1963. Bd. 5. - S. 293-385.
5. Топалов В. П., Торский В. Г. Человеческий фактор в судоходстве. - Одесса: Астропринт, 2015. – 244 с.
6. Smith D. W. The human factor // Shipping world & shipbuilder, June 2014. - Pp.32-33.

7. Annual overview of marine casualties and incidents 2015. – Lisboa: European Maritime Safety Agency, 2015. – 85 p.
8. Пілотні оцінки рівнів домагань студентів-пілотів на показниках висоти при відмові авіадвигуна / О. М. Рева, В. А. Шульгін, О. М. Медведенко, Н. Р. Садуакасова // Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика. – Херсон, ХДМА, 2014. - С.131-135.
9. Франселла Ф., Баннистер Д. Новый метод исследования личности: Руководство по репертуарным личностным методикам. - М.: Прогресс, 1987. - 236 с.
10. Бурлачук Л. Ф. Введение в проективную психологию. – Киев: Ника-Центр, 1997. – 128 с.
11. Конвенция 2006 года о труде в морском судоходстве. – Женева: Международная конфедерация труда, 2006. – 239 с.
12. Кендалл М. Ранговые корреляции. - М.: Статистика, 1975. – 216 с.
13. Анастаси А., Урбина С. Психологическое тестирование. – СПб.: Питер, 2005. – 688 с.
14. Kelly G. A. The Psychology of Personal Constructs, Vol. 1, 2. - New York, 1955.

МОДУЛЬНИЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ

Землянський А.В., Сорока М.Ю., Сало Н.А.

*Летная академия Национального авиационного университета
(Украина)*

Управление воздушным движением (УВД) предъявляет повышенные требования к профессии диспетчера. В процессе обучения использование моделирования в реальном масштабе времени с помощью тренажеров в наши дни стало всеобщим и является неотъемлемой частью и ключевым звеном в цепи профессиональной подготовки в системе УВД. Во время стажировки студенты, уже знакомые с принципами УВД, изучают практические аспекты работы диспетчера непосредственно в центрах управления воздушным движением или аэродромных диспетчерских пунктах. К инструктору, проводящему обучение на рабочих местах, предъявляются серьезные требования. Диспетчер-инструктор должен быть высококвалифицированным специалистом и способным справиться с любой воздушной обстановкой в условиях, когда он одновременно обучает другого человека навыкам УВД и в полном объеме контролирует воздушную обстановку.

Качество тренажерной подготовки непосредственно зависит от качества и разнообразия учебных упражнений, на основе которых строится практическое обучение. Существенной проблемой является то, что до сих пор в процессе тренажерной подготовки авиадиспетчеров в учебных заведениях Украины, в частности в Летной академии Национального авиационного университета (ЛА НАУ), используется крайне ограниченный объем учебных упражнений. Одной из причин этого является сложность и трудоемкость процесса формирования учебных упражнений.

Согласно методике, применяемой при создании упражнений для подготовки авиадиспетчеров на тренажерах, упражнение формируется в виде полноценного законченного задания требуемой продолжительности и заданного уровня сложности. Сегодня на практике применяется несколько подходов для создания упражнений:

- ручное (с применением специальных инструментов) создание упражнения с «чистого листа», т.е. полностью от начала и до конца;
- создание упражнения на основе существующего с внесением изменений и/или дополнений;
- автоматизированное создание упражнений с применением специальных программных средств;
- автоматическое создание упражнений с применением специальных программных средств.

Все перечисленные подходы подразумевают создание полного, законченного упражнения с заданными параметрами и для конкретных целей. Первые два способа характерны для тренажерных комплексов, используемых в региональных структурных подразделениях (РСП) Укрэзроруха и реализуются средствами, поставляемыми разработчиками автоматизированных систем управления воздушным движением (АС УВД). Два последних подхода к созданию упражнений (автоматическое и автоматизированное создание упражнений) реализуются, например, с помощью программы SkyMaster и успешно применяются в ЛА НАУ.

С целью сокращения времени на создание упражнений предлагается использовать подход модульного составления упражнений. Основой такого подхода является формирование библиотеки готовых фрагментов (модулей) упражнений с заданными характеристиками продолжительности и сложности. Далее, при формировании конечного

упражнения, необходимо совместить готовые модули в требуемом порядке и проверить соответствие упражнения заданию.

Совмещение модулей может происходить тремя способами (рисунок 1):

1. Полное перекрытие модулей. Данный способ подразумевает полное перекрытие модулей при наложении, как правило, за счет совмещения стартовых позиций модулей.

2. Частичное перекрытие модулей – неполное перекрытие модулей. Для этого способа необходимо указать точки сопряжения. В разрабатываемой системе формирования упражнений такой точкой является время входа в сектор управления последнего ВС в модуле.

3. Сопряжение модулей без перекрытия. Точкой сопряжения будет являться точка окончания модуля – время выхода последнего ВС из сектора управления.



Рисунок 1 – Способы совмещения модулей

Для выявления недостатков и преимуществ модульного метода формирования упражнений, на базе моделирующего комплекса (МК) Fusion был проведен эксперимент по формированию упражнений модульным методом. Для реализации эксперимента применялись составные модули упражнений, сформированные в модуле генерации упражнений SkyMaster. Совмещение модулей различными способами проводилось в специально модифицированной версии моделирующего комплекса работы диспетчера радиолокационного контроля Fusion.

Применяя системный подход для определения преимуществ и недостатков перечисленных способов совмещения модулей, удалось получить следующие результаты:

Полное наложение модулей является наиболее непредсказуемым способом в плане получения упражнения, которое возможно рекомендовать для выполнения. Недостатком является то, что при использовании такого способа наиболее часто происходят накладки планов полетов, приводящие к возникновению конфликтных и потенциально-конфликтных ситуаций, которые невозможно решить из-за полного отсутствия времени. Спрогнозировать количество ПКС и качество при использовании такого способа очень сложно. Исходя из перечисленных недостатков, рекомендовать такой способ наложения модульных частей упражнения для формирования можно только при условии предварительной ручной корректировки планов полетов, приводящих к возникновению конфликтных и потенциально-конфликтных ситуаций.

Частичное наложение модулей дает более прогнозируемые результаты по сравнению с полным наложением модулей. Наиболее уязвимыми фрагментами при использовании такого способа являются те фрагменты, которые участвуют в наложении модулей. В результате обработки результатов эксперимента по формированию

упражнений таким способом был подготовлен ряд рекомендаций, которые позволяют избежать негативных последствий наложения. Такими рекомендациями являются:

Предусмотреть в составных модулях формирование буферных участков, располагающихся в начальной или финальной части модуля, которые позволят избежать непрогнозируемых результатов.

Разработать буферные модули, содержащие в себе такие планы полетов ВС в зоне, которые гарантированно не будут пересекаться со стартовыми и финальными фрагментами основных модулей и позволят совмещать любые модули между собой.

Разработать шаблоны совмещения модулей, в которых будут предусмотрены не пересекающиеся друг друга параметры начала и окончания модулей.

Преимуществом при использовании способа совмещения с частичным наложением модулей является равномерное распределение уровня интенсивности (загруженности авиадиспетчера) и, за исключением указанных выше фрагментов, хорошо прогнозируемые результаты итогового упражнения.

Сопряжение модулей без наложения дает наиболее прогнозируемые результаты и позволяет составлять упражнения, в которых составные модули могут совмещаться в произвольном порядке. Недостатком такого способа совмещения модулей упражнения является «проседание» уровня интенсивности (загруженности авиадиспетчера). Такой способ совмещения хорошо подходит для формирования упражнений с явно выраженными пиками интенсивности.

Таким образом, в результате проведенного эксперимента, можно рекомендовать методы частичного совмещения модулей и совмещения модулей без наложения в качестве основных методов модульного построения упражнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крыжановский Г.А., Коваленко Г.В., Сухих Н.Н., Хорошавцев Ю.Е. Совершенствование профессиональной подготовки лётного и диспетчерского составов/ Под редакцией Г. А. Крыжановского. - М.: Транспорт, 1996. - 320с.

2. Положення про професійну підготовку персоналу організації повітряного руху в державному підприємстві обслуговування повітряного руху України, Навчально-сертифікаційний центр Державного підприємства обслуговування повітряного руху України (НСЦ Украероруху) 2014.

3. Specifications on Training Methods and Tools, HRS/TSP-006-GUI-01, 21.12.2000, EUROPEAN ORGANISATION FOR THE SAFETY OF AIR NAVIGATION

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ

Землянский А.В., Сорока М.Ю., Сало Н.А.

*Летная академия Национального авиационного университета
(Украина)*

Опасность, создаваемая птицами, требует специальной подготовки, как летного состава, так и состава диспетчерских служб обслуживания воздушного движения. Профессиональная подготовка персонала ОВД организована на основании стандартов ИКАО и Евроконтроля, а также в соответствии с Положением о профессиональной подготовке персонала организации воздушного движения в Государственном предприятии обслуживания воздушного движения Украины и по утвержденным в установленном порядке программам и осуществляется по следующим видам:

- первоначальная подготовка;
- специализированная рейтинговая подготовка в УСЦ;
- подготовка в органе/объекте ОВД РСП (СОВД);
- непрерывная подготовка;
- повышение квалификации.

Составной частью профессиональной подготовки авиадиспетчеров является тренажерная подготовка. В зависимости от обеспечиваемого уровня подбора реальной обстановке и набору реализуемых функций диспетчерские тренажеры подразделяются на процедурные, модульные и комплексные. Совместное использование перечисленных классов тренажеров в системе практической подготовки персонала ОВД является обязательным, так как каждый вид тренажера прививает определенные навыки, отработать и приобрести которые только на одном из видов невозможно.

В качестве инструмента реализации модели сложной орнитологической обстановки мы решили использовать моделирующий комплекс работы авиадиспетчера (МК Fusion), используемый в Летной академии Национального авиационного университета. Модель сложной орнитологической обстановки в тренажерах авиадиспетчеров включает в себя 2 составных элемента:

- модель изменения летно-технических характеристик ВС в результате столкновений с птицами.
- модель стаи птиц, как основного элемента орнитологической обстановки, и алгоритм моделирования столкновения ВС с птицами.

По данным, регистрируемым для гражданских воздушных судов европейских эксплуатантов, распределение попаданий и повреждений между различными частями ВС следующее (на основе данных за 2002-05 гг.): двигатель ВС – 48.9%, крыло – 21.1%, фюзеляж – 9.0%, шасси – 6.7%, остекление кабины – 6.7%, обтекатель РЛС – 4.9%, хвостовая часть – 2,7%.

Наличие в МК Fusion специализированного инструмента для моделирования нестандартных ситуаций (сценарии развития ситуаций) позволяет создавать такие алгоритмы развития ситуаций, применение которых не требует изменения основного алгоритма работы комплекса. Актуальный формат сценариев развития ситуации представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Формат управляющей строки для сценариев развития ситуаций

№	Поле	Формат	Комментарий
1	Время	integer	Время активации сценария
2	Огр. скорости	integer	Ограничение на макс. путевую скорость для ВС
3	Огр.в.набора	integer	Ограничение на макс. скорость набора высоты для ВС
4	Огр. в.снижения	integer	Ограничение на макс. скорость снижения для ВС
5	Огр. угловой	integer	Ограничение на скорость разворота для ВС
6	Огр. высоты	integer	Ограничение на макс. высоту полета для ВС
7	Скорость	integer	Путевая скорость, которую будет выдерживать ВС при активации сценария
8	Вертикальная	integer	Вертикальная скорость, которую будет выдерживать ВС при активации сценария
9	Угловая	integer	Угловая скорость разворота, которую будет выдерживать ВС при активации сценария
10	Радио-контакт	byte	Ограничения радиоконтакта
11	Усл.высота	integer	Высота, при достижении которой активируется сценарий
12	Усл. скорость	integer	Путевая скорость, при достижении которой активируется сценарий
13	Усл.верт	integer	Вертикальная скорость, при достижении которой активируется сценарий

Для моделирования ситуации попадания птицы в двигатель ВС был составлен упрощенный алгоритм. Сценарий развития ситуации для ВС Boeing-737 следующий - попадание птицы в 1 двигатель с развитием ситуации до отключения аварийного двигателя:

[300|230|11|15|-1|12000|-1|-1|-1|-1|-1|-1] – первоначальное попадание птицы в двигатель сопровождается уменьшением тяги двигателя.

[110|200|7|14|4|11000|-1|-1|-1|-1|-1|-1] – развитие ситуации по сценарию отключения аварийного двигателя экипажем ВС через 1 мин 50 сек.

Построенная упрощенная модель дает в целом представление о развитии ситуации на борту ВС: ухудшение характеристик работы двигателя с его дальнейшим полным отключением экипажем ВС. На первом этапе происходит ограничение максимально возможных значений путевой, вертикальной и угловой (скорости разворота) скоростей, а также максимальной высоты полёта. На втором этапе происходит дальнейшее ухудшение максимальных характеристик ВС с учётом отключения аварийного двигателя. Указанные значения взяты из РЛЭ Boeing-737.

Проектирование модели орнитологической обстановки на примере модели поведения стаи птиц в районе аэродрома, включая модель учета влияния попадания ВС в стаю птиц. Мы воспользуемся инструментом «полигон» МК Fusion. Для удобства полигон, описывающий стаю птиц, мы будем называть с-полигон (стая-полигон). На рисунке 1 показана инфологическая модель с-полигона.

Свойства «широта точки», «долгота точки», «верхняя граница» и «нижняя граница» являются свойствами родительского класса полигон МК Fusion и описывают его

геометрические параметры. Свойство «визуализация» отвечает за параметр отображения с-полигона на индикаторах воздушной обстановки. Свойства «вид птиц» и «плотность стаи» необходимы для расчета последствий столкновения ВС с птицами.

Для расчета последствий попадания птицы и нескольких птиц в ВС необходимо построить таблицы вероятности получения повреждений от столкновения с птицей для каждого вида птиц или, как минимум для классов птиц. За основу для классификации мы возьмем данные, представленные в работе [1] и показанные в таблицах 2 и 3.

В таблице должны быть отображены следующие данные:

элемент ВС, в который попала птица

вероятность попадания птицы в указанный элемент ВС

вероятность повреждения указанного элемента ВС

время моделирования повреждения элемента ВС (например, при попадании небольшой птицы в двигатель, возможно, моделировать краткосрочное изменение его параметров, а при попадании крупной и массивной птицы ухудшение характеристик может носить постоянный характер по отношению к оставшемуся времени полета ВС).

В таблице 4 показан пример формализации вышеперечисленных данных. За моделирование поведения ВС при получении повреждений отвечает система сценариев развития ситуации.

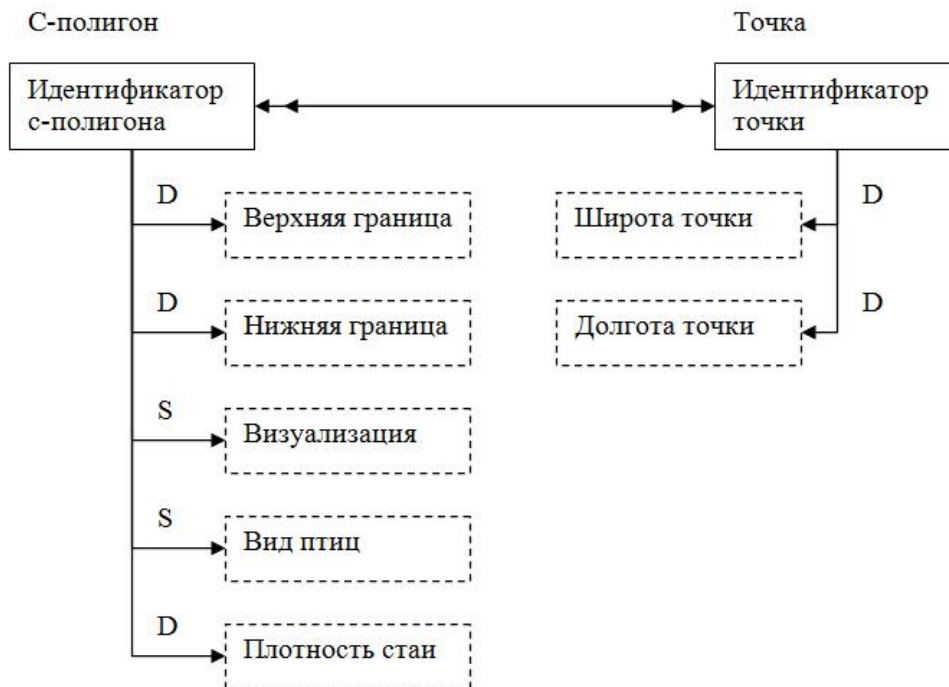


Рисунок 1 – Инфологическая модель с-полигона

Таблиця 2 – Класифікація птахів по розміру тіла

№	Найменування класу	Розмір тіла птахи (см)
1	Маленькі	до 15
2	Малі	від 15 до 25
3	Середні	від 25 до 40
4	Більші	від 40 до 80
5	Очень великі	вище 80

Таблиця 3 – Класифікація птахів по масі тіла

№	Клас/категорія	Маса тіла птахи (грамм)
1	A	до 100
2	B	від 100 до 450
3	C	від 450 до 900
4	D	від 900 до 1900
5	E	від 1900 до 3600
6	F	вище 3600

Таблиця 4 – Формалізація характеру пошкоджень елементів ВС при попаданні визначеного класу птахів *

№	Елемент ВС	Вероятність попадання %	Вероятність пошкодження %	Час моделювання
1	Носова частина	10	16	0
2	Остекління кабіни	10	12	100%
3	Двигач	40	47	90 сек

* - в прикладі розглядаються невеликі птахи класу «малі/А».

Для якісного складання моделі стаї птахів в районі аеродрому важливо враховувати види птахів, які переважно знаходяться в заданій місцевості в вибраному для моделювання часі року. Для цього необхідно на базі спостережень побудувати орнітологічну таблицю по часам року/місяцям [3].

Сумуючи отримані в результаті нашої роботи дані, ми можемо сформувати перелік вимог для створення моделі орнітологічної обстановки:

Розробити зміни до моделі польоту ВС з урахуванням можливих пошкоджень в результаті зіткнення з птахами. Желательно розробити зміни в модель кожного типу ВС, які використовуються в тренажерному середовищі. При неможливості розробки змін до моделі по кожному типу ВС необхідно сгрупувати типи і розробити зміни до груп моделей. Для формування груп, можливо, використовувати ознаки, описані в «Системі надання повідомлень про зіткненнях з птахами» [2].

Використовуючи класифікацію птахів, показану в таблицях 2 і 3 необхідно скласти таблиці формалізації пошкоджень з ймовірністю їх виникнення в результаті зіткнення з птахами. Такі таблиці необхідно скласти для кожного класу птахів.

Для якісного моделювання видового складу стаї птахів для кожного аеродрому необхідно скласти орнітологічні таблиці по місяцям. Для спрощення задачі такі таблиці можуть бути складені для цілих регіонів зі схожим видовим складом птахів.

На основі спостережень необхідно побудувати конфігурацію (розміри) і маршрути руху стаї птахів з конкретизацією по часу доби і часу року. Конфігурація і маршрути повинні будуватися для кожного аеродрому з урахуванням його особливостей.

Для різних робочих місць диспетчерів необхідно передбачити режим візуалізації стаї птахів на індикаторах спостереження. Для робочого місця диспетчера АДВ

визуализация необходима в любом случае, а для рабочих мест диспетчеров радиолокационного контроля необходимо предусмотреть визуализацию для учебных задач или задач по изучению миграции птиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нарыжный А.Г., Павленко В.Н., Светличный С.П., Анализ факторов, связанных со случаями попадания птиц в авиационный двигатель. Авиационно-космическая техника и технология, №6 (83), 2011
2. Информация безопасности полетов №19, Министерство транспорта РФ, Федеральное агентство воздушного транспорта, 2015
3. Луговой А.Е., Орнитологическая обстановка на Ужгородском аэродроме, Прикладная орнитология, вып 1-2, 1995

ЛЮДИНА ЯК ОБ'ЄКТ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ

Клочков О.П.

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Технічне рішення, яке реалізовано на практиці чи знаходиться у стані теоретичного обґрунтування, незалежно від ступеня автоматизації, забезпечується людським потенціалом та може отримати кваліфіковану оцінку лише з боку людини, яка на цьому розуміється.

Засоби морської робототехніки (ЗМР), серед яких значну частку складають прив'язні самохідні підводні апарати, можуть експлуатуватись у водоймах з суден-носіїв, з берегової лінії, з авіаційної техніки, з підводного човна та з інших носіїв, що можуть виконувати роль бази для підводного апарата при проведенні підводно-технічних робіт (ПТР) [1]. Успішність та рівень якості результату, що має бути отриманий при використанні ЗМР на пряму залежить від ступеню підготовки, кваліфікації та досвіду персоналу, що залучений до проведення ПТР.

Безпосереднє виконання ПТР в умовах водного простору завжди пов'язано з ризиком виникнення обставин, які можуть перервати проведення ПТР або зовсім їх припинити. У зв'язку з цим на перший план виходить підготовка цих робіт на суші, тому що на вирішення проблем, які можуть виникнути у ході ПТР, може не бути достатньо часу. Таким чином, чим вищий ступінь підготовки ЗМР до проведення ПТР, тим менший рівень проблем очікує персонал у морі.

У загальному випадку, згідно системного підходу [2] рівняння існування функціональної складової буде полягати у відповідності циклу проведення ПТР $t_{ПТР}$ часу, що надано за умовами технічного завдання $t_{ПТР_ТЗ}$:

$$t_{ПТР} \leq t_{ПТР_ТЗ} \quad (1)$$

Цикл ПТР складається з чотирьох етапів, на яких завантаження персоналу різне в залежності від ступеню їх відповідальності, а саме: час підготовки місії $t_{ПД}$, час місії t_M , час обробки результатів місії $t_{ОР}$ та час завершення місії $t_{ЗМ}$.

$$t_{ПТР} = t_{ПД} + t_M + t_{ОР} + t_{ЗМ} \quad (2)$$

Таким чином, досягнення умови функціональної складової, коли цикл ПТР є меншим за час, що задано замовником, дає змогу стверджувати про прийнятність створення та експлуатації ЗМР конкретного типу за критерієм часу. Велика увага при цьому приділяється організації кожного етапу ПТР.

Висновки. Успіх проведення ПТР – це результат злагодженої роботи команди бази та команди ЗМР на всіх етапах виконання робіт. Такий підхід забезпечує витрату мінімально можливого часу на досягнення мети ПТР в заданих умовах водного простору. Розглянуті вище аспекти є основою рівнянь існування функціональної складової системного підходу на ранніх етапах створення ЗМР, де центральною фігурою цієї складової є людина.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блинцов, В.С. Проектирование самоходных привязных подводных систем. – К.: Наукова думка, 1997. – 140 с.
2. Клочков, О.П. Системний підхід до створення засобів морської робототехніки. – Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. – С. 214-216.

ІНТЕГРАТИВНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ПОМИЛОК АВІАДИСПЕТЧЕРІВ ПО ПОКАЗНИКАХ НЕБЕЗПЕКИ І ЧАСТОТИ

Рева О.М.

*Національний авіаційний університет,
(Україна)*

Шульгін В.А.

*Льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)*

Насіров Ш.Ш.

*Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS
(Азербайджанська Республіка)*

Вже багато десятиріч людський чинник (ЛЧ) є першопричиною абсолютної більшості авіаційних подій (АП) і серйозних інцидентів (СІ). І хоча на сьогоднішній день рівень безпеки польотів (БП) незрівнянно вище, ніж він був, скажімо, 70-80 років тому, роль ЛЧ залишилися незмінною, не зважаючи на суттєвий позитивний зсув рівнів загальної і професійної освіченості і підготовленості авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (авіадиспетчерів (А/Д), членів льотного екіпажу) [1-3 та ін.]. Тому виявлення і попередження помилкових дій зазначеної категорії АО є перманентно важливою науково-практичною задачею, яка вимагає нагального вирішення.

Враховуючи чинники, що сприяють виникненню помилок людини у авіаційних системах (рис. 1) [4], рекомендації ІКАО, регіональну і світову статистику АП під час управління повітряним рухом (УПР) [4-7 та ін.], нами був сформований спектр характерних помилок А/Д (табл. 1), який на теперішній час найбільш повно і всебічно їх висвітлює [8].

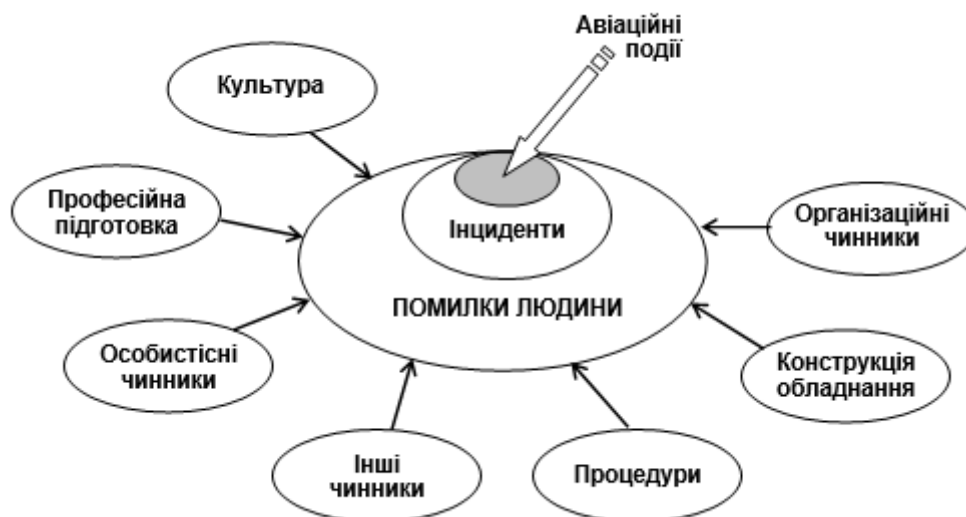


Рисунок 1 – Чинники, що сприяють виникненню помилок людини в авіаційних системах (ІКАО)

На поданому у табл. 1 спектрі характерних помилок встановлені індивідуальні і групові системи переваг (СП) А/Д, визначені коефіцієнти небезпеки помилок та відповідна медіана Кемені, за допомогою класичних критеріїв прийняття рішень (ПР) оцінений ступінь ризикованості отриманих індивідуальних і групових СП (ГСП) [8-16]. Таким чином, можна зробити висновок, що всебічно досліджена небезпека характерних помилок. Однак, ІКАО вимагає оцінювати несприятливі (небажані) події, що можуть

негативно вплинути на БП за критеріями рівня небезпеки (РН) і рівнів частоти (РЧ) [4], які можна уявити такими терм-множинами відповідних лінгвістичних змінних:

$$T^M (PH) = \overset{\tilde{R}_K}{\text{катастрофічний}} + \overset{\tilde{R}_{НБ}}{\text{небезпечний}} + \overset{\tilde{R}_C}{\text{суттєвий}} + \overset{\tilde{R}_{НЗ}}{\text{незначний}} + \overset{\tilde{R}_M}{\text{мізерний}} \quad (1)$$

Таблиця 1 – Характерні помилки авіадиспетчерів в процесі безпосереднього управління повітряним рухом

П _i	Зміст помилки
1	2
П ₁	Порушення фразеології радіообміну
П ₂	Неузгодженість входу повітряного судна в зону суміжного управління повітряним рухом
П ₃	Порушення побіжних часових інтервалів
П ₄	Порушення зустрічних часових інтервалів
П ₅	Порушення інтервалів між повітряними судами, які знаходяться на курсах, що перетинаються
П ₆	Безадресна передача повідомлень авіадиспетчером
П ₇	Помилка у визначенні позивного повітряного судна
П ₈	Помилка в ідентифікації повітряного судна
П ₉	Помилкове використання диспетчерського графіку
П ₁₀	Відсутність на стрипі позначки авіадиспетчера про передачу управління суміжному диспетчерському пункту
П ₁₁	Відсутність на стрипі позначки диспетчера щодо узгодження входу повітряного судна в зону управління повітряним рухом суміжного диспетчерського пункту
П ₁₂	Порушення авіадиспетчером узгодженого географічного рубежу передачі управління повітряним рухом
П ₁₃	Порушення авіадиспетчером узгодженого часового рубежу передачі управління повітряним рухом
П ₁₄	Недбалість в нанесенні на стрип літерно-цифрової інформації (можливість двоякої інтерпретації)
П ₁₅	Неекономічне управління повітряним рухом
П ₁₆	Порушення процедури прийому і здачі чергування
П ₁₇	Невідображення на стрипі виданих команд щодо зміни висоти або напрямку польоту
П ₁₈	Спроба керувати повітряним судном після спрацьовування на ньому системи TCAS в режимі resolution advice
П ₁₉	Помилки вводу інформації про повітряне судно в автоматизовану систему
П ₂₀	Порушення технології праці при особливих випадках у польоті
П ₂₁	Порушення в використанні повітряного простору

$$T^M (PЧ) = \overset{\tilde{R}_Ч}{\text{часто}} + \overset{\tilde{R}_І}{\text{іноді}} + \overset{\tilde{R}_{ДР}}{\text{дуже рідко}} + \overset{\tilde{R}_{МІ}}{\text{малоімовірно}} + \overset{\tilde{R}_{УМІ}}{\text{украї малоімовірно}}, \quad (2)$$

де « + » – загальноприйняте позначення логічного об'єднання термів (назв оцінок) у відповідну шкалу.

Виходячи з наведеного, завдання наших досліджень полягає у розробленні процедур застосування (критеріїв) (1), (2) в процесах кваліметрії небажаності помилок А/Д, а також розробленні інтегративного показника зазначеної небажаності. Рішення цього завдання можливе шляхом застосування методології системного аналізу і теорії ПР.

Отже, з терм-множин РН і РЧ, які можна застосувати для аналізу небажаності помилок А/Д, витікає таке тривіальне ранжирування їх складових-термів:

$$\left. \begin{aligned} \tilde{R}_K > \tilde{R}_{NB} > \tilde{R}_C > \tilde{R}_{H3} > \tilde{R}_M \\ \tilde{R}_q > \tilde{R}_I > \tilde{R}_{DP} > \tilde{R}_{MI} > \tilde{R}_{YMI} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Тоді нескладно застосувати математичний метод розстановки пріоритетів [9] для встановлення зважених коефіцієнтів небажаності кожного терму (лінгвістичної оцінки) з відповідної шкали (1) – (3) (табл. 2).

Таблиця 2 – Результати застосування методу розстановки пріоритетів для встановлення зважених коефіцієнтів небажаності небезпеки і частоти характерних помилок

α_i (РН / РЧ)	Ітерація, на якій отримані відповідні коефіцієнти										
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
α_K / α_q	0,36	0,482 4	0,573 3	0,640 7	0,691 4	0,730 3	0,761 0	0,785 6	0,805 7	0,822 5	0,836 7
α_{NB} / α_I	0,28	0,294 1	0,280 0	0,257 5	0,234 5	0,213 6	0,195 3	0,179 3	0,165 6	0,153 6	0,143 1
α_C / α_{DP}	0,20	0,152 9	0,111 1	0,081 8	0,061 9	0,048 2	0,038 4	0,031 2	0,025 9	0,021 7	0,018 5
$\alpha_{H3} / \alpha_{MI}$	0,12	0,058 8	0,031 1	0,018 0	0,011 2	0,007 4	0,005 1	0,003 7	0,002 7	0,002 1	0,001 6
α_M / α_{YMI}	0,04	0,011 8	0,004 4	0,002 0	0,001 0	0,000 6	0,000 3	0,000 2	0,000 1	0,000 1	0,000 1
Σ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Здійснивши дефазифікацію лінгвістичних оцінок шкал (1) – (3), далі нескладно знайти інтегративний показник небажаності кожної і-тої помилки зі встановленого їх спектру (табл. 1) для кожного j-го А/Д:

$$\alpha_i^{(j)} = \sqrt{\alpha_{ij}^{PH} \cdot \alpha_{ij}^{PЧ}}, \quad (4)$$

де α_{ij}^{PH} , $\alpha_{ij}^{PЧ}$ – коефіцієнти небезпеки і частоти і-тої помилки, що встановлюються заданими табл. 2, виходячи з думок j-го випробуваного А/Д.

Впорядкувавши показники $\alpha_i^{(j)}$ в порядку їх убавання, отримуємо індивідуальну СП (ІСП) j-го А/Д на спектрі характерних помилок, яка встановлюється за пропонуваними ІСАО критеріями РН і РЧ їх небажаності.

Для отримання ГСП групи А/Д кількістю m осіб, необхідно узагальнити їх ІСП наступним чином:

$$\alpha_i = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \alpha_i^{(j)}} = \sqrt[m]{\prod_{j=1}^m \sqrt{\alpha_{ij}^{PH} \cdot \alpha_{ij}^{PЧ}}}. \quad (5)$$

Впорядкувавши показники α_i в порядку їх убавання, отримуємо ГСП на спектрі характерних помилок, яка встановлюється за пропонуваними ІСАО критеріями РН і РЧ їх небажаності. При цьому природно, що більш високі рангові місця і в ІСП, і в ГСП займають найбільш небажані з точки зору впливу на БП помилки з відповідними більш високими показниками $\alpha_i^{(j)}$ і α_i .

Таким чином, можна зробити узагальнений висновок, що нами дійсно розроблений новий інтегративний підхід до оцінювання небажаності помилок, які можуть припуститися А/Д в процесі управління повітряним рухом. Особливістю підходу є таке. По-перше, здійснено дефазифікацію лінгвістичних оцінок шкал РН і РЧ, запропонованих ІСАО. По-друге, застосований мультиплікативний підхід до встановлення інтегративного показника небажаності помилки як в ІСП, так і в ГСП А/Д. Що є важливим з позицій БП, оскільки в такому випадку на відміну від адитивного підходу припускається лише

відносна компенсація малих значень одних коефіцієнтів небажаності великими значеннями інших.

ЛІТЕРАТУРА

1. Человеческий фактор в системе мер безопасности гражданской авиации: Doc. ICAO 9808 – AN / 765. – Монреаль, Канада, 2002.
2. Безпека авіації / В. П. Бабак, В. П. Харченко, В. О. Максимов [та ін.]; за ред. В. П. Бабака. – К.: Техніка, 2004. – 504 с.
3. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) : монографія / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2007. – 242 с.
4. Safety Management Manual (SMM): DOC ICAO 9859 – AN/460. -. Montreal, Canada,; 2013.
5. Основные принципы учета человеческого фактора в системах организации воздушного движения (АТМ). (Doc. 9758-AN/966). – Изд-е первое. – Канада, Монреаль, ICAO, 2000. – 156 с.
6. Human Factors Modulle – A Business Case for Human Factors Investment: Doc. HUM.ET1.ST.13.4000-REP-02. European Organization for the Safety of Air Navigation
7. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением: Cir. ICAO 314 – AN / 178. – Монреаль, Канада, 2008.
8. Насіров Ш. Ш. Пілотне визначення систем переваг авіадиспетчерів Азербайджану на характерних помилках в процесі управління повітряним рухом / Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Харківський національний аерокосмічний університет ім. Н. Є. Жуковського «ХАІ», 2010. - № 7. – С. 124-134.
9. Насіров Ш. Ш. Визначення коефіцієнтів важливості характерних помилок авіадиспетчерів в процесі управління повітряним рухом / Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2011. – № 9. – С. 195-201.
10. Насіров Ш. Ш. Багатокрокова процедура виявлення статистично-узгодженої системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок їх діяльності / Ш. Ш. Насіров // *Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник.* – Вип. 105. – Сер. Технічні науки і архітектура. - Х. : ХНАМГ, 2012. – С. 461-475.
11. Рева О. М. Медіана Кемені як групова система переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок / О. М. Рева, В. В. Камишин, Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: науково-технічний журнал.* – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2012. - № 4 (91). – С. 106-115.
12. Теоретические модели групповых систем предпочтений авиадиспетчеров, базирующиеся на классических критериях принятия решений / А. Н. Рева, В. В. Камышин, Ш. Ш. Насіров, Д. С. Алексеев // *Elmi məsuələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin, (Bakı, iyul – sentyabr 2012).* – Bakı, 2012. – Т. 14, № 3. – С. 37–45.
13. Эмпирические модели оценки риска-неопределенности групповых систем предпочтений авиадиспетчеров / А. Н. Рева, Б. М. Мирзоев, Ш. Ш. Насіров, С. В. Недбай // *Elmi məsuələr : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin – Bakı, iyul – sentyabr 2012.* – Т. 14, № 3. – С. 46–60.
14. Рева О.М. Стратегія оптимального передбачення у визначенні ставлення авіадиспетчерів до небезпек характерних помилок / О. М. Рева, Ш. Ш. Насіров, В. О. Липчанський // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2017. - № 8 (143). – С. 126-138.
15. Шульгін В. А. Теоретична модель оцінки впливу несприятливих чинників на безпеку польотів/В. А. Шульгін, Ш. Ш. Насіров, О. М. Медведенко//*Сучасні інформаційні*

та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015): матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 26-28 травня 2015 р. – Херсон : ХДМА, 2015. – С. 84-87.

16. Теоретичне обґрунтування системно-інформаційної кваліметрії людського чинника в аеронавігаційних системах/О. М. Рева, С. П. Борсук, Ш. Ш. Насіров, Г. М. Селезньов // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування СЕУТТОО-2017: матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції, - Херсон, 28-29 вересня 2017 року, - Херсон : ХДМА, 2017. – С. 127-132.

17. Берж К. Теория графов и ее применения: пер. с франц. / К. Берж. – М.: ИЛ, 1962. - 320 с.

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

СЕКЦІЯ:

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

МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ НА БАЗЕ ДАННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ IMES GMBH

*Варбанец Р.А., Александровская Н.И., Пизинцали Л.В., Шумило А.Н., Кирилаш Е.И.
Одесский национальный морской университет
(Украина)*

Представлены алгоритмы мониторинга рабочего процесса морских дизелей, разработанные путем анализа данных, полученных с помощью датчиков давления IMES. Представлены основные типы IMES датчиков, используемых на 2- и 4-тактных современных морских дизелях. В качестве основы для разработки алгоритмов мониторинга рабочего цикла дизелей взяты pressure-time diagrams. С помощью уравнения политропы сжатия решена задача предварительного расчета положения top dead center (TDC) of cylinder. С помощью butterworth low-pass filter определены контрольные точки на кривых производных от давления P' and P'' . Окончательно, положение TDC рассчитано с помощью уравнения $P'=0$. Далее представлен алгоритм расчета среднего индикаторного давления и индикаторной мощности цилиндра. This paper presents метод определения fuel timing and valves timing, а также диагностики процесса впрыска с помощью анализа виброакустических диаграмм of injectors. Показано, что спектр виброакустического сигнала компрессора turbocharger может быть использован для определения частоты его вращения и для анализа колебаний ротора. С помощью методов CFD показано влияние канала индикаторного крана на результаты мониторинга рабочего процесса морских дизелей. На примере кривых сжатия-расширения в цилиндре показаны амплитудные и фазовые искажения, вносимые в измерения давления каналом индикаторного крана. Такое исследование актуально в связи с использованием на морских дизелях portable performance analysis systems.

Monitoring and diagnostics of the working process of marine diesel engines on the basis of pressure sensors IMES GmbH

*Odessa National Maritime University (ONMU), Marine Engineering department
Varbanets R.A., Aleksandrovskaya N.I., Pizintsali L.V., Shumilo A.N., Kyrylash E.I.*

The paper presents algorithms for monitoring the marine diesel engines working process by making analysis of data, received from IMES GmbH pressure sensors. Main types of IMES sensors used for 2- and 4-stroke modern marine diesel engines are presented in the paper. Pressure-time diagrams were taken as the base for development of the said algorithms. The task of cylinder top dead center (TDC) position pre-calculation was solved with the help of polytropic compression equation. The control points on pressure derivative curves P' and P'' were defined with the help of butterworth low-pass filter. Finally, TDC point was calculated with the equation $P' = 0$. Further the article presents the algorithms for calculating mean indicated pressure and indicated power of cylinder. The paper also shows the method of fuel timing and valves timing determination, alongwith the method of injection process diagnosis by means of injectors' vibroacoustic diagrams analysis. It is shown that vibroacoustic signals' spectrum of turbocharger compressor can be used to determine its rotation frequency and to analyze the rotor's oscillations. The CFD methods show how the indicator valve channel effects the results of marine diesel engines working process monitoring. Amplitude and phase distortions of pressure measurement happening due to the indicator valve channel – are demonstrated by the example of compression-extension curves in a cylinder. The present research work is actual due portable systems use for marine diesel engines performance analysis.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ «МЕТОДА УТОЧНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ» В ЗАДАЧЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА

Головань А.И., Джебраилов А.С.
Одесский национальный морской университет
(Украина)

Вступление. Эксплуатация СЭУ в современных условиях глобализации и развертывания современных систем передачи данных породило задачу, решение которой требует организации дистанционного контроля параметров работы судовой дизельной установки (СДУ). Действующие в настоящий момент требования МАРПОЛ 73/78 П.VI ограничивают процент выбросов NOx и SOx в выпускных газах СДУ. Превышение этих норм, возникающее по причине отсутствия детальной объективной информации о состоянии СДУ, влечет за собой очень большие штрафы судовладельцев. Кроме этого, регулярный контроль эксплуатационных параметров повышает уровень технической эксплуатации СДУ и способствует не только детальному учету эксплуатационных затрат и планированию ремонтов, но и эффективному управлению сложной многосистемной современной СДУ.

Актуальность исследований. Особое внимание, в сложившейся ситуации, уделяется контролю расхода топлива. Одним из применяемых средств измерений является турбинный преобразователь расхода (ТПР). ТПР предназначены для выдачи информации об объемном расходе измеряемой жидкости в виде частотного электрического сигнала синусоидальной формы, напряжение и частота которого пропорциональна измеряемому расходу. Измеряемая среда: неагрессивные смазывающие жидкости (углеводородистые топлива, жидкости гидросистем, промышленные масла); неагрессивные несмазывающие жидкости (вода, спирт, аммиак); однофазные криогенные жидкости (оксид, энерген); агрессивные жидкости (амил. меланж 1). Температура измеряемой среды: от минус 200 до 200°C – для неагрессивных и однофазных криогенных жидкостей; от минус 60 до 50°C – для агрессивных жидкостей. Величина выходного сигнала на нижнем пределе измерения от 25 до 40 мВ; на верхнем пределе измерения от 1500 до 2000 мВ.

24.7 л/ч	Вычислитель расхода LN-03F
1562.4 л/ч	
729.1 л/ч	Настройки >

Рисунок 1 – Рабочий экран «Вычислителя расхода LN-03F»

Частота выходного сигнала от 1 до 600 Гц. Для индикации расхода жидкости протекающей через ТПР и передачи измеренной информации на персональный компьютер, авторами и сотрудниками МНПП «ЛЕПТОН» был разработан «Вычислитель расхода LN-03F» (вычислитель). Вычислитель построен на микропроцессоре ARM семейства STM32F4, оснащен TFT-экраном и сенсорной панелью. Вычислитель имеет три входа для подключения ТПР.

Результаты исследований. В процессе разработки и испытания «Вычислителя расхода LN-03F» авторы столкнулись с проблемой значительной зашумленности выходного сигнала ТПР, особенно в районе 50 Гц. С целью устранения влияния шумов на результат вычисления расхода был применен метод уточнения результата преобразования Фурье. Указанный метод прошел апробацию и показал свою эффективность при

использовании в оборудовании системы DFM (интернет мониторинг судовой энергетической установки).

Выводы. Применение цифровой фильтрации, а также метода уточнения результата преобразования Фурье позволило:

- исключить влияние нестационарных шумов на выходной сигнал ТПП;
- повысить класс точности устройства до 0.5;

ЛИТЕРАТУРА

1. Henri J. Nussbaumer «Fast Fourier Transform and Convolution Algorithms» - Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York 1982, 276 p.
2. Anton Deitmar, Siegfried Echterhoff «Principles of Harmonic Analysis» - Springer International Publishing Switzerland 2014, 332p.
3. V. S. Varadarajan «An Introduction to Harmonic Analysis on Semisimple Lie Groups» - Cambridge University Press 1999, 328p.
4. Головань А.И. «Виброакустический контроль частотных характеристик судового дизеля с турбонаддувом» - Авиационно-космическая техника и технология. Научно-технический журнал. Харьков, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ» - 2012. - №10(97). – С. 98-105.
5. Варбанец Р.А. «Мониторинг частотных параметров судового дизеля с турбонаддувом» - Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология». Астрахань. – 2013. – № 1.– С. 103-110.
6. Варбанец Р.А. «Диагностика и моделирование рабочего процесса СДВС» - V Международная научно-техническая конференция «Эффективность, надежность и безопасность энергетических установок (Энергоустановки-2010)»: сб. научн. тр. по материалам междун. научно-практ. конф., 07-11 июня 2010г., СевНТУ, Севастополь – Батилиман, 2010. – С. 241-243.
7. Головань А.И. «Виброакустический контроль частотных характеристик судового дизеля с турбонаддувом» - Авиационно-космическая техника и технология. Харьков: ХАИ. 2012., - №10(97). – С. 98-105.
8. Головань А.И. Метод устранения эффекта утечки в дискретном преобразовании Фурье / Р.А. Варбанец, А.И. Головань // II Международная научно-техническая конференция «Современное состояние и проблемы двигателестроения»: сб. научн. тр. по материалам междун. научно-практ. конф., НУК им. адмирала Макарова – Николаев, 28-29 ноября 2012г. – С. 251-254.

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ ПРИ ПОДХОДЕ К ОБЪЕКТУ ШВАРТОВКИ

Зинченко С.Н., Ляшенко В.Г.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Вступление. Швартовные операции – ответственный и сложный момент рейса судна. Для качественного их выполнения необходимо хорошо знать маневренные возможности судна, учитывать внешние факторы (воздействие ветра, течения, волн) и обстоятельства (расположение швартовной плоскости, наличие мелей, других судов). В настоящее время используются схемы ручной швартовки, для которых в литературе приведены рекомендации по ее проведению для различных факторов и обстоятельств. Однако, на практике не удается буквально следовать данным рекомендациям, поскольку при ручном маневрировании учитываются далеко не все, а только наиболее существенные факторы влияния, да и то очень приближенно. Поэтому, ситуация может развиваться несколько иначе, чем предполагалось, и очень часто приходится принимать дополнительные, не оптимальные управленческие решения для ее исправления, что в условиях дефицита времени и большой инерционности судна не допустимо. На сегодняшний день, при проведении швартовных операций, приходится больше полагаться на интуицию судоводителя, а не на точный математический расчет[4-6].

С учетом вышеизложенного, задача автоматического управления маневрированием при подходе к объекту швартовки, в том числе и подвижному, является достаточно актуальной, так как, по сравнению с ручным маневрированием, позволяет решать задачу оптимально, с более высокой точностью за счет использования математической модели судна, моделей внешних факторов и обстоятельств, а также математического аппарата теории управления.

В настоящей работе:

- построена полная математическая модель судна, описываемая 12-ю дифференциальными уравнениями, учитывающая ветровое воздействие и течение, для проверки синтезированных алгоритмов оптимального управления в замкнутой схеме с объектом управления;
- построена упрощенная математическая модель судна, описываемая 6-ю дифференциальными уравнениями, учитывающая ветровое воздействие и течение, для решения задачи синтеза оптимального управления в бортовом контроллере;
- получены алгоритмы синтеза параметров оптимального управления при подходе к объекту швартовки для заданного функционала качества управления и заданных граничных условий с использованием упрощенной математической модели судна, принципа максимума и метода пристрелки;
- работоспособность синтезированных алгоритмов проверена математическим моделированием в замкнутой схеме с полной математической моделью судна.

Решение задачи. Структурная схема объектов моделирования представлена на рис.1

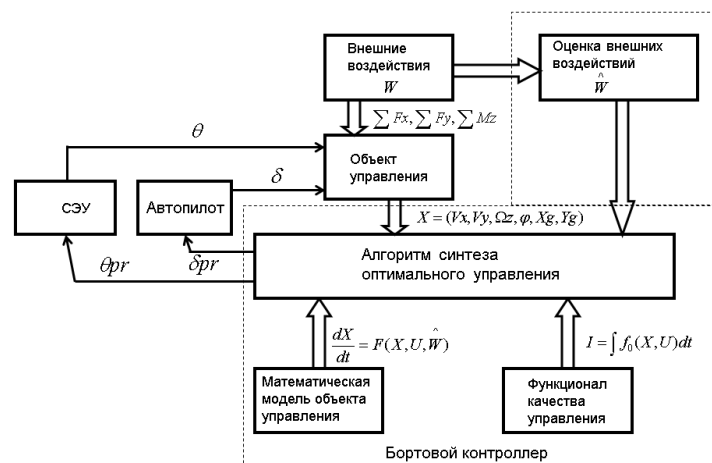


Рисунок 1 – Структурная схема объектов моделирования

Блок «Объект управления» (Рис.1) представляет собой математическую модель судна в виде системы 12-ти дифференциальных уравнений [3], приведенных в системе координат, жестко связанной с объектом управления – связанной системе координат (ССК). Линейные и угловые перемещения ССК записаны относительно географической системы координат (ГСК) $XgYgZg$, расположенной в центре масс судна так, что ось Xg направлена вдоль меридиана в сторону севера, Yg - вдоль параллели к востоку, Zg – дополняет систему до «правой» и направлена к центру Земли. Последовательность перехода от ГСК к ССК Z-Y-X. Положительные направления отсчета углов крена θ , дифферента ψ и курса φ при переходе из ГСК в ССК, совпадают с положительными направлениями вращения ССК.

Математическая модель «объекта управления» (Рис.1) в векторной форме имеет вид [3]

$$\frac{dX}{dt} = f(X, U), \quad (1)$$

где $X = (Vx, Vy, Vz, \Omega x, \Omega y, \Omega z, \theta, \psi, \varphi, Xg, Yg, Zg)$ – вектор состояния объекта управления

$U = (\theta, \delta)$ -вектор управления (углы отклонения телеграфа и руля направления)

$f(X, U) = [f1(X, U), f2(X, U), f3(X, U), f4(X, U), f5(X, U), f6(X, U), f7(X, U), f8(X, U), f9(X, U), f10(X, U), f11(X, U), f12(X, U)]$

вектор - функция правых частей уравнения (1).

«Математическая модель объекта управления» (Рис.1), используемая в бортовом контроллере, предназначена для решения задачи синтеза оптимального управления в блоке «Алгоритм синтеза оптимального управления» и представляет собой упрощенную модель «Объекта управления» (1).

В векторной форме модель имеет следующий вид

$$\frac{dX}{dt} = f(X, U), \quad (2)$$

где $X = (Vx, Vy, \Omega z, \varphi, Xg, Yg)$ -вектор состояния математической модели

$U = (\theta, \delta)$ -вектор управления

$f(X, U) = [f1(X, U), f2(X, U), f3(X, U), f4(X, U), f5(X, U), f6(X, U)]$ – вектор-функция правых частей уравнения (2).

Задачей управления маневрированием при подходе к объекту швартовки является перевод судна из заданного начального состояния, определяемого начальным положением, начальными линейными и угловыми скоростями на момент начала маневрирования, в требуемое конечное состояние, определяемое требуемым конечным положением,

конечными линейными и угловыми скоростями на момент окончания маневрирования, с учетом влияния внешней среды. С математической точки зрения - это задача с закрепленными концами $X(0) = (Vx0, Vy0, \Omega z0, \Psi0, Xg0, Yg0)$, $X(T) = (Vx1, Vy1, \Omega z1, \Psi1, Xg1, Yg1)$, которая имеет множество решений. Из данного множества выделяем единственное решение, задав функционал качества управления [1], [2]:

$$F0(X, U) = \int_{t0}^{T} f0(X, U) dt . \quad (3)$$

Выбором соответствующего функционала можно обеспечить максимальное быстродействие, минимальный расход топлива или оптимизацию любого другого показателя.

С учетом имеющихся ограничений на управление $U = (\theta, \delta)$ (ограничение на предельные углы перекадки телеграфа и ограничение на предельные углы перекадки руля направления), данная задача может быть решена с помощью принципа максимума Понтрягина, а в качестве метода решения - метод пристрелки.

Согласно [1], [2], необходимое условие оптимального управления имеет вид

$$H[X^*(t), \Psi^*(t), U^*(t)] = \max_{u \in U} H[X^*(t), \Psi^*(t), U(t)], t0 \leq t \leq T, \quad (4)$$

где $H[X(t), \Psi(t), U(t)] = \sum_{j=0}^6 \Psi_j(t) f_j[X(t), U(t)]$ - функция Понтрягина (гамильтониан),

$\Psi = (\psi0, \psi1, \psi2, \psi3, \psi4, \psi5, \psi6)$ - сопряженный вектор состояния, определяемый сопряженной к (2) системой дифференциальных уравнений

$$\frac{d\Psi_i}{dt} = - \sum_{j=0}^6 \psi_j \frac{df_j}{dX_i}, i = 1..6 \quad (5)$$

Матрица Якоби $\frac{df_j}{dX_i}$, $j=0..6$, $i=1..6$ может быть получена в явном виде дифференцированием правых частей математической модели (2) по параметрам вектора состояния.

Совместное решение систем уравнений (2), (4), (5) определяет оптимальное, с точки зрения функционала качества управления (3), движение объекта управления.

Для расчета начального значения сопряженного вектора состояния, который обеспечивает попадание оптимальной траектории в конечный вектор состояния $X1(T) = (Vx1, Vy1, \Omega z1, \Psi1, Xg1, Yg1)$, использован метод пристрелки [7]. Так как упрощенная модель объекта управления (2) имеет размерность 6, требуется 7 совместных прогонов модели (2), сопряженной системы (5) и алгоритма формирования управлений (4) для различных начальных значений $\Psi(0)$ с целью определения матрицы чувствительности

$\frac{d\Psi(0)}{dX(T)}$, последующих уточнений начального значения сопряженного вектора

$$\Psi(0) = \Psi(0) + \frac{d\Psi(0)}{dX(T)} (X(T) - X1(T)), \text{ пока } X(T) - X1(T) < \varepsilon.$$

Результаты исследований. Проверка правильности работы синтезированных алгоритмов проведена на примере решения задачи швартовки судна, имеющего параметры начального вектора состояния

$Vx(0) = 5$ м/с, $Vy(0) = 1$ м/с, $\Omega z(0) = 2$ град/с, $\varphi(0) = 0$ град, $Xg(0) = 0$ м, $Yg(0) = 0$ м.,

конечного вектора состояния $Vx(T) = 0$ м/с, $Vy(T) = 0$ м/с, $\Omega z(T) = 0$ град/с, $\varphi(T) = 90$ град, $Xg(T) = 450$ м, $Yg(T) = 600$ м.

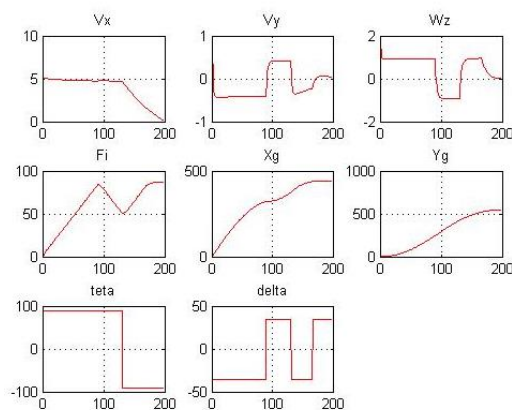


Рисунок 2 – Графики изменения параметров вектора состояния и управления



Рисунок 3 – Траектория оптимального подхода

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. М., Наука, 1969.
2. В.Д.Ногин. Введение в оптимальное управление. Учебно-методическое пособие.-СПб: ЮТАС, 2008г.,92с.
3. Navi Trainer 4000. Mathematical models//Technical description. Transas Marine Ltd, 2003-104р.
4. В.А.Антонов, М.Н.Письменный. Теоретические основы управления судном. – Владивосток: МГУ им.адмирала Г.И.Невельского, 2007. -78 с.
5. В.М. Алексеев, В.М. Тихомиров, С.В. Фомин. Оптимальное управление. М., Наука, 1979..
6. С.Н.Зинченко, В.Г.Ляшенко. Использование нейросетевой модели судна для решения задач управления.//Науковий вісник Херсонської державної морської академії, 2018,№5(14),с.
7. И.В.Моршнева, С.Н.Овчинникова. Численное решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод стрельбы. –РнД:УПЛ РГУ, 2003.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОПУЛЬСИВНЫМ КОМПЛЕКСОМ СУДНА С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ

Иванов А.А., Рожков С.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Современные суда с электродвижением и системой динамического позиционирования (DP – Dynamic Position) в системах электроснабжения имеют сложную систему управления с широко-импульсной модуляцией (ШИМ). Однако достоинствами таких систем являются маневренность и возможность удержания судна в заданной позиции или заданной траектории, их надежность и безопасность за счет возможности резервирования мощности и дублирования энергетических систем. При этом большая сложность системы управления пропульсивным комплексом с электродвижением и высокая цена оборудования ограничивает области применения таких систем управления [2].

Для эффективного управления главными электродвижителями (ГЭД) используют силовые преобразователи частоты (Power Frequency Converter), как правило, построенным по следующим двум схемам управления: управление, ориентированное по полю (FOC – Field Oriented Control) и прямой контроль крутящего момента (DTC – Direct Torque Control) [1-3].

При управлении, ориентированном по полю, применяют систему координат, которая позволяет управлять разделением электрического момента T_e и величиной потока ротора Ψ_R . Это достигается путем выравнивания системы координат с потоком ротора. Блок-схема системы управления для FOC показана на рис. 1 [1, 3].

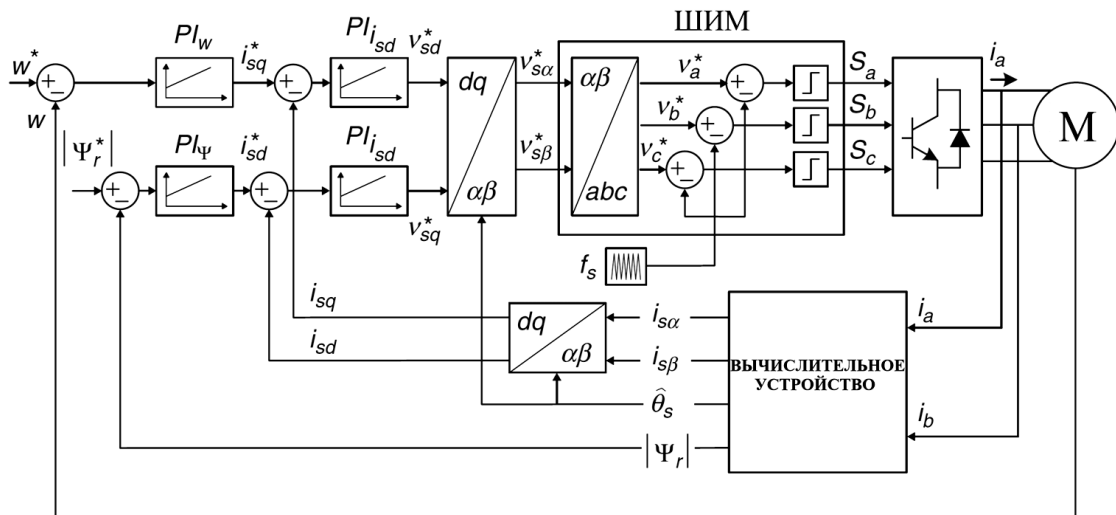


Рисунок 1 – Блок схема с управлением, ориентированным по полю

Ток опорного сигнала i_{sq}^* получают из внешнего контура управления скоростью, а i_{sd}^* получают из контура управления потоком ротора. Ошибки управления током статора регулируют с помощью ПИ-регулятора (PI-controller), при этом генерируются опорные напряжения статора v_{sd}^* и v_{sq}^* . Затем эти напряжения преобразуются в стационарную систему координат и подаются на ШИМ-инвертор.

Метод управления с прямым контролем крутящего момента связан с уравнением статора (1):

$$\frac{d\psi_s}{dt} = v_s - R_s i_s \quad (1)$$

Без учета сопротивления статора R_s , связь между изменением потока статора может быть установлена как:

$$\Delta\Psi_s = \Psi_s(t+T_s) - \Psi_s(t) \approx v_s T_s \quad (2)$$

Поток статора может быть изменен заданным вектором напряжения статора в течении времени T_s , что позволяет управлять вектором потока статора по заданной траектории. Если динамика потока ротора медленнее, чем динамика потока статора, то в течении одного временного интервала вектор потока ротора остается постоянным. При этом электромагнитный момент T_e зависит от угла θ_{sr} между векторами потока статора и ротора:

$$T_e = \frac{3}{2} p \frac{L_m}{L_s L_r - L_m^2} |\Psi_s| |\Psi_r| \sin(\theta_{sr}). \quad (3)$$

Угол θ_s изменяется путем применения соответствующего вектора напряжения статора V_s , рис.2.

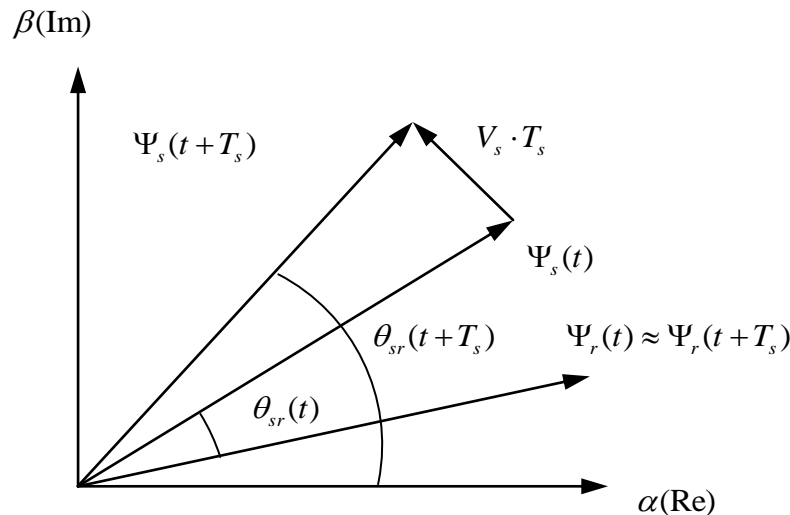


Рисунок 2 – Принцип управления прямого контроля крутящего момента (DTC – Direct Torque Control)

Выводы. Для реализации двух моделей управления и для оценки величины крутящего момента и угла вектора потока статора используется модель асинхронного электродвигателя. Ошибки крутящего момента и потока меняются при помощи компараторов с гистерезисной характеристикой. Принимая во внимание, что выходные сигналы компараторов и угол потока статора являются табличными данными, в дальнейшем они используются для поиска вектора напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rodriguez Perez, Jose, Patricio Cortes. Predictive control of power converters and electrical drives. 2012. Wiley-IEEE Press. 246 p. ISBN: 978-1-119-96398-1.
2. R.D. Geertsma, R.R. Negenborn, K. Visser, J.J. Hopman. Design and control of hybrid power and propulsion systems for smart ships: A review of developments. Applied Energy 194. 2017 P.30–54. – Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.02.060>
3. Рудаков В. В. Асинхронные электроприводы с векторным управлением /В. В. Рудаков, И. М. Столяров, В. А. Дартау. – Л.: Энергоатомиздат, 1987. – 136 с.

СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СТІЙКІСТЮ СУДНА

Колебанов О.К., Левченко В.В.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Можливість судна перевозити вантажі загального призначення, поряд з вантажами насипного характеру розкриває перед судновласником, або чартером більш широкі можливості по вибору вантажу та отриманню прибутку. Однак, під час експлуатації суден (типу General Cargo або Heavy Lift) появляється ряд проблем, які потрібно вирішувати. Однією з найактуальніших є автоматичний контроль за стійкістю судна під час завантаження та розвантаження, оскільки вантажі, що перевозяться, мають велику вагу, сипучість, схильність до самовільного переміщення, що впливає на стабільність судна, і може привести до серйозних аварій [1].

Основна частина. Існує декілька видів електромеханічних систем, здатних автоматично утримувати судно паралельно відносно горизонту із забезпеченням безпечних кутів нахилу. Такі системи отримали назву «Anti Heeling systems». Для утримання судна в заданому положенні потрібно перекачувати рідину між правим та лівим бортом. Найбільш поширеними є системи насосного перекачування, а також так звані повітряні системи, де рідина передавлюється за допомогою повітряних компресорів.

В системах автоматичної стабілізації та керування, виникає ряд проблем та характеристик, яким повинна відповідати система для забезпечення безперебійної роботи.

Причини що негативно впливають на надійність системи:

- велика кількість технологічно складних елементів системи;
- недостатня захищеність від впливу навколишнього середовища;
- економія на якості матеріалів в процесі проектування;
- недоліки і помилки при проектуванні, монтажі трубопроводів або виготовленні трубопроводів і арматури;
- порушення технологічного процесу, правил експлуатації системи;
- низький рівень підготовки обслуговуючого персоналу, халатне відношення до своїх обов'язків.

Враховуючи дані проблеми, для проектування та встановлення на судно «BVC Thames» вибрана «Електромеханічна система керування стійкістю судна» на базі насосного перекачування рідини між сполученими танками. Ця система складається з мінімальної кількості елементів, а також добре зарекомендувала себе в світовому суднобудуванні.

В процесі роботи зроблено наступне:

Проведено літературний огляд систем стабілізації стійкості судна, які на даний момент використовуються в світовому суднобудуванні.

Вибрано систему для стабілізації стійкості судна типу: «Heavy Lift» на базі насосного перекачування рідини, що на основі дослідженого матеріалу є найбільш надійною та ефективною.

Висновок. На основі технічних характеристик судна BVC Thames, вибрано насос потрібної продуктивності для перекачування баластної води між лівим та правим танками та розраховано потужність електроприводу. Для установки вибрані та описані елементи системи стабілізації стійкості судна з детальними характеристиками та рисунками.

На базі мікроконтролера Arduino Uno розроблено схему автоматичного контролю системою перекачування баластних вод між сполученими танками лівого та правого борту судна. Описано мову програмування мікроконтролера та написано скетч (драйвер) керування системою.

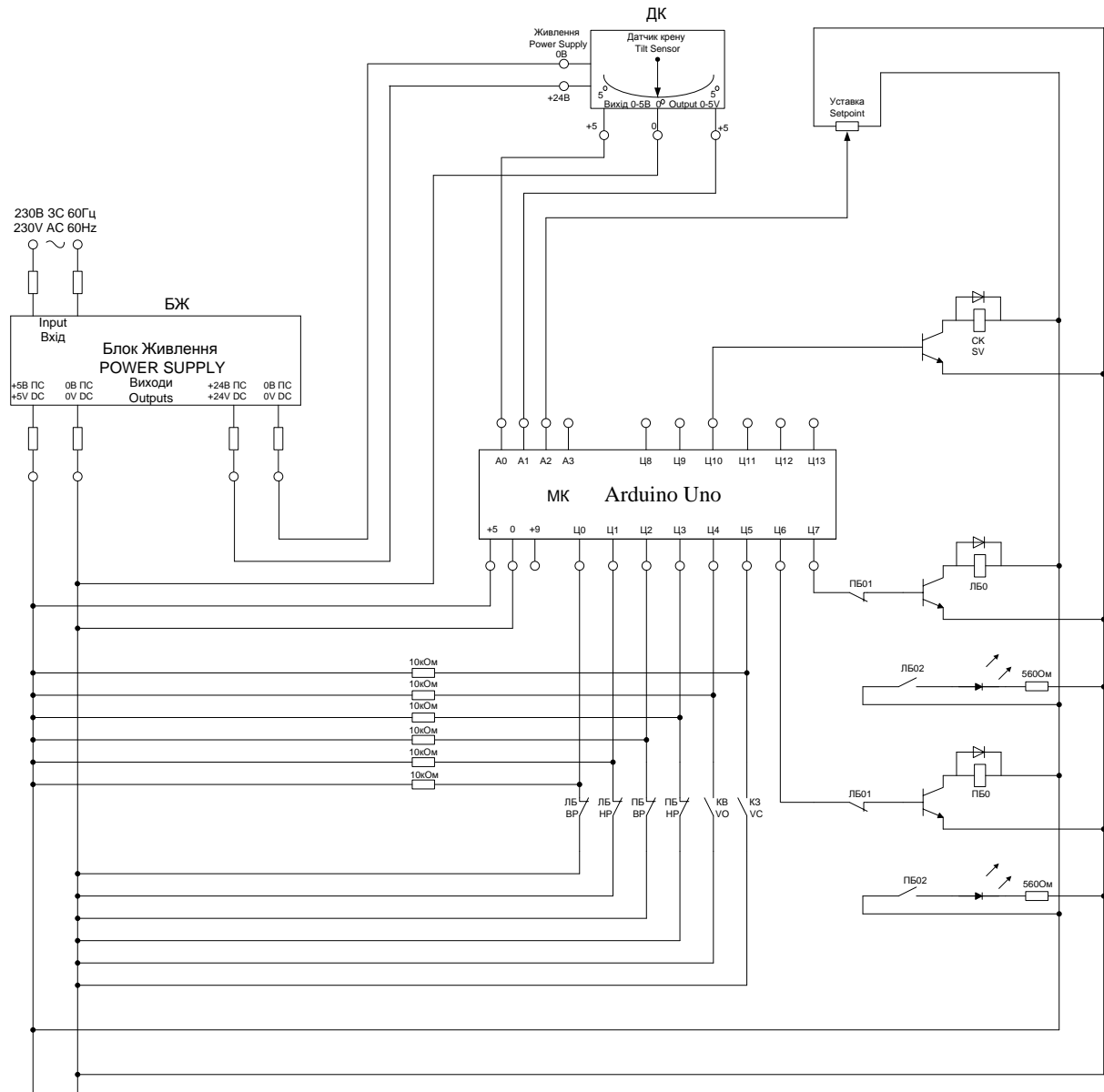


Рисунок 1 – Схема керування баластною системою

ЛІТЕРАТУРА

1. Міхайлов В.А. Автоматизовані електротехнічні системи суден – Л.: Суднобудування, 1977. – 508 с.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТИ И ВЫБОРА РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ КРУПНОТОННАЖНОГО СУДНА В ОПАСНЫХ РАЙОНАХ СТЕСНЕННЫХ ВОД

Мальцев А.С., Соколенко В.И., Мальцев С.Е.

Национальный университет «Одесская морская академия»

(Украина)

Введение. Навигационные опасности стесненных вод образуют районы, плавание в которых обладает повышенным риском возникновения аварийных происшествий. Такой риск возникает тогда, когда кроме интенсивного судоходства, устанавливаются ограничения на скорость движения судна, когда его управляемость существенно ухудшается, а геометрические размеры соизмеримы с расстояниями до опасностей и акваторией для маневрирования. Такой отрезок пути принято называть опасным участком стесненных вод. Для крупнотоннажных судов плавание в таких районах обладает риском аварии.

Результаты исследования. При этом различают постоянно существующие и временные навигационные опасности. К первым относятся опасности рельефа морского дна и затонувшие суда, ко вторым - опасности, возникающие из-за интенсивного судоходства и гидрометеорологических факторов (туман, ветер, течение и т. п.), минные заграждения, плавающие предметы. К опасностям рельефа морского дна относятся мель, отмель, обширное мелководье, банки, фарватеры и каналы, припортовые акватории и акватории порта. Мели, глубина над которыми менее 20 м, считаются опасными для плавания судов. Отмель — мель, идущая от берега, глубины над которой увеличиваются от берега к морю.

Мелководье — часть моря с малыми или относительно малыми глубинами независимо от того, обеспечивают или не обеспечивают эти глубины плавание надводных судов.

Район свалки грунта — определенный район в море, в пределах которого производится свалка грунта, извлеченного при дноуглубительных работах, а также мусора, вывезенного из порта. Затонувшие суда делятся на суда, опасные для плавания всех судов, и суда, полностью погруженные, с глубиной над ними большей, чем осадка любого современного судна. Такие затонувшие суда не опасны для надводного судоходства. Разновидностью затонувших судов являются «покинутые суда», т. е. брошенные своим экипажем, но оставшиеся на плаву.

Временными опасностями являются тропические циклоны, штормы, льды, туманы, пурга, течения. Минная опасность сохранилась после второй мировой войны во многих морях. Плавающие льды: временные в средних широтах и постоянные в полярных районах.

Столкновения, происходящие с судами в стесненных условиях, показывают, что около 20 % всех случаев происходят в условиях хорошей, и около 75% - при ограниченной видимости, при этом основной причиной является большая скорость движения. Термин «безопасная скорость» является широким понятием, что лишает его предметной истинности. Поскольку задача выбора скорости движения не формализована до такой степени, чтобы судоводитель мог произвести численный ее расчет, требование о необходимости ее соблюдения является декларативным.

Для того чтобы выбрать скорость движения, которая бы соответствовала существующим условиям плавания и маневренным свойствам судна необходимо выработать критерий, который позволил бы уменьшить число альтернатив, влияющих на принятие решения.

Произведем обоснование методики выбора и алгоритма действий судоводителя при назначении безопасной скорости.

Немедленное начало остановки судна возможно только при скорости уверенного реверсирования $V_{рев}$, которая является нижним пределом безопасной скорости. Перечень других требований, которые необходимо учитывать при выборе безопасной скорости, согласно Правилу 6, являются условия видимости, маневренные характеристики и интенсивность судоходства, которую охарактеризуем обобщенным критерием - дальностью уверенного обнаружения опасности ($D_{об}$).

С учетом вышеизложенного, определяющими при назначении безопасной скорости будут три фактора: скорость уверенного реверсирования; дальность уверенного обнаружения опасности $D_{об}$; маневренные характеристики судна.

Инструментальных способов определения $D_{об}$ не существует, поэтому ее значение оценивают глазомерно, путем измерения расстояния до судна или объекта при помощи РЛС в момент его обнаружения.

Для выбора безопасной скорости авторами был предложен алгоритм, расчетная схема которого приведена на рис.1.

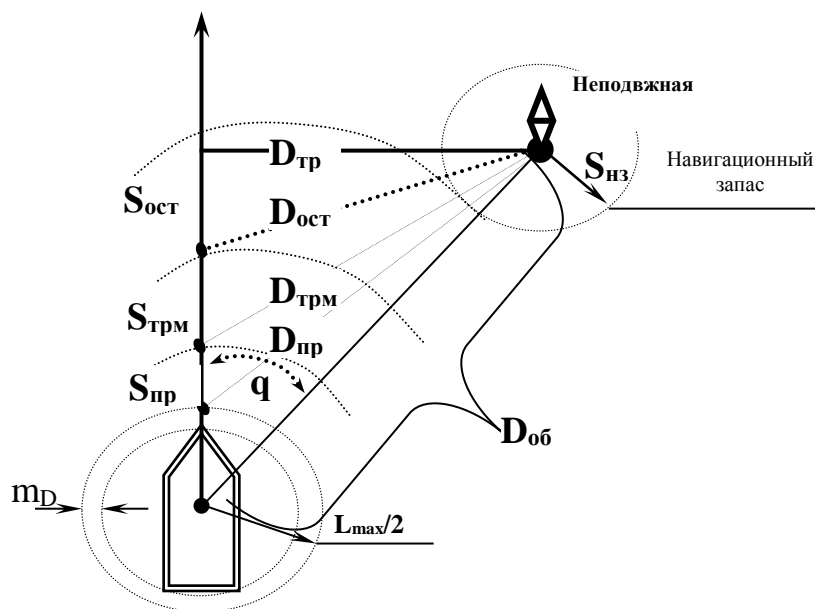


Рисунок 1 – Выбор безопасной скорости при неподвижной опасности

При этом приняты следующие обозначения: $S_{нз}$ – навигационный запас неподвижной опасности, миль; $D_{об}$ – дальность уверенного обнаружения неподвижной опасности, миль; q – курсовой угол опасности, в градусах; L_{max} – максимальная длина собственного судна, миль; m_D – радиальная СКП определения расстояния, миль; $S_{пр}$ – расстояние, которое пройдет собственное судно за время принятия решения, миль; $S_{трм}$ – расстояние, которое пройдет собственное судно за время торможения, миль; $S_{ост}$ – расстояние, на котором остановилось собственное судно с учетом навигационного запаса, миль; $D_{пр}$ – расстояние до опасности в момент начала принятия решения; $D_{трм}$ – расстояние до опасности в момент начала торможения, миль; $D_{ост}$ – расстояние до опасности в момент остановки собственного судна, миль; $D_{тр}$ – траверсное расстояние до опасности, миль.

Методика расчета основана на сравнении расстояния до опасности $D_{об}$ от центра тяжести собственного судна, в момент, когда она обнаружена, с характеристиками торможения и учетом времени, необходимого для принятия решения по маневрированию и его выполнения.

Получение зависимостей для расчета безопасной скорости по характеристикам торможения произведем для ситуации, когда опасность находится справа по носу, неподвижна, а собственное судно следует со скоростью V_0 . Столкновения с опасностью не произойдет, если расстояние $D_{об}$ удовлетворяет (см.рис.1) следующему неравенству:

$$D_{об} \geq (L_{max} / 2) + m_D + S_{пр} + S_{трм} + S_{нз} + S_{ост} . \quad (1)$$

Для расчета безопасной скорости необходимо неравенство (1) разрешить относительно $S_{трм}$, приняв $S_{ост} = 0$, рассматривая наиболее неблагоприятный аварийный случай остановки на расстоянии $S_{нз} = (L_{max} / 2) + m_D$:

$$S_{трм} = D_{об} - (L_{max} / 2) - m_D - S_{пр} - S_{нз} - S_{ост} . \quad (2)$$

В дальнейшем безопасная скорость выбирается по графикам зависимости тормозного пути и времени от скорости $S(V)$ и $t(V)$.

Согласно требованиям Международной морской организации (ИМО) планирование пути движения морского судна должно выполняться от причала порта отхода до причала пункта прихода. При этом путь судна изображается в виде прямолинейных участков, а планирование поворотов не производится. Результаты такого планирования оформляются в виде таблицы и вводятся в приемники навигационных устройств, которые определяют место судна.

Скоротечность процесса изменения навигационной обстановки и продолжительность процесса контроля места судна относительно планового классическим способом, путем сравнения заданного и текущего положения, приводит к запаздыванию информации об отклонении и создает предпосылки для возникновения аварийной ситуации.

При плавании в стесненных водах планирование поворота приобретает первостепенное значение и требует учета маневренных свойств, степени мелководья и наличия других судов.

Планировать криволинейную траекторию вручную при предварительной подготовке к плаванию возможно, однако контроль движения по ней обычными способами невозможен, из-за скоротечности процесса поворота. Автоматические системы планирования и контроля места при криволинейном движении не созданы.

Известно три способа учета характеристик поворотливости при планировании поворота – графический отрезков и перпендикуляров и аналитические - отрезков, перпендикуляров и метод эллипса и три способа планирования поворота - ручной, автоматизированный и автоматический [10].

При ручном планировании поворота необходимые исходные данные судоводитель определяет по характеристикам поворотливости до начала поворота. Они включают в себя координаты точек начала и конца поворота, пеленги и расстояния до приметных ориентиров в эти моменты. На руле в процессе поворота стоит матрос. Контроль процесса поворота заключается в определении места судна в моменты его начала и окончания. Движение по криволинейной траектории часто не контролируется из-за того, что определение места занимает длительное время, и такая информация запаздывает к моменту принятия решения по управлению. Для того чтобы контролировать снос при повороте, обычно применяют ускоренные способы определения места. В этом случае, при подготовке к плаванию, наносят сетки изолиний, которые существенно ускоряют процесс контроля и позволяют получить оперативную информацию о местоположении судна.

При автоматизированном выполнении поворота рутинная работа по расчету необходимых данных: момента начала поворота, выбора угла перекладки руля, определения координат текущего положения, наступление момента одерживания судна производится на ЭВМ. Судоводитель отдает необходимые команды рулевому и

контролює по екрану ЕВМ положення фактичних координат відносно планових і коректує рух судна.

При автоматичному виконанні повороту процес руху планує і здійснює ЕВМ без участі судоводителя і рулевого. Судоводитель здійснює контроль над нормальною її роботою і, при можливості, візуально оцінює положення судна відносно знаків навігаційної обстановки.

Вибір кута перекидання гребного гвинта здійснюється по величині зміни курсу, розрахунок або перенесення відповідного ділянки кривої характеристик поворотливості на карту з наступним визначенням координат початку, кінця і проміжних точок циркуляції. При цьому за початок повороту приймають, як і при виконанні натурних випробувань по визначенню характеристик поворотливості, момент подачі команди на перекидання гребного гвинта. Контроль процесу повороту здійснюють по гірокомпасу.

Другий спосіб оснований на виборі кута перекидання відповідно до величини встановившогося значення радіуса кривизни траєкторії. Він передбачає підтримання постійної кутової швидкості повороту впродовж всього часу циркуляції, змінними кутами перекидання гребного гвинта. Контроль повороту здійснюють по датчику кутової швидкості і гірокомпасу. Недоліком цього способу є те, що він не дозволяє встановити адекватність фактичного і запланованого шляху. Керування здійснюють по встановившомуся значенню кутової швидкості (а значить і радіуса циркуляції), в той час, коли судно рухається в маневренному режимі. Змінні кути перекидання гребного гвинта, які при цьому використовуються, збільшують ширину смуги маневренного зміщення. Нарешті, в небезпечних районах стеснених вод, має первинне значення.

Для високоточної автоматичної процедури планування траєкторії плавання в стеснених умовах і автоматичного контролю над рухом судна був розроблений комплекс «Поворот» [6], функціональна схема якого наведена на рис.2.

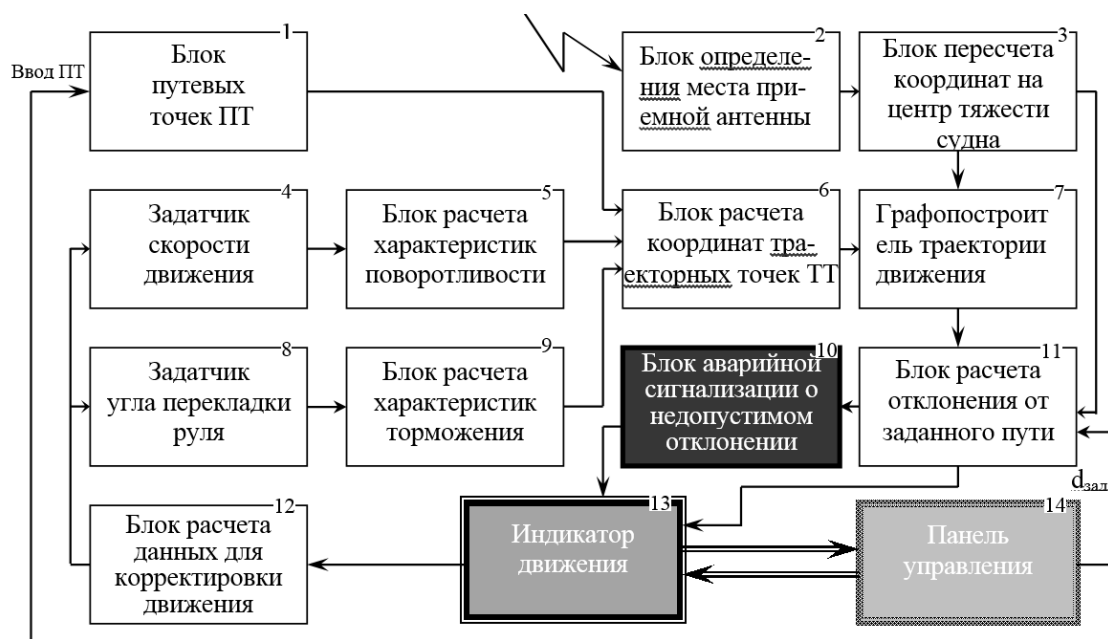


Рисунок 2 – Функціональна схема комплексу «Поворот»

Комплекс функціонує наступним чином. З панелі управління 14 вводять координати шляхових точок (ПТ), які отримані при попередній підготовці до переходу, в блок 1 і величину допустимого відхилення в блок 14. Визначають швидкість руху судна за умов плавання, а кут перекидання по величині кутових поворотів і вводять їх значення в блоки 5 і 9 відповідно.

По полученным данным от блока 1 в блоке 6 производится расчет координат движения, включая криволинейные участки, в виде траекторных точек (ТТ) через 0,1 кбт в стесненных условиях и через 1 кбт в открытом море.

Полученные данные поступают в блок 7, где производится графическое построение высокоточной траектории, которая представляет собой заданный алгоритм управления движением судна. Сюда же поступает информация о фактическом положении приемной антенны судна от блока 2, которая предварительно пересчитывается на центр тяжести судна. От графопостроителя данные поступают на блок 11 и индикатор движения 13.

Если в блоке 11 установлено, что величина отклонения от пути больше, чем допустимая, то срабатывает блок аварийной сигнализации 10. По величине отклонения блок 12 рассчитывает данные для корректировки движения и приведения судна на линию заданного пути.

Для понимания процессов, происходящих в комплексе, рассмотрим три рисунка, которые последовательно показывают трансформацию информации при обработке, как показано на рис.3.

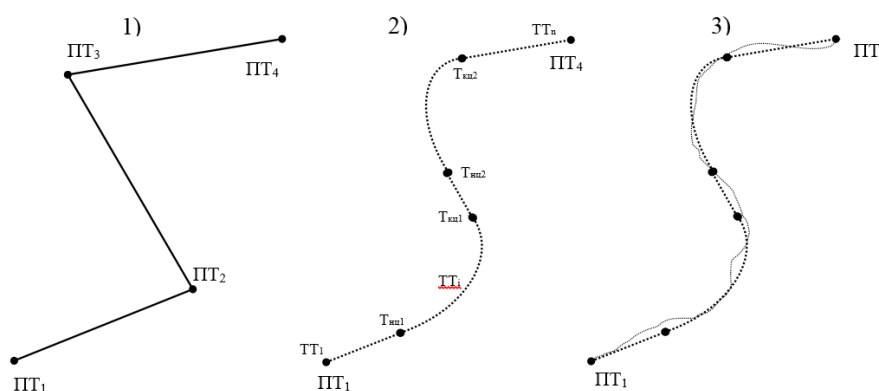


Рисунок 3 - Трансформация графического изображения заданного и фактического пути:
1)-по данным блока 1; 2)- по данным блока 6; 3) – на индикаторе 13

В настоящее время применяется система планирования траектории центра тяжести судна по ПТ, представления пути графически, как показано на рис.3. 1) и в виде таблицы курсов и плавания по ним. Представление траектории в виде массива точек, координаты которых через 0,1 кбт в стесненных условиях и через 1 кбт в открытом море формируются в виде матрицы. В ней кроме траекторных точек $ТТ_1, \dots, ТТ_i, \dots, ТТ_n$ четко выделяются координаты точек начала $Т_{нц1}$ и окончания $Т_{кц1}$ перекладки руля при повороте, как показано на рис.3.2). Такой массив представляет собой заданный алгоритм управления движением судна. Внешние воздействия не могут его изменить. Корректировка может потребоваться только при появлении переменных ограничений в виде других судов или внезапно возникшей опасности. Управляя курсом и скоростью, судоводитель должен провести точку фактического положения судна, данные о котором поступают от блока 3, по линии заданного пути. Обычно при управлении судном в качестве такой точки принимают пересечение мидель – шпангоута и диаметральной плоскости. При этом полагают, что центр тяжести находится именно в ней.

Выявляются отклонения от заданного пути визуально, на экране индикатора, или автоматически в блоке 11 путем сравнения текущего $d_{тек}$ и допустимого отклонения $d_{зад}$. Если величина текущего отклонения $\Delta_{тек} = |d_{зад} - d_{тек}|$ меньше допустимого $\Delta_{зад}$, то блок 12 рассчитывает величину управляющего воздействия для приведения системы в заданное состояние в блоках 4 и/или 8. Если управление производится вручную, то при обнаружении недопустимого отклонения судоводитель дает команду на средства управления. В качестве меры величины $\Delta_{зад}$ должна служить радиальная СКО определения места судна, чувствительность человеческого глаза, которая позволяет

определить смещение либо соотношение ширины маневренного смещения и судоходной части морской акватории. С учетом точности современных дифференциальных спутниковых систем определения места и способности глаза обнаружить смещение величину $\Delta_{\text{зад}}$ можно принять равной 5 м.

С учетом результатов исследований, путей повышения безопасности судоходства в стесненных условиях, приведенных в работах [1-6], для обеспечения безаварийного плавания крупнотоннажных судов в опасных районах стесненных вод необходимо использование следующих инновационных технологий разработки заданного алгоритма планирования и управления движением.

Для этого необходимо: 1. Предварительно выполнить высокоточное планирование координат пути ТТ, что требует использования устройства расчета характеристик циркуляции, для определения криволинейных участков;

2. Определить безопасный режим движения, по условиям плавания в опасных районах стесненных вод;

3. Использовать навигационное устройство пересчета координат антенны приемного устройства определения места на центр тяжести;

4. Использовать навигационное устройство для определения положения полюса поворота (ПП) и ширины маневренного смещения по его значению;

5. Предварительно определить: величину допустимого маневренного смещения $\Delta_{\text{зад}}$; угол поворота в каждой ПТ, угол перекладки руля, интервал дискретизации при повороте; интервал дискретизации прямолинейных участков пути.

6. Использовать навигационное устройство предупреждения посадки судна на мель.

Выводы. Таким образом, безопасность плавания крупнотоннажного судна в опасных районах стесненных вод, ограниченных навигационными опасностями, обеспечивается комплексом мер по надлежащему высокоточному планированию безопасного пути, выбором соответствующего режима движения адекватного навигационным условиям и надлежащим контролем следования по заданной траектории, включая автоматизацию процесса определения бокового смещения и перепланировку заданного пути при недопустимом отклонении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А.С. Методологические основы маневрирования судов при сближении // А.С.Мальцев, В.В.Голиков., И.В.Сафин., и др.- Одесса : ОНМА, 2013.-218 с.

2. Шутов В.В. Управление состоянием мореплавания в условиях стесненных вод. Дисс. канд. техн. наук 05.22.19. –Мурманск, 2011. -130 с.

3. Мамонтов В.В. Алгоритмы и расчетные схемы оценки предыстории аварийного происшествия с судном. /В.В.Мамонтов// Судовождение: Сб. науч. трудов / ОНМА Вып.22 –Одесса: «ИздатИнформ», 2013. – С.144-154.

4. Раков А.И. Оценка районов плавания с использованием теории риска / А.И.Раков, В.В.Жибоедов [Текст] // Вісник Одеського національного морського університету / ОНМУ № 34, – Одесса, 2012. – С.189 –199.

5. Мальцев С.Э. Полюс поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография/ С.Э.Мальцев, О.Н.Товстокорый. – Херсон. ХГМА, 2016. – 124 с.

6. Соколенко В.И. Планирование заданного пути движения в стесненных условиях траекторными точками и контроль процесса движения./ В.И.Соколенко // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып..21 –Одесса: «ИздатИнформ», 2012. – С. 220-227.

К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ АКТИВНОГО ОБЪЕКТА

Прокопчук Ю.А.

*Институт технической механики НАНУ и ГКАУ
(Украина)*

Введение и постановка задачи. Среди важнейших факторов повышения интеллектуальности измерений в процессе функционирования АО – возможность автоматического построения модели процесса (получение новых системных знаний об изучаемом процессе или объекте); определение требуемой точности измерения входных параметров, снижение ресурсоемкости измерений, необходимых для решения той или иной задачи различения (управления); повышение отказоустойчивости информационно-измерительных систем (например, систем мониторинга) в условиях действия сильных повреждающих факторов; повышение робастности и способности добычи данных в условиях высокой неопределенности и зашумленности; автоматический контроль ошибок ввода данных; обеспечение внутреннего аудита измерений [1 - 8]. Важность построения такого класса моделей для АО обосновывается, например, в [2, 5, 8].

Решение перечисленных выше задач предполагает решение проблемы универсальной формализации взаимовлияния факторов при построении системной модели активного объекта (АО). Вместо поиска одной (числовой) закономерности, связывающей фактор с другими (как это имеет место, например, в статистических или нейросетевых моделях), парадигма предельных обобщений (ППО) [1] для каждого значения фактора в рамках любого домена ориентирует на формирование множества конкурирующих индукторов. На наш взгляд такой подход реализован природой в рамках «коннектома». Термин «коннектом» (от англ. connect – соединять, связывать) родился в начале 2000-х [7]. Им обозначили полное описание структуры связей в нервной системе. С тех пор коннектомикой называют компьютерный анализ строения естественных нейронных сетей (своего рода картографирование нейронных связей) и выявление возможных корреляций между структурой нейронных сетей и умственными способностями, а также поведением. Коннектом объясняет, почему мозг обладает такой потрясающей авто/гетеро-ассоциативностью. Себастьян Сеунг (Sebastian Seung) даже предложил научную метафору: «I Am My Connectome» [7]. В работе выдвигается предположение, что аналог биологического коннектома – искусственный коннектом – должен быть важной частью системной модели АО, в частности, системы смыслопорождения.

Системы смыслопорождения являются необходимой компонентой перспективных систем управления сложными системами, АО [3, 4]. Большое внимание развитию систем смыслопорождения уделяется зарубежными ИТ-корпорациями. Успешно развиваются IBM's Sensemaking System, The Sensemaking platform, Smart Sensemaking Systems, Google Deep Mind Alpha Go/Zero.

В работе предлагается способ построения перспективных распределенных (сетевых) систем смыслопорождения (СС), а также систем контроля и диагностики (СКД) АО на основе реконфигурируемых и самонастраиваемых измерительно-управляющих систем [4, 5]. Рассмотрены свойства изучаемого класса реконфигурируемых структур, в частности: функциональная отказоустойчивость (за счет диверсификации механизмов решения задач); тотальная авто/гетеро-ассоциативность и когерентность информации; самонастройка распределенных СКД; использование внешних вычислительных ресурсов для сбора и анализа Big Data; порождение сверхизбыточности и сверхразнообразия информации для выработки обобщенных правил анализа и управления в ситуациях неопределенности, например, нештатных ситуациях; предельное сжатие контролируемой

інформації с использованием инструментов парадигмы предельных обобщений; поддержка работы по событиям в режиме реального времени; использование биоинспирированных архитектур. Фундаментом подхода являются концепты «задачно-индукторное пространство» и «искусственный коннектор». Рассмотрим их более подробно.

Задачно-индукторное пространство. Если задана реальная система, элементы которой обмениваются сигналами, веществом или энергией (далее — сигналы), то каждый элемент системы характеризуется набором подмножеств элементов, которые своими сигналами в совокупности определяют эволюцию состояния данного элемента. Один элемент может иметь несколько таких подмножеств (областей влияния, индукторов) [6]. В этом случае реакция элемента должна быть согласована по сигналам от разных индукторов, и это накладывает ограничение на совокупность возможных состояний всей системы.

Главным свойством индукторов является транзитивность влияния. Оно состоит в том, что элементы системы могут передавать по цепочке воздействие на некоторый объект, входящий в систему (элемент или совокупность элементов). Единственное, что для этого требуется, это чтобы каждый элемент цепочки входил в область влияния следующего за ним элемента цепочки. Таким образом, правильно описанная система областей влияния должна быть замкнута относительно операции расширения областей влияния по таким цепочкам. Это свойство положено в основу определения класса индукторных пространств (ИП) [6]. Операциональная замкнутость и когерентность (включающая транзитивное замыкание) являются также одними из ключевых свойств когнитивных систем [1].

На ИП можно определить процессы, как функции, зависящие в каждой точке от входных воздействий, распределенных в точках ее индукторов, что значительно обобщает понятие процесса в теориях автоматов, дифференциальных уравнений и разностных схем.

В [1] отмечается, что для адекватного описания действительности нужны расширенные когнитивные архитектуры, которые могут кодировать знания в различных формализмах, связывать их друг с другом и использовать их для поддержки интеллектуального поведения более гибко и эффективно. В рамках парадигмы предельных обобщений [1 - 4] любую ситуацию действительности или процесс предлагается описывать с помощью банка элементарных тестов $\{\tau\}$, каждый из которых задается орграфом доменов или конфигуратором теста $G(\tau)$.

Конфигуратором теста называется процедурная реализация орграфа доменов [1]. Общую схему конфигураторов с использованием синтаксиса лексических деревьев можно представить следующим образом:

```
Тест [ ^ Тест... ] [# ТестX... ] {
  Dom_N [ ^Dom_N... ] [#DomX... ] { ; ; }   [ {{On}_N } ] [ {{S, R}_N } ] [ {{Ag}_N } ]...
  Dom_2 [ ^Dom_2... ] [#DomY... ] { ; ; }   [ {{On}_2 } ] [ {{S, R}_2 } ] [ {{Ag}_2 } ]
  Dom_1 [ ^Dom_1... ] { ; ; }               [ {{On}_1 } ] [ {{S, R}_1 } ] [ {{Ag}_1 } ]},
```

где ‘Тест’ – название теста; ‘^ Тест...’ – список условных обозначений теста; ‘# ТестX...’ – список ссылок на более общие тесты; ‘Dom_K’ – название K-го домена; ‘^Dom_K...’ – список условных обозначений K-го домена; ‘#DomX...’ – ссылка на домены предки; { ; ; } – список альтернативных элементов домена; {{On}}_j – онтологические соглашения; {{S, R}}_j – автоассоциативные модели знаний (S – синдромы, коды; R – предвестники); {{Ag}}_j – агенты (рой, колония, стая, сообщество). Каждый элемент домена может иметь собственный список обозначений, которые также играют роль символов групп обобщения. Элементы доменов могут содержать параметры, которые обеспечивают однозначность вычислительных схем в зависимости от тех или иных факторов, например, пола. Порядок размещения доменов в конфигураторе – сверху вниз и слева направо – означает рост точности значений теста за счет большей детализации

(увеличения числа элементов). В упорядоченной последовательности доменов метки элементов любого домена явно задают однозначные правила перерасчета значений из текущего домена в другой, размещенный выше или слева (транзитивные вычисления). Пример конфигуратора для теста «Температура»:

Температура ^Темп {Т4 {Норма ^2; Отклонение ^1 3} [{S, R}Т4]
 Т3 {Низкая ^1; Норма ^2; Повышенная ^3 4} [{S, R}Т3]
 Т2 {Низкая ^1 [35,0; 36,5]; Норма ^2 (36,5; 36,9]; Повышенная ^3 (36,9; 38,0];
 Высокая ^4 (38,0; 42,0]} [{S, R}Т2]
 Т1 {[35,0; 42,0]} [{Ag}Т1]}.
 $G(\text{Темп}) = \{Т1 \{Ag\}_{Т1} \rightarrow Т2 \{S, R\}_{Т2} \rightarrow Т3 \{S, R\}_{Т3} \rightarrow Т4 \{S, R\}_{Т4}\}.$

Онтологические соглашения задаются экспертами и отражают профессиональные (бытовые) знания. Они могут быть как детерминированными (дедуктивными), так и вероятностными или нечеткими. Модели знаний формируются автоассоциативно. Они являются основой *искусственной интуиции* [1] и модели «континуум задач». Последняя обеспечивает «быстрые решения» (прототип ургентных вычислений - Urgent Computing или Extreme Computing). Таким образом, в одной когнитивной структуре объединяются основные виды знаний – онтологические (внешние, социальные), имплицитные (эволюционные) и процедурные, отражающие распространение энергии, включая «созревание» Z-задач.

Для каждого значения домена заданы как минимум четыре класса индукторов: транзитивные вычисления по иерархии доменов (обобщают данные первичных измерений); вычисления на основе онтологических соглашений; вычисления на основе автоассоциативных моделей знаний; вычисления на основе агентных моделей. Расчетное значение теста *должно быть согласовано по сигналам от разных индукторов*, и это накладывает ограничение на совокупность возможных состояний всей системы, обеспечивая системную целостность. Если имеет место расхождение вывода по любому значению любого домена, то ИС должна информировать об этом пользователя, что существенно повышает *функциональную устойчивость критических технологий* (Service-Oriented Conflict Resolution Control Architecture). В работах [1, 3] раскрывается механизм формирования и работы задачно-индукторного пространства.

Важно отметить, что любой домен является одновременно и Z-задачей различения (задачи диагностики, прогнозирования, выбора управления). Для решения той или иной когнитивной задачи (Z-задачи) формируется множество прецедентов с известными исходами $\Omega = \{\alpha\{\underline{z}/T\}, \underline{z}/Z\}$, где $Z = \{1, \dots, N\}$ – множество заключений (различий, диагнозов, прогнозов, управлений); $\{\underline{z}/T\}$ – множество значений тестов. Z-задачи вместе с другими тестами формализуют акты различения. Активизация любого значения автоматически запускает в решение и дозревание соответствующий домен-задачу. Активизируется не только «дозревание» задач, но также запускается поиск решения данных задач (какими бы «зрелыми» не были инструменты). С течением времени инструменты совершенствуются, соответственно, улучшается оценка, прогноз, так происходит совершенствование механизмов искусственной интуиции. Общая схема решения Z-задач различения рассматривается в [1].

Искусственный коннектом. Опишем процесс автоматического и имплицитного формирования микро-коннектома на основе банка тестов $\{G(\tau)\}$ [1]. Пусть имеется кадр данных $\{\tau/T_0\}$ и банк тестов $\{G(\tau)\}$. Без потери общности примем, что каждый тест входит в кадр не более одного раза. Поток данных представляет собой текущую совокупность всех кадров $\cup_t \{\tau/T_0\}_t$.

Построение «коннектома» на основе потока данных с кадром $\{\tau/T_0\}$ означает следующее: 1) фиксируется текущее множество данных; 2) фиксируется произвольный тест $z \in \{\tau\}$; 3) фиксируется произвольный домен Z из $G(z)$; 4) все данные z-теста в потоке $\cup_t \{\tau/T_0\}_t$ преобразуются к домену Z, следовательно, возникает Z-задача с базой

прецедентов $\Omega = \cup_i \{ \tau/T_0 \}_i$; 5) для новой Z-задачи формируются базисы моделей знаний (новые множественные индукторы значений теста). Процедура повторяется для всех $z \in \{ \tau \}$ и всех доменов Z из $G(z)$. После добавления нового кадра обновляются все авто/гетеро-ассоциативные модели знаний «коннектома» СС/СКД. Ключевой результат состоит в выполнении творческих операций разнообразного типа, в переводе информации одной модальности в информацию другой модальности. Чем из более отдаленных зон смыслового пространства взяты элементы проблемы, составляющих кадр $\{ \tau/T_0 \}$, тем более креативным является процесс решения.

Накопление опыта в процессе глубокого анализа мониторируемых данных, подключение в процессе эксплуатации новых алгоритмов-модулей (агентов), нештатные ситуации приводят к реконфигурации фрагментов СС/СКД. С помощью распределенных СС и СКД формируются инвариантные коды-признаки аппаратной и функциональной исправности контролируемой бортовой аппаратуры, реализуется технология быстрого вычисления характеристик функционирования АО. СС и СКД эффективно формируют правила принятия решений в каузально бедной среде, т.е. отсутствует проблема комбинаторной сложности обучения. Благодаря когерентности, категоризации и кодированию отсутствует комбинаторная сложность вычислений, что критически важно при ограниченных ресурсах АО.

Выводы. Предлагаемый подход позволяет строить интеллектуальные системы СС/СКД АО нового поколения, которые отличает высокая распределённость и параллельность, гибкость и эффективность, производительность, масштабируемость, надежность и живучесть, что позволяет решать экстремально сложные задачи в реальном времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прокопчук Ю.А. набросок формальной теории творчества. Монография. - Днепр : ГВУЗ «ЛПАСА», 2017. - 452 с.
2. 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.
3. Прокопчук Ю.А. Когнитивные или «осмысленные» измерения на базе систем смыслопорождения // Праці VIII міжнародної школи-семінару «Теорія прийняття рішень» (Ужгород, 26 вересня – 1 жовтня 2016 р.). – Ужгород: УжНУ, 2016. - С. 227 – 228.
4. Прокопчук Ю.А. Построение систем смыслопорождения на основе парадигмы предельных обобщений // Реєстрація, зберігання і обробка даних. — 2014. — Т. 16, № 1. — С. 88-96.
5. 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.
6. Коганов А. В. Индукторные пространства, как средство моделирования. «Вопросы кибернетики» (Алгебра, Гипергеометрия, Вероятность, Моделирование) / А. В. Коганов; под ред. В. Б. Бетелина. – М. : РАН, 1999. – С. 119-181.
7. Seung, Sebastian (2012). Connectome: How the Brain's Wiring Makes Us Who We Are (1 ed.). New York, New York: Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company.
8. Лобан А. В. Информационная технология распределенного диагностирования космических аппаратов. - Москва-Берлин: Директ-Медиа, 2015. – 146 с.

ПРЕДИКТИВНА МОДЕЛЬ ДВИГУНА В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ

Прохоренко А.О., Кравченко С.С., Таланін Д.С.

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
(Україна)*

Самойленко Д.Є.

*Політехніка Варшавська
(Польща)*

Вступ. Інтернетом речей (Internet of Things, IoT) називається сукупність фізичних пристроїв, транспортних засобів та інших технічних об'єктів, оснащених електронікою, програмним забезпеченням, датчиками, приводами і мережним підключенням, які дозволяють цим об'єктам самостійно збирати і обмінюватися даними. При цьому кожен такий об'єкт унікально ідентифікується через вбудовану обчислювальну систему і здатний взаємодіяти з іншими об'єктами в рамках існуючої інфраструктури всесвітньої мережі Internet [1]. За оцінками експертів, до 2020 року Інтернет речей буде складатися з близько 50 мільярдів пристроїв [2].

«Спілкування» речей проводиться через «хмарні» інформаційні технології за допомогою спеціального протоколу обміну даними MQTT (Message Queueing Telemetry Transport), який є стандартом для IoT через його полегшену службу інформацію, моделлю публікації/підписки і двонаправлену можливість.

Починаючи з 2017 року поняття «Інтернет речей» поширюється не тільки на кіберфізичні системи для приватного застосування, але і на промислові об'єкти. Так, розвиток розподіленої мережевої інфраструктури в АСУ ТП (Industrial Control System) привів до появи Industrial Internet of Things (IIoT), що дозволяє значно поліпшити можливості економії часу і коштів виробництва для промислових підприємств за рахунок зв'язку всіх своїх процесів на рівні виконавців.

До таких технологічних процесів відносяться, в тому числі, дослідні випробування і експлуатація двигунів внутрішнього згорання. Безсумнівно, що впровадження повної або часткової автоматизації в життєвий цикл цих виробів дозволить значно підвищити їх технічний рівень, якість і швидкість виробництва, комфортність експлуатації.

Актуальність досліджень, постановка задачі. Виходячи з вищевикладеного - актуальність завдання, вирішенню якого присвячена дана робота, є безперечною. Таким чином, завданням виконаних досліджень є розробка та практична перевірка концепції впровадження IIoT в життєвий цикл двигуна внутрішнього згорання на прикладі створення предиктивної математичної моделі, що призначена для управління та/або інтерактивного моніторингу технічного стану двигуна за поточними показниками його роботи. Схема відповідних функціональних інформаційних процесів представлена на рис. 1.

Результати досліджень. Основні постулати створення та використання предиктивної моделі двигуна внутрішнього згорання є такими:

Модель оснований на багатомірній табличній інтерполяції залежностей показників двигуна від його поточного режиму роботи, який, в свою чергу, характеризується парою параметрів: частота обертання колінчастого валу – ефективний крутний момент

Базові таблиці для такої моделі синтезуються за результатами комплексних стендових випробувань еталонного двигуна і можуть включати показники паливного та повітряного споживання, генерації забруднюючих речовин, теплового балансу та ін.

Для алгоритмізації висновків про поточний технічний стан об'єкта (двигуна) потрібна глибока аналітична робота зі створення експертної системи online-моніторингу.

Необхідно також додати, що предиктивна модель може бути як статична (діагностична, MPD – Model Predictive Diagnostics) так і більш складна – динамічна (для управління перехідними режимами, MPC – Model Predictive Control).



Рисунок 1 - Функціонування предиктивної моделі двигуна

Основна технічна ідея реалізації поставленого в дослідженні завдання полягає в необхідності створення такої системи телеметрії, щоб під час роботи двигуна його параметри в режимі реального часу могли візуалізуватися й аналізуватися віддаленим користувачем. Тоді результати такого аналізу можуть бути використані як для прийняття подальших науково-інженерних рішень, так і для оперативного управління енергетичною установкою. Схематично концепт цієї ідеї проілюстрований на рис. 2. Тут IoT Broker – деякий ресурс мережі Internet, що дозволяє збирати, зберігати і надавати за запитом дані телеметрії.

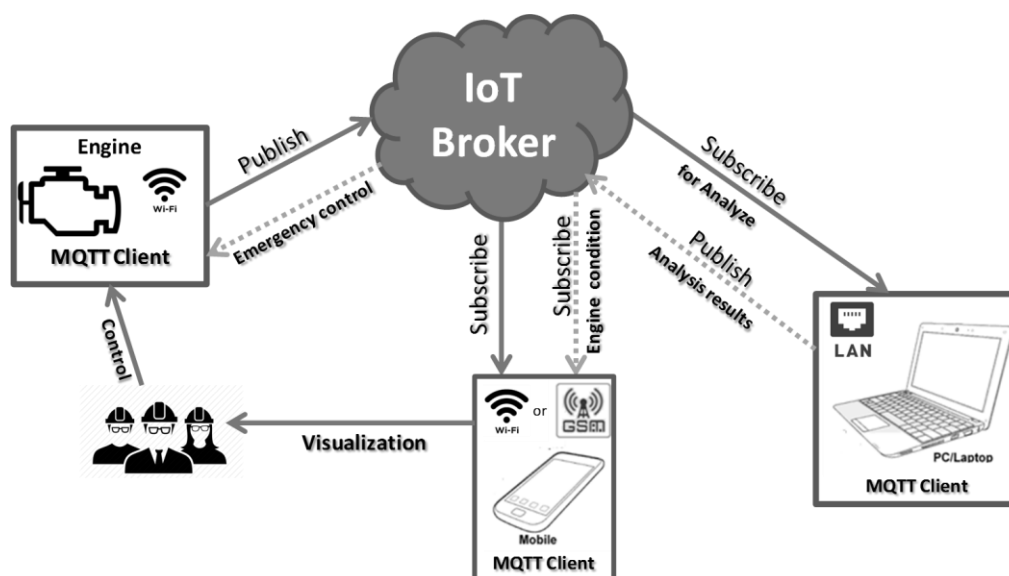


Рисунок 2 - Концепція впровадження MPD (MPC) через IoT

Реалізація запропонованої ідеї базується на розробленій авторами принциповій схемі маршрутизації потоків даних з урахуванням протоколів їх передачі, що

використовуються. Схему маршрутизації наведено на рис. 3. В основу цієї схеми покладено електронну систему керування паливopoдачею дизеля, склад і алгоритм роботи якої є відкритим і докладно описаний в роботах [3, 4]. Електронний керуючий пристрій двигуна базується на використанні мікроконтролера ATmega2560.

Internet-клієнтом електронного керуючого пристрою двигуна є модуль ESP8266, що працює за стандартом IEEE 802.11 передачі потоків цифрових даних по радіоканалу (Wi-Fi).

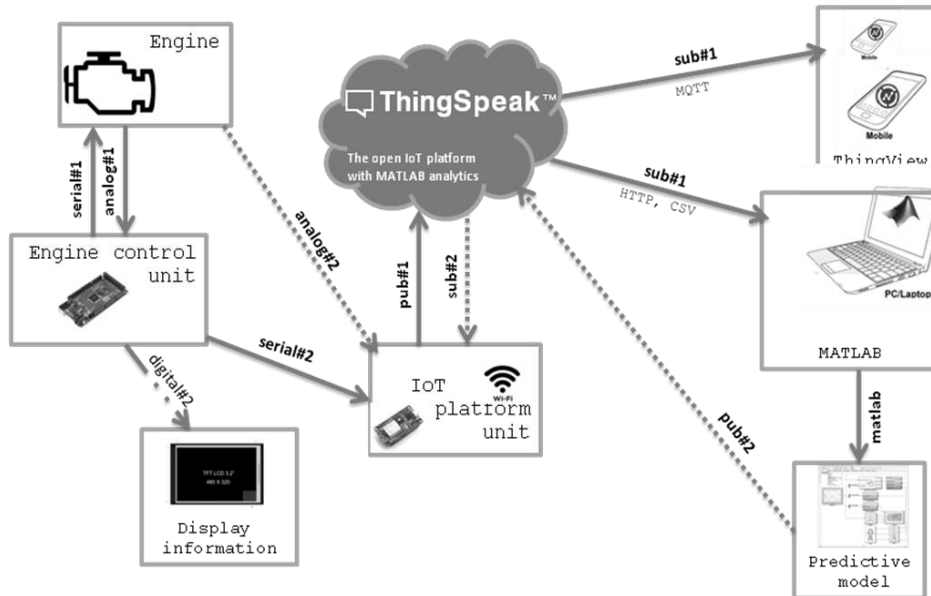


Рисунок 3 - Маршрутизація даних в Internet-хмарі

Даними, що передаються між пристроями ATmega2560 і ESP8266, є параметри роботи автоматичної системи регулювання подачі палива у вигляді величин: поточного положення органу управління двигуном, рейки ПНВТ і частоти обертання колінчастого валу. Решта режимних параметрів роботи двигуна надходять у вигляді сигналів аналогових датчиків безпосередньо на входні порти модуля ESP8266. Це величини: навантаження на двигун; витрати палива і повітря; тиск і температура повітря на впуску; температури охолоджуючої рідини, масла і відпрацьованих газів. На нашу думку, такого набору параметрів досить для побудови предиктивної статичної моделі роботи двигуна.

Основою експериментальної установки для перевірки викладеної концепції є дослідний одноциліндровий дизель потужністю до 50 кВт при частоті обертання колінчастого валу до 2500 хв-1. Розміри циліндра дизеля: діаметр 120 мм, хід поршня 140 мм. Це двигун відрізняється такими конструктивними особливостями: впорскування палива в циліндр здійснюється подачею палива високого тиску індивідуальним паливним насосом (Unit Pump System, UPS); система змащення - автономна, з сухим картером; система охолодження - рідинна, автономна, з окремими потоками охолоджуючої рідини в блок і головку циліндра; запуск двигуна здійснюється за допомогою електричного навантажувального пристрою, що входить до складу випробувального стенду; механізм урівноваження типу Lanchester; в голівці циліндра виконаний газовий канал для установки датчика для індиціювання. Двигун встановлений на випробувальному стенді, оснащеному всіма необхідними приладами і датчиками для проведення вимірювань параметрів його роботи.

В якості хмарного агрегатора і сховища даних запропоновано використовувати віддалений сервіс ThingSpeak™, а в якості аналізатора даних - інтегрований в нього математичний пакет MATLAB® [5]. Вибір саме цього ресурсу пояснюється зручністю використання середовища наукових та інженерних математичних обчислень MATLAB® для аналізу даних, побудови математичних моделей і візуалізації досліджень [6]. На

сервері ThingSpeak™ даний проект має власний канал, до якого відкритий публічний доступ за URL-адресою <https://thingspeak.com/channels/333933>.

Пакет MATLAB®, для підключення і управління даними на сервері ThingSpeak™, має в своєму складі спеціальні бібліотеки thingSpeakFetch і ThingSpeak Support Toolbox [7]. Результати обробки даних, що надходять, можуть бути відкриті для публічного доступу на сервері або використовуватися для локальних потреб, наприклад для створення предиктивної моделі. Приклад локальної візуалізації даних за допомогою пакета MATLAB® представлений на рис. 4.

Для моніторингу даних, що надходять на сервер ThingSpeak™ за допомогою мобільних Інтернет-пристроїв можна використовувати Android-додаток ThingView.

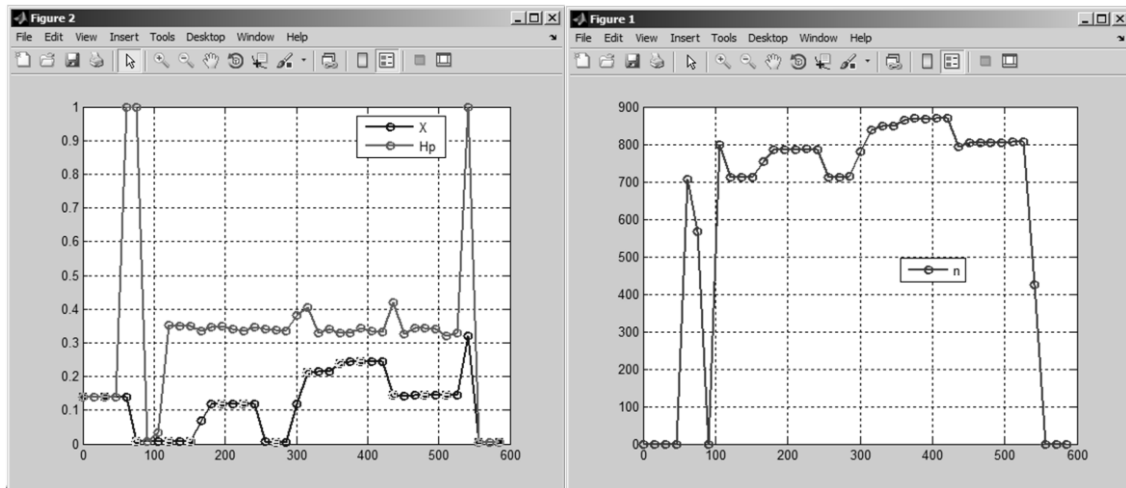


Рисунок 4 - Приклад обробки й візуалізації даних в середовищі MATLAB

Перспективними завданнями, які передбачається вирішити в рамках цього проекту, є: зменшення інтервалу дискретизації передачі пакетів даних до 1 с; синтез предиктивної математичної моделі дослідної установки і організація за її допомогою необхідних аналітичних обчислень; створення потоку даних зворотного зв'язку для організації віддаленого автоматичного (або «ручного») керування дизелем.

Висновки. Обґрунтовано структуру і загальний алгоритм предиктивної моделі роботи двигуна внутрішнього згорання. Запропоновано концепцію та розроблено схему впровадження предиктивної моделі роботи двигуна внутрішнього згорання з використанням технології «Інтернет речей». В якості агрегатора даних запропоновано використовувати хмарний сервіс ThingSpeak™, а в якості аналізатора – інтегрований в нього пакет MATLAB®. Розроблено схему роутингу даних в Інтернет-хмарі, що дозволяє зв'язати клієнтів, які використовують різні протоколи передачі даних. Практичне тестування розробленої системи показало її надійну працездатність, простоту у використанні і підтвердило правильність попереднього концептуального рішення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Brown, Eric. Who Needs the Internet of Things? The Linux Foundation. www.linux.com/news/who-needs-internet-things. Posted 13 September 2016.
2. Nordrum, Amy. Popular Internet of Things Forecast of 50 Billion Devices by 2020 Is Outdated. IEEE. spectrum.ieee.org/tech-talk/telecom/internet/popular-internet-of-things-forecast-of-50-billion-devices-by-2020-is-outdated. Posted 18 August 2016.
3. Прохоренко А.О., Кравченко С.С., Карягін І.М., Вовк Є.Г., Думенко П.І. Розробка універсального електронного регулятора частоти обертання колінчастого валу дизеля // Двигатели внутреннего сгорания. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. –№2 .

4. Prokhorenko A., Samoilenko D, Orlinski P., Bednarski M., Kravchenko S., Karyagin I. Subsystem of positioning the actuator for an electronic diesel control system, Journal of Machine Construction and Maintenance, vol. 1(108), 103-109, 2018. ISSN 1232-9312.
5. Learn More About ThingSpeak. The MathWorks, Inc. thingspeak.com/pages/learn_more. 2017.
6. Mawrey, Robert S. Developing an IoT Analytics System with MATLAB, Machine Learning, and ThingSpeak. The MathWorks, Inc. www.mathworks.com/company/newsletters/articles/developing-an-iot-analytics-system-with-matlab-machine-learning-and-thingspeak.html. Published 2016 - 93072v00.
7. ThingSpeak Support from Desktop MATLAB. The MathWorks, Inc. www.mathworks.com/hardware-support/thingspeak.html. 1994-2017.

WAVELIFTING-АРХІТЕКТУРА МІЖЕЛЕМЕНТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМ ДВИГУНОМ

Товкач С.С.

*Національний авіаційний університет
(Україна)*

Вступ. Сучасний розвиток машинобудування потребує створення мікро- та нанорозмірних механізмів, в яких існують вузли обробки інформації, роботу яких треба з великою гарантією надійності забезпечити протягом певного часу. Загальний принцип мініатюризації сучасної техніки також потребує створення елементів мікророзмірних машин. Крім того, успішно розвивається напрямок безресурсних технологій. Для таких вузлів обробки інформації виникають специфічні вимоги до їх роботи: висока надійність та заданий час функціонування, обмеженість подачі керуючих сигналів, малий рівень дисипації енергії у процесі обробки, відсутність шумових складових в каналах передачі інформації. Вдале вирішення цієї проблеми можливо лише за умов використання передових наукових розробок в області мікроелектронних технологій та розробки нових електромеханічних матеріалів, а також – використання сучасних уявлень щодо фізико-хімічних процесів, які відбуваються у внутрішніх та зовнішніх каналах обробки інформації.

Системи автоматичного керування авіаційними двигунами (САК ГТД), які відповідають концепції системи FADEC [1] та стандарту EUROCAE [2], характеризуються наступними ознаками:

- архітектурна побудова системи керування передбачає використання цифрових обчислювачів із застосуванням резервування інформаційних систем та електрогідравлічних приводів;

- алгоритмічне забезпечення систем керування формує налаштування коефіцієнтів керування за параметрами польоту для забезпечення оптимальних характеристик керованості.

В системах керування блоку попередньої обробки та аналізу інформації використовується дискретне вейвлет-перетворення (ДВП) із властивостями низької обчислювальної складності, компактності енергії, можливістю вибору базисних вейвлет-функцій з різною просторово-частотною локалізацією, гладкістю і симетрією.

Для створення адаптивних систем керування ГТД з оптимальними алгоритмами виконання функціональних задач стандартна реалізація ДВП передбачає використання значної кількості обчислювальних операцій, що суттєво збільшує обсяг необхідної пам'яті для обробки інформації. Тому виникає необхідність в удосконаленні алгоритмів вейвлет-перетворення шляхом побудови гнучкої схеми факторизації банку фільтрів – ліфтинг схеми (wavelifting) – в свою чергу, для розробки структури апаратної реалізації міжелементної взаємодії САК ГТД.

Ліфтингова схема. Ліфтингова схема вейвлет-перетворення або ліфтинг вейвлет-перетворення дозволяє конструювати біортогональні вейвлети та має наступні переваги перед класичною схемою вейвлет-перетворення [3]: висока швидкість обробки вейвлет-перетворення подібна швидкому перетворенню Фур'є; технологічність побудови нелінійних вейвлет-перетворень – переведення цілих чисел в цілі, що суттєво для апаратної реалізації і кодування без втрат; обернене перетворення має таку ж обчислювальну складність, як і пряме; можливість реалізації адаптивного вейвлет-перетворення для підвищення рівня деталізації на кожному кроці представлення інформації; опис перетворення Фур'є за допомогою аргументів просторової області.

Ліфтингова схема (рис.1) реалізується за допомогою чотирьох базових операцій: розбиття (S), прогнозування (P), оновлення (U), і масштабування (K).

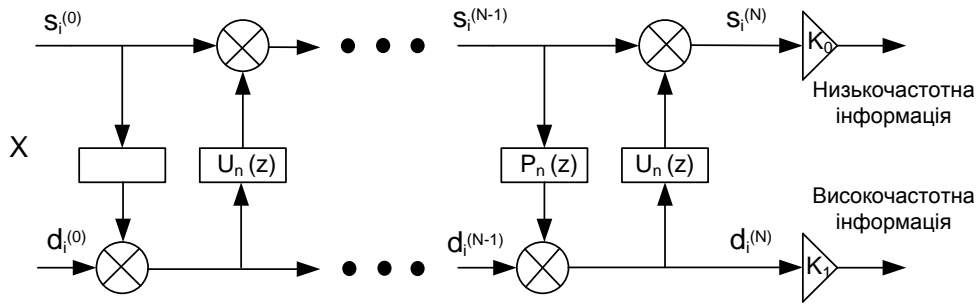


Рисунок 1 – Ліфтингова схема вейвлет-аналізу

Операція розбиття найчастіше реалізується за допомогою «лінійного» вейвлет-перетворення [4], коли вхідний сигнал розбивається на парні та непарні елементи:

$$s_i^{(0)} = x_{2i}; d_i^{(0)} = x_{2i+1}.$$

$$d_i^{(n)} = d_i^{(n-1)} + \sum P_n(k) s_k^{(n-1)}, n \in [1, 2, \dots, N]; s_i^{(n)} = s_i^{(n-1)} + \sum U_n(k) d_k^{(n)}, n \in [1, 2, \dots, N] \quad (1)$$

Так, при $N=1$; $P_1 = -\frac{1}{2}$; $U_1 = \frac{1}{2}$ – крок прогнозування визначається за формулою

$$d_i^{(1)} = d_i^{(0)} - \frac{1}{2}(s_i^{(0)} + s_{i+1}^{(0)}) \quad (2)$$

Слід відмітити, що $d_i^{(1)}$ відповідає значенням високошестотного фільтру та формуються значення, які відповідають обробці даних низькошестотним фільтром на основі інформації, отриманої на попередньому етапі: $s_i^{(1)} = s_i^{(0)} + \frac{1}{2}(d_{i-1}^{(1)} + d_i^{(1)})$.

Для банку фільтрів Добеші, при кількості рівнів $N=2$, використовуються чотири етапи для обчислення вейвлет-перетворення (рис.2). Вихід останнього етапу прогнозування множиться на коефіцієнт K_1 , а останнього етапу оновлення - на K_0 .

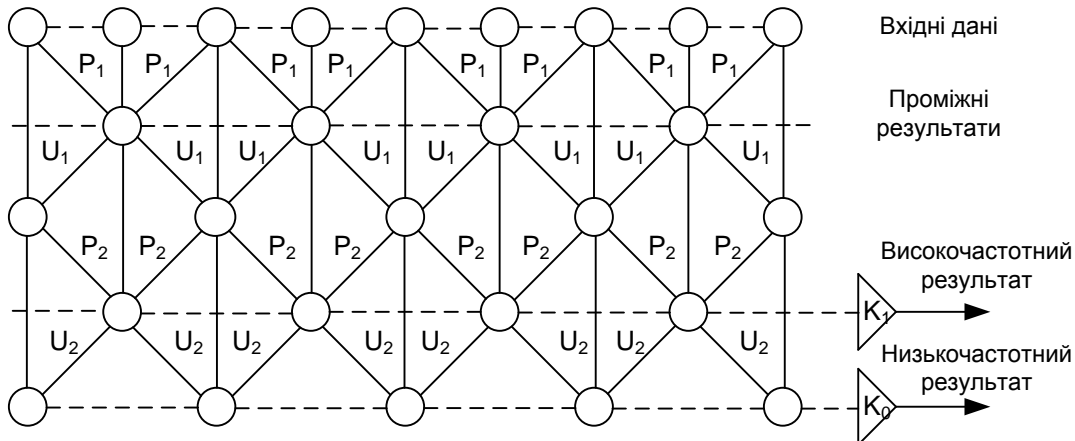


Рисунок 2 – Ліфтингова схема для банку фільтрів Добеші

Архітектура міжелементної взаємодії. Для апаратної реалізації ДВП використовуються послідовні (використання систолічних матриць [5] для зменшення розміру задіяної пам'яті в обчислювальному процесі) і паралельні (використовують процедуру чередування виходів [4,5] на основі ортогонального фільтру при одночасному введенні даних з будь-яких рівнів) архітектури.

На рис. 3. представлено два процесори обробки даних за строками і стовпцями матриці. Інформація із зовнішньої пам'яті зчитується за строками та визначає систолічну організацію обчислювального модуля (рис. 3, а).

Процесор обробки даних за стовпцями використовує принцип паралельної подачі вхідної інформації (рис. 3, б):

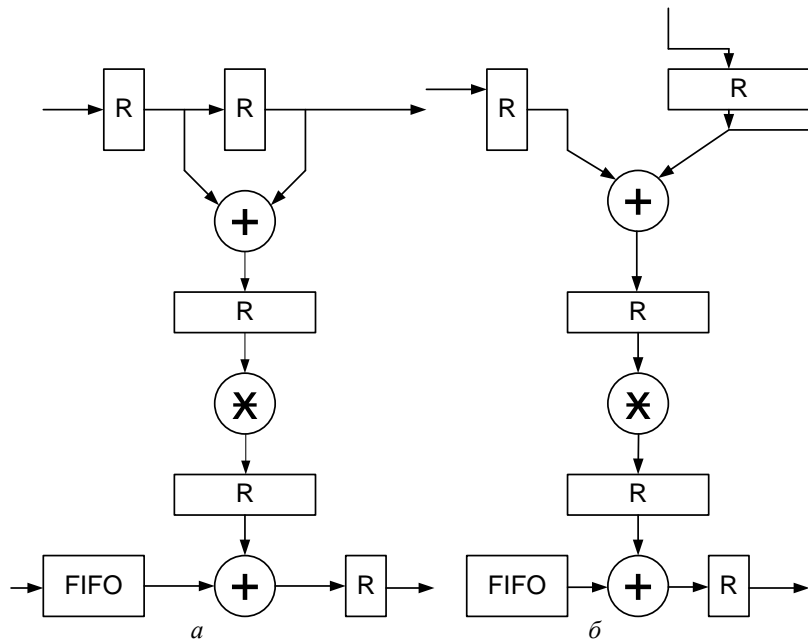


Рисунок 3 – Реалізація ліфтингової схеми: *a* - систолічна архітектура для процесора рядка; *б* - паралельна архітектура для процесора стовпця.

$$Predict\ 1 : d_i^1 = P_i(x_{2i} + x_{2i} + 2) + x_{2i+1}; Update\ 1 : s_i^1 = U_1(d_i^1 + d_{i-1}^1) + x_{2i}$$

$$Predict\ 2 : d_i^2 = P_2(s_i^1 + s_{i+1}^1) + d_i^1; Update\ 2 : s_i^2 = U_2(d_i^2 + d_{i-1}^2) + s_i^1$$

$$Scale\ 1 : s_i = K_1 \times s_i^2; Scale\ 2 : d_i = K_0 \times d_i^2$$

Row-процесор являє собою конвеєрний пристрій, в якому добуток замінюється операціями зсуву, додавання і віднімання. Дані із row-процесора зберігаються в буферній пам'яті до обробки достатнього числа рядків для обчислення коефіцієнтів P_1 та U_1 та початку аналізу стовпців. Поки процесор стовпців оброблює чергову із них, вибраних з пам'яті, процесор рядків здійснює аналіз наступної строки - далі процесори працюють синхронно.

Висновок. Розробка конвеєрної структури ДВП, яка орієнтується на імплементацію в кристалі програмованої логіки або в функціональність IP-core, та відрізняється від наведених аналогів меншими апаратними затратами в області реалізації АЛУ і розподіленої буферної пам'яті, що дозволить суттєво підвищити швидкодію, тактову частоту і енергоспоживання, а також зменшити вартість системи на кристалі, що є вагомим внеском в практичну реалізацію міжнародного стандарту IEEE.

Застосування wavelifting-архітектури дозволить створити високоефективні САК ГТД нового покоління із гнучкою, легко змінюваною структурою; зменшать масу і розміри; підвищать надійність САК (99,5%) та зменшать затрати на технічне обслуговування та ремонт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гуревич О.С. Системы автоматического управления авиационными газотурбинными двигателями / Под ред. О.С. Гуревича. – М.:ТОРУС ПРЕСС,2010. – 264 с.
2. EUROCAE [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://www.eurocae.net/>
3. Daubechies I. and Sweldens W. Factoring wavelet transforms into lifting steps. Bell Laboratories, Lucent Technologies. – 1996. – 368 p.
4. Majid Rabbani, Rajan Joshi. An overview of the image compression standard. Signal Processing: Image Communication. – 2000. – P. 3-48.
5. Acharya T. A high speed systolic architecture for discrete wavelet transforms, Proc. IEEE Global Telecommun. Conf. – 1997. – Vol. 2. – P. 669-673.

КЕРУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ ПОЛЮСУ ПОВОРОТУ НА ДВОГВИНТОВОМУ КОНВЕНЦІЙНОМУ СУДНІ

Товстокорий О.М., Мойсеєнко В.С.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. В роботі запропоновані принципи керування положенням полюсу повороту (ПП) на двогвинтовому конвенційному судні з носовим підрулюючим пристроєм у різних умовах маневрування.

Положення ПП під час маневрування грає дуже велику роль у виконанні запланованого маневру і можливість керувати цим положенням надає суттєві переваги для вірного та безпечного виконання маневру.

Змінюючи склад трастерів, що працюють, та перекладку пер керма, на судні, що не має ходу відносно води, можна перемістити ПП у будь-яке бажане положення відносно центру ваги вздовж діаметральної площини (від центру ваги до безкінечності вперед чи назад).

Актуальність досліджень. При оглядово-порівняльному способі керування судном оператору здається, що обертання відбувається навколо нього, в той час, коли фактично відбувається навколо полюсу повороту (ПП). В більшості випадків при такому маневруванні судна судноводій використовує окомірну оцінку та керує прикладенням керуючих впливів на підставі свого досвіду по керуванню конкретним судном та інтуїції.

Це призводить до невірної оцінки відстаней до орієнтирів та утворює передумови для виникнення аварійної ситуації. Навколо ПП відбувається обертання та кут дрейфу в ньому дорівнює 0° . При зміні точки прикладення поперечних сил положення ПП змінюється, що суттєво впливає на характер маневрування. Тому знання положення ПП дуже сильно впливає на успішність виконання запланованого маневру. Можливість зміни положення полюсу повороту може надати суднові нових можливостей у маневруванні.

Постановка задачі. Для вироблення алгоритму зміни положення ПП під час маневрів та надання рекомендацій необхідно виконати ряд експериментів на одному й тому ж судні з різними комбінаціями керма та рушіїв, визначити положення ПП та проаналізувати, яким чином ми можемо змінювати положення ПП під час маневрування.

Викладення матеріалу дослідження. Експерименти проводилися на тренажері DP - місток фірми TRANZAS. Для експерименту була обрана модель судна OSV 3 АН з конвенційною схемою розташування керма та рушіїв. Водотоннажність судна 5291т, довжина 80,4м, ширина 18,0м, осідання 6,6м, висота ока – 14м. Двигун – середньо обертовий дизель 2x6166кВт, гвинт – ГРК, максимальна швидкість 16,3 вузла. Має один носовий підрулюючий пристрій.

Під час обертання судна ПП може бути розташованим в одній з 5 принципових позицій, як на рисунку нижче.

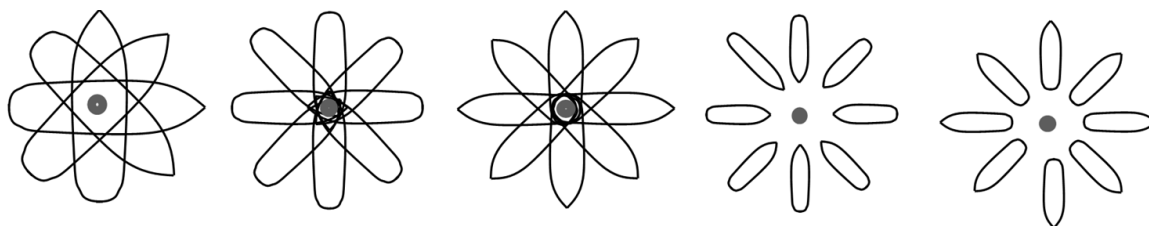


Рисунок 1 – Принципові позиції положення ПП

Експерименти проводилися наступним чином. Задавався режим руху судна (кут перекладки пер керма, напрямок та потужність роботи гвинтів та підрулюючого пристрою). На екрані висвітлювалось положення судна під час експерименту зі

збереженням попередніх положень. Крім того, на екрані висвітлювалася швидкість судна вперед-назад, а також тангенціальні швидкості носа та корми. Зображення експериментів зберігалось. Положення ПП визначалось за тангенціальними швидкостями.

Так, пустивши головні двигуни вроздрай (лівий вперед, правий назад) та надавши їм потужність в 50%, ліве кермо праворуч на борт, праве кермо прямо, НПП на стопі, отримали обертання судна праворуч з положенням ПП на міделі.

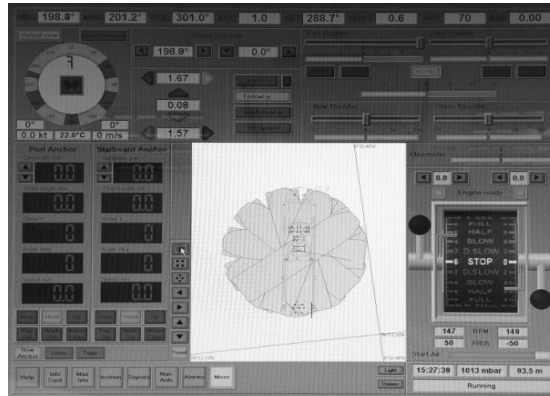


Рисунок 2 – Положення ПП на міделі під час обертання праворуч

Наступний експеримент. ГД вроздрай (лівий 60% вперед, правий 61% назад), праве кермо прямо, ліве кермо праворуч на борт, НПП ліворуч 40%. Отримали обертання судна праворуч з положенням ПП в носовій частині судна

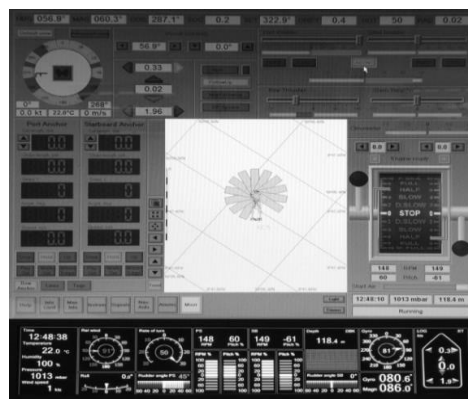


Рисунок 3 – Положення ПП у носовій частині судна під час обертання праворуч

Наступний експеримент. ГД вроздрай (лівий 40% вперед, правий 39% назад), праве кермо прямо, ліве кермо ліворуч на борт, НПП праворуч 40%. Отримали обертання судна праворуч з положенням ПП в кормовій частині судна

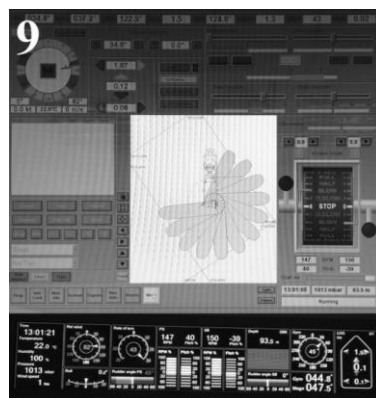


Рисунок 4 – Положення ПП у кормовій частині судна під час обертання праворуч

Наступний експеримент. ГД вроздрай (лівий 60% вперед, правий 70% назад), праве кермо прямо, ліве кермо праворуч на борт, НПП ліворуч 70%. Отримали обертання судна ліворуч з положенням ПП попереду носа судна.

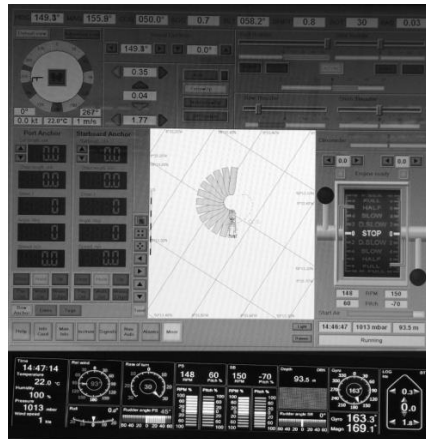


Рисунок 5 – Положення ПП попереду носа судна під час обертання ліворуч

Наступний експеримент. ГД вроздрай (лівий 60% вперед, правий 100% назад), праве кермо прямо, ліве кермо ліворуч на борт, НПП на стопі. Отримали обертання судна праворуч з положенням ПП позаду корми судна.

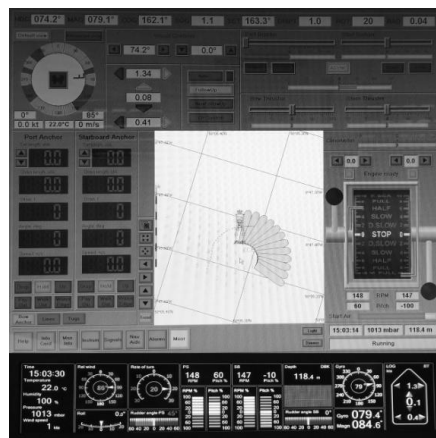


Рисунок 6 – Положення ПП позаду корми судна під час обертання праворуч

Наступний експеримент. ГД вроздрай (лівий 100% назад, правий 60% вперед), праве кермо праворуч на борт, ліве кермо прямо, НПП на стопі. Отримали обертання судна ліворуч з положенням ПП позаду корми судна.

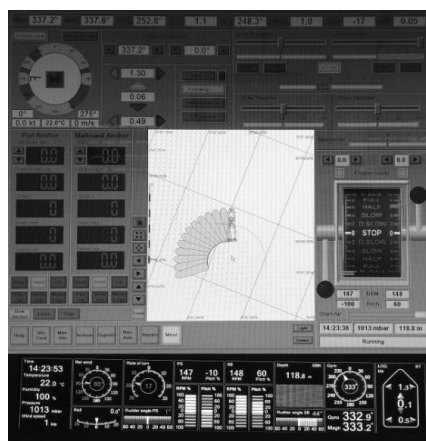


Рисунок 7 – Положення ПП позаду корми судна під час обертання ліворуч

Висновки. Таким чином, можна зробити висновки, що:

Отримані змістовні моделі переміщення ПП у потрібну позицію на борту конвенційного судна.

При відсутності руху судна вперед-назад на двогвинтовому конвенційному суднові в носовим підрулюючим пристроєм можна переміщувати ПП в будь-яке положення на лінії діаметральної площини шляхом зміни комбінації трастерів та пер керма. Це надає дуже великі можливості судноводієві під час маневрування на обмеженій акваторії.

При русі вперед при перекладці керма ПП займає класичне положення – в носовій частині судна. При русі назад обертання судна можна викликати роботою носового підрулюючого пристрою, який працює в такому випадку в ролі керма. ПП в такому разі зміщується в кормову частину судна.

На швидкості до 5 вузлів є можливість пересувати ПП за різних комбінацій трастерів та пер керма, але в декілька обмеженому варіанті. Основною ідеєю залишається переміщення ПП за допомогою узбічної сили на стороні від міделю, протилежній положенню ПП, яке нам бажано отримати.

ЛІТЕРАТУРА

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

ВАРИАНТЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЭУ

Худяков И.В., Погорлецкий Д.С.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

До 1991-го года в нашей стране за поддержание уровня технического состояния морских судов отвечали в основном парходства, в структуру которых помимо судов входили порты, судоремонтные базы, отделы планирования, мореходные школы и другие подразделения. Проводился систематический сбор данных о типичных отказах оборудования, которые впоследствии доводились до сведения изготовителя и учитывались при модернизации изделий и проектировании судов.

В 1960-е - 1980-е годы существовали две концепции поддержания технического состояния и обеспечения надежности оборудования. Первая из них регламентировала списание оборудования после выработки им назначенного изготовителем ресурса (концепция «Эксплуатации до выработки заявленного ресурса»). Этот вариант отличается простотой и позволяет еще на стадии проектирования предусмотреть и распланировать даты ремонта, потребность в запасных частях и в новом оборудовании для замены выработавшего ресурса.

Несмотря на то, что ресурс назначается, как правило, с некоторым запасом в безопасную сторону, практика показала, что такой подход не позволяет полностью исключить вероятность возникновения аварий в связи с преждевременным выходом из строя оборудования, поскольку срок его службы в общем случае является случайной величиной. При неблагоприятном сочетании отклонений от норм при изготовлении, монтаже и техническом обслуживании ресурс может оказаться ниже заявленного. Кроме того, этот метод не всегда экономически оправдан в связи с тем, что нередко механизм, выработавший «календарный» ресурс остается в годном техническом состоянии.

Задача перехода от концепции «Эксплуатации до выработки заявленного ресурса» к «Эксплуатации с возможностью продления периода эксплуатации после выработки назначенного ресурса с учетом фактического технического состояния» и планированием необходимого резерва запасных частей решалась отечественными изготовителями оборудования совместно со специалистами научных институтов: Центрального Научно-Исследовательского Института Морского Флота, Центрального Научно-Исследовательского Института им. академика Крылова, Центрального Научно-Исследовательского Дизельного Института, Гипрорыбфлота и других организаций.

При этом отмечалось, что в будущем целесообразно совершить переход к третьей концепции - к «Управлению техническим состоянием судового оборудования исключительно по фактическому состоянию» с осуществлением научно-обоснованной оценки надежности на заданный период эксплуатации.

Необходимо отметить вклад отечественных ученых и научных коллективов, работавших в области, связанной с решением вопросов повышения надежности СЭУ и других объектов морской техники: работы, посвященные повышению надежности судовых двигателей внутреннего сгорания, выполненные Медведевым В. В., Румбом В. К., Семионичевым С. Р., (СПбГМТУ), работы посвященные надежности СЭУ, выполненные Ефремовым Л. В. (ИПМаш РАН), работы Б. А. Горелика (СПбГМТУ) в области анализа надежности судовых систем и трубопроводов, разработки по повышению надежности дизельных двигателей и винто-рулевых колонок, в том числе с применением систем мониторинга технического состояния и вибродиагностики, выполненные Е. С. Голубом, В. А. Сорокиным и Розенбергом Г. Ш. (ЗАО «ЦНИИМФ»), работы по повышению надежности корпусов морских и речных судов с использованием анализа риска, выполненные под руководством Г. В. Егорова (ЗАО «МИБ-СПБ»), работы Туркина В.А., Никитина А.М. (ГМА им. адмирала Макарова) и других исследователей.

Однако к началу 90-х годов переход к управлению техническим состоянием судового оборудования исключительно по фактическому состоянию не был выполнен в связи с несколькими факторами, одним из которых являлось отсутствие в мире подходящего инструмента, который позволял бы провести систематизированный анализ судна для комплексной оценки его состояния и прогноза изменения уровня его безопасности.

С целью создания такого инструмента в 1996 г. в ИМО была создана специальная рабочая группа. По результатам ее работы в 2001 г. было разработано «Руководство по формализованной оценке безопасности (ФОБ) для использования в процессе нормотворчества».

Для цели исследования руководства по оценке безопасности необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ условий работы и отказов элементов СЭУ для того, чтобы выявить факторы, определяющие их надежность;
- разработать структурную модель, описывающую состав элементов СЭУ современных судов, техническое состояние которых существенно влияет на уровень надежности установки;
- создать уточненные математические модели отказов элементов СЭУ, базирующиеся на физических законах и учитывающие закономерности протекающих в СЭУ процессов, с использованием современных численных методов;
- в связи с тем, что на срок службы элементов СЭУ оказывают влияние разнообразные факторы, а проведение многократно повторяющихся натурных исследований надежности различных вариантов СЭУ невозможно, необходимо создать модель для имитации функционирования и взаимодействия элементов системы с учетом случайных факторов;
- реализовать разработанные модели в едином программном комплексе;
- на основании результатов экспериментальных исследований и обмеров элементов СЭУ оценить адекватность разработанных моделей, проверить эффективность применения разработанного программного комплекса;
- разработать и применить на практике методику принятия технических решений, направленную на обоснованное увеличение срока эксплуатации элементов СЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Христенко В. Б. Об основных направлениях развития гражданской морской техники на 2009-2016 годы, доклад Министра промышленности и энергетики Виктора Христенко на заседании Правительства РФ 8 ноября 2007
2. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу: утверждена приказом Минпромэнерго РФ от 06.09.2007 // Судостроение. 2007. - №6.
3. Артюхов В. Г. Перспективы развития российского судостроения: интервью // Морская политика России, ФГУП «ЦНИИ «Центр» 2009, http://www.cniicentr.ra/news/?ELEMENT_ID=353
4. ИМО. MSC Circ. 829/MEPC Circ.355 Interim guidelines for the application of formal safety assessment (FSA) to the IMO rule-making process: Circulars issued by The Maritime Safety Committee of IMO.
5. Хан Дж. Дж., Доганаксой Н., Микер У. К. Анализ надежности с учетом видов отказов. // Методы менеджмента качества. 2009. № 6. с. 38-45.
6. Роль России в работе ИМО должна возрастать // Морской флот. 2006. №4.
7. Динамика и причины изменения численности флота с классом ФГУ «Российский Речной Регистр» в 2000-2004 г.г./ С. В. Преснов // Информационные материалы Российского Речного Регистра ИМРРР-6, Выпуск шестой - М. 2006.

СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОРСКИХ ПРИВЯЗНЫХ СИСТЕМ С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Блинцов В.С., Трунин К.С.

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
(Украина)*

Введение. Среди разнообразной океанской техники особое место занимают морские привязные системы (МПС), охватывающие широкий класс технических систем (ТС), о чём свидетельствует их классификация [1]. Разработанная классификация МПС свидетельствует об их многообразии. Использование ГС в МПС осуществляется на границе двух сред – воздушной и морской, что предъявляет к ним повышенные требования. Математическое описание как статики, так и динамики ГС и МПС в целом свидетельствует о сложности данного процесса. Кроме того, уникальность ГС состоит в самой конструкции: возможность воспринимать растягивающие нагрузки и практически невозможность воспринимать сжимающие нагрузки также накладывает свои ограничения. В связи с этим и накладывались различные ограничения на математическое описание ГС: они рассматривались как невесомая нить, упругие стержни и т.п.

Одним из важных элементов МПС является гибкая связь (ГС), в качестве которой могут применяться стальные и синтетические канаты, грузонесущие кабели, кабель-тросы (КТ) и другие гибкие элементы [2], способные передавать как механические усилия, так и обеспечивать при необходимости энергетическую и информационную связь между модулями МПС и носителем (судном, подводной лодкой, воздушным средством и т.п.).

Использование математических моделей в последнее время находит всё более широкое применение в различных областях науки и техники. Определив систему, подлежащую анализу, и выбрав критерии, обычно разрабатывают математическую модель объекта, основанную на известных уравнениях Ньютона, Бернулли, Эйлера и характеризующую его поведение при определенных внешних воздействиях [3]. Математическая модель позволяет при минимальных затратах времени и средств теоретически проверить по выбранному критерию проект с учетом любых его изменений без необходимости строить и испытывать физическую модель [4, с. 6]. Применение математического моделирования при проектировании в большинстве случаев позволяет отказаться от физического моделирования, значительно сократить объемы испытаний и доводочных работ, обеспечить создание технических объектов с высокими показателями эффективности и качества. Одним из основных компонентов системы проектирования в этом случае становится математическая модель [5, с. 8].

Актуальность исследования. Как отмечается в [6, с.12], при создании движущихся под водой привязных систем и аппаратов изучение вопросов их динамики, силового воздействия среды и судна-носителя, вопросы управления и стабильности движения являются первостепенными. Наиболее существенной особенностью динамики подводных привязных и буксируемых систем (ППС и ПБС), усложняющей ее по сравнению с известной теорией движения в жидкости и газе автономных твердых тел (самолетов, подводных и надводных судов), является необходимость учета влияния ГС как системы с распределенными параметрами, также взаимодействующей с потоком жидкости.

При проектировании и эксплуатации МПС, например, ППС с самоходными подводными аппаратами (СПА) как разновидности МПС, стационарные задачи, в которых объекты занимают неизменное положение в пространстве при неизменных характеристиках потока и воспринимают постоянные во времени внешние нагрузки, являются квазистатическими [7]. Состояние системы описывается уравнениями статики,

хотя действующие на нее силы по своей природе гидродинамические. Динамическая задача для рассмотренной системы связана с гидродинамической. Опыт проектирования и эксплуатации систем с СПА для задач шельфа показывает, что в уравнениях движения элементов таких систем допустимо использование упрощенных выражений для внешних сил, присоединенных масс жидкости, гидродинамических сил потока жидкости. Динамика процессов учитывается инерционными членами уравнений движения, динамическими составляющими элементов систем в жидкости.

В расчётах КТ, канатов и шлангов их телесность, поперечные размеры сечения указываются только при определении гидростатических и гидродинамических внешних нагрузок. При определении пространственной формы и внутренних усилий этих линий их моделируют абсолютно гибкой нитью, обладающей, тем не менее собственной массой, весом, гидродинамическим сопротивлением [8].

Физические свойства элементов технической системы описываются компонентными уравнениями. Параметры компонентов реальной физической системы обычно непостоянны и представляют собой некоторые функции фазовых координат и их производных. Для осуществления проектирования конкретного технического объекта необходима его математическая модель и формализация понятия «оптимальный». В этом и заключается существо постановки задачи [5,с.338].

Анализ проектных задач при создании МПС, например ППС и ПБС, показывает, что значительную теоретическую сложность и наукоёмкость приобретают расчёты гибких связей МПС, прочности и надёжности их элементов. В связи с этим возникают задачи разработки моделей функционирования МПС в квазистационарных режимах работы, математических моделей динамики МПС, создания комплекса для компьютерного моделирования квазистационарных и динамических режимов работы МПС [9]. В связи с увеличением рабочих глубин использования МПС возникает актуальность совершенствования теории и методов проектирования гибких связей МПС, уточнения существующих методик расчётов. Это обусловлено тем, что существующие методы расчёта и проектирования либо являются упрощёнными и не учитывают действительные нагрузки и характер нагружения ГС МПС или являются довольно сложными и громоздкими для конструкторов–проектантов и требуют значительных затрат времени для их выполнения.

Постановка задачи. До сих пор практически не исследована динамика ГС – модели динамики применительно к конкретным схемам (новым задачам механики ГС) и конкретным возмущениям [9]. Существующие расчёты ГС (математические модели), в том числе и проектные, используются в основном для идеальных круглых сечений. Однако в рамках проектных исследований необходимо учитывать изменение собственных характеристик ГС во времени в течение длительной эксплуатации:

- при гидростатическом обжатии ГС меняет свою форму от идеальной окружности;
- происходит существенное растяжение ГС по длине, в том числе и жил кабелей, расположенных внутри ГС, вследствие чего меняется сопротивление ГС;
- происходит неравномерное старение и износ оболочек и оплетки кабелей ГС, изготовленных из различных материалов;
- меняется характер внешних воздействий на ГС;
- изгибная жёсткость должна также моделироваться и учитываться в математических моделях;
- необходимо учитывать поперечную вибрацию ГС в потоке воды в квазистатической и локальной динамике, поскольку при классических методах расчётов она не учитывается.

Результаты исследований. Создана ММ двух связанных элементов ГС МПС, которая позволяет разработать алгоритм расчёта динамики ГС при её больших перемещениях. Разработанная ММ МПС позволяет решать следующие задачи [10]:

1. Определять изменение формы ГС и сил её натяжения в процессе маневрирования СН и ПА с учётом морских волн, подводных течений, ветровых нагрузок на СН, глубины моря и её изменения в заданной акватории, массы и упругих свойств ГС.
2. Определять относительное положение СН и ПА в процессе их маневрирования.
3. Определять резонансные режимы растяжения ГС и максимальные нагрузки на ГС для оценки её прочности в процессе маневрирования СН и ПА.
4. Определять режимы маневрирования МПС, приводящие к образованию петель ("колышек") на ГС.
5. Определять режимы маневрирования МПС, приводящие к вибрации плохообтекаемых ГС в потоке.

Получен алгоритм моделирования динамики ГС, позволяющий выполнять расчёты динамики ГС МПС, и в дальнейшем перейти к разработке компьютерной программы, описывающей динамику МПС. Математическая модель динамики ГС свидетельствует о сложности их описания. На основе разработанной математической модели определена система уравнений, описывающая динамику элемента ГС в результате действия на неё внешних сил и реакций растяжения, изгиба и поворота [11].

На основе разработанной математической модели определена система уравнений, описывающая динамику элемента ГС в результате действия на неё внешних сил и реакций растяжения, изгиба и поворота. Получен алгоритм моделирования динамики ГС, позволяющий выполнять расчёты динамики ГС МПС, и в дальнейшем перейти к разработке компьютерной программы, описывающей динамику МПС [12].

Создана компьютерная модель (компьютерная программа) динамики МПС с ГС, позволяющая моделировать ГС в составе МПС от 38 до 67 заданных параметров МПС и совершенствовать проектирование МПС с ГС [13].

Проведено тестирование компьютерной программы модели динамики морской привязной системы (МПС), которое показало работоспособность программы, позволило отладить её и использовать в дальнейшем для проведения практических расчётов параметров МПС с ГС [14].

Выводы. Научная проблема совершенствования проектирования МПС с ГС требует разработки новых методов расчётов и проектирования ГС МПС. Анализ проектных задач при создании МПС (ППС и ППС) показывает, что значительную теоретическую сложность и наукоёмкость приобретают расчёты ГС МПС, прочности и надёжности их элементов. В связи с этим возникают задачи разработки моделей функционирования МПС в квазистационарных режимах работы, математических моделей динамики МПС, создания комплекса для компьютерного моделирования квазистационарных и динамических режимов работы МПС.

Предложенная методика проектирования МПС с ГС, основанная на математической и компьютерной моделях динамики ГС МПС позволяет исследовать различные режимы эксплуатации практически всех классов МПС, разработать рекомендации по прогнозированию возможных нагрузок для проектирования их элементов, усовершенствовать существующие методы расчёта и проектирования МПС с ГС и довести их до уровня инженерного приложения

Предложенная методика проектирования МПС позволяет отказаться от использования физического моделирования режимов функционирования МПС с ГС, связанного с проведением натурных испытаний в открытом море, что даёт существенную экономию финансовых, материальных и человеческих ресурсов.

Только спомощью компьютерной модели удалось решить данную задачу и то, – с определёнными ограничениями. Более того, разнообразие эксплуатационных задач привело к усложнению и дальнейшему совершенствованию разработанной компьютерной модели описания динамики ГС: при исследовании процесса буксировки вначале в компьютерной модели учитывались 38 параметров, а при исследовании аварийных режимов работы МПС при столкновения ГС с морским объектом в компьютерной модели

учитывались уже 67 параметров. Тестирование компьютерной модели показало её хорошую сходимость с ранее проведенными исследованиями.

Данная модель позволяет в дальнейшем совершенствовать разработанную математическую модель описания динамики ГС МПС. Разработанная компьютерная модель описания динамики МПС с ГС является мощным средством моделирования различных режимов эксплуатации и может быть чрезвычайно полезной для конструктора и инженера-разработчика МПС. Её использование практически позволяет отказаться от проведения дорогостоящих натуральных экспериментов. Данная модель позволяет в комфортных лабораторных условиях моделировать огромное множество эксплуатационных режимов ППС и ПБС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трунин К.С. Классификация морских привязных систем. // Збірник наукових праць Севастопольського військово-морського ордена Червоної Зірки інституту ім. П.С. Нахімова. – Севастополь: СВМІ ім. П.С. Нахімова, 2009. – вип. 1(16) – 233 с. - с. 77 – 89.
2. Трунин К.С. Классификация современных кабель-тросов для подводных исследований. Вісник наукових праць НУК, №3, 2013. – 0,9 д.а. - Електронне видання. : [Електронний ресурс]: Режим доступу: ev.nuos.edu.ua/material;jsessionid=b8c7265e40f48e8943237369aaac?publicationid=26740.
3. Трунін К.С. Проблеми математичного моделювання гнучких з'єднань морських прив'язних систем. // Матеріали II міжнародної НПК «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2010), 25-27 травня 2010 р. - Збірник наукових праць II міжнародної НПК, Том. 1. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2010. – С. 226-230.
4. Клейтон Б., Бишоп Р. Механика морских судов: Пер с англ.. – Л.: Судостроение, 1986.- 436 с.
5. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем: Ученик для вузов. – Мн.: Дизайн про, 2004. – 640 с.
6. Привязные подводные системы. Прикладные задачи статики и динамики. / Виноградов Н.И., Гутман М.Л., Лев И.Г., Нисевич М.З.– СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2000. – 324 с.
7. Блинцов В.С. Привязные подводные системы.- Киев: Наукова думка, 1998. – 231 с.
8. Блинцов В.С., Магула В.Э. Проектирование самоходных привязных подводных систем. – К.: Наукова думка, 1997. – 139 с.
9. Трунін К.С. Совершенствование проектирования гибких связей для морских привязных систем. Вісник наукових праць НУК, №1, 2013. Електронне видання: [Електронний ресурс]: Режим доступу: ev.nuos.edu.ua/material;jessionid=bd4785dda21cdafeb0091dca1d12?publicationId=22485.
10. Трунин К.С. Математическая модель двух связанных элементов гибкой связи морской привязной системы. // Збірник наукових праць НУК, №2, 2017. – С. 3-12.
11. Трунин К.С. Уравнения динамики элемента гибкой связи морской привязной системы // Збірник наукових праць НУК, №1, 2017. – С. 18-25.
12. Трунин К.С. Динамика морской привязной системы с гибкой связью // Збірник наукових праць НУК, №3, 2017. – С. 3-10.
13. Трунин К.С. Компьютерная модель динамики морской привязной системы с гибкой связью // Збірник наукових праць НУК, №4, 2017. – С. 3-13.
14. Трунин К.С. Тестирование компьютерной программы модели динамики морской привязной системы с гибкой связью // Судостроение и морская инфраструктура, №1, 2017. – С. 95-108.

УРАВНЕНИЕ ГРАНИЦЫ ОБЛАСТИ НЕДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СБЛИЖАЮЩИХСЯ СУДОВ

Бурмака И.А.

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

Введение. Стесненные воды являются сложнейшими по своим условиям районами плавания, поэтому стесненные районы плавания с особенно интенсивным движением оборудуются станциями управления движением судов (СУДС), предназначенными для контроля процесса судовождения и управления движением опасно сближающихся судов.

Эффективная работа СУДС требует разработки способов безопасного расхождения двух и более судов. Поэтому исследование вопросов управления судами, следующими опасными курсами сближения, в районах контроля СУДС, чему посвящен настоящий доклад, является актуальным и перспективным научным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций.

Обобщению понятия взаимодействия судов при возникновении угрозы столкновения посвящена работа [1], в которой предложена формализация МППСС-72. В работе [2] глубоко и разносторонне исследована проблема предупреждения столкновений судов и предложен метод гибких стратегий их расхождения, позволяющий формировать оптимальную стратегию расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом требований МППСС-72, имеющимися навигационными опасностями и инерционно-тормозными характеристиками судна.

Формализация взаимодействия судов при расхождении в рамках теории дифференциальных игр произведена в работах [3,4].

В монографии [5] освещен ряд особенностей задачи расхождения судов в море и приведен метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути.

В публикации [6] представлена модель доменов судов для предотвращения многоточечного столкновения с принятием решений с помощью COLREG на основе поля искусственного потенциала. Рассмотрены методы принятия решений по предотвращению столкновений с несколькими судами и составление плана планирования маршрута. В этом документе предлагается полный набор решений для предотвращения столкновения между несколькими кораблями в интеллектуальной навигации, используя организацию «сверху вниз» для структурирования системы. Система разработана с двумя уровнями: принятие решений о предотвращении столкновений и планирование маршрута. В соответствии с общими требованиями Международных правил предотвращения столкновений на суше (COLREG), анализ принятия решений о распределении распределенных маршрутов для борьбы со столкновением анализируется как для ситуаций, связанных с движущимися судами, так и для стоящих судов, включая чрезвычайные действия в случае отказа судна от принятия мер по предотвращению столкновений. Метод искусственного потенциального поля (АПФ) используется для планирования пути в деталях. Разработанный метод АПФ в сочетании с моделью судовой области, учитывающей скорость и курс целевых судов, чтобы он мог более точно определять движущиеся характеристики препятствий. Результаты моделирования показывают, что предлагаемая система может работать эффективно.

Формулировка целей работы (постановка задачи).

Целью данного доклада является определение уравнения границы области недопустимых значений скоростей одного судна и курсов другого при их взаимном сближении.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Возможности безопасного расхождения опасно сближающихся судов возрастают при использовании маневра расхождения, в котором одно из судов изменяет курс, сохраняя неизменной скорость, а второе судно на постоянном курсе может снижать свою скорость. В этом случае целесообразно рассмотреть область Ω_{kv} на плоскости $K_1 \times V_2$, границу которой составляют точки (K_1, V_2) , удовлетворяющие условию $\min D(K_1, V_2) = d_d$.

В работе [7] представлена процедура формирования области опасных курсов Q_k , которая отображается на расширенной плоскости курсов судов. Совокупность точек параметров движения судов (K_1, K_2, V_1, V_2) , которые удовлетворяют уравнению:

$$\sin(K_2 - \varphi) = \frac{V_1}{V_2} \sin(K_1 - \varphi) \quad (1)$$

является границей области недопустимых параметров. В приведенном уравнении $\varphi = \alpha \pm \arcsin \frac{d_d}{D}$, α и D - соответственно пеленг и дистанция между судами, а d_d - предельно-допустимая дистанция сближения судов.

Из выражения (1), с учетом обозначения $\gamma^{(1,2)} = \alpha \mp \arcsin(\frac{d_d}{D})$, граница области Ω_{kv} аналитически описывается с помощью формулы:

$$\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)}) = \frac{\sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})}{V_1} V_2.$$

Обозначая $\mu^{(1,2)} = \frac{\sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})}{V_1}$, получим $V_2^{(1,2)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)})}{\mu^{(1,2)}}$. Откуда следует, что существует две границы, на которых достигается равенство $\min D = d_d$:

$$V_2^{(1)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1)})}{\mu^{(1)}} = \frac{V_1}{\sin[K_2 - (\alpha + \arcsin \frac{d_d}{D})]} \sin[K_1 - (\alpha - \arcsin \frac{d_d}{D})],$$

$$V_2^{(2)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(2)})}{\mu^{(2)}} = \frac{V_1}{\sin[K_2 - (\alpha - \arcsin \frac{d_d}{D})]} \sin[K_1 - (\alpha + \arcsin \frac{d_d}{D})]. \quad (2)$$

При изменении скорости торможением значения скоростей $V_2^{(1,2)}$ должны удовлетворять условию $V_{2n} > V_2^{(1,2)} \geq 0$, где V_{2n} - начальная скорость судна. Обращаем внимание, что граничным значениям 0 и V_{2n} скорости $V_2^{(1,2)}$ соответствуют, согласно (2) следующие значения курса K_1 :

$$K_1(V_2^{(1,2)} = 0) = \alpha \mp \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(1,2)},$$

$$K_1(V_2^{(1,2)} = V_{2n}) = \gamma^{(1,2)} + \arcsin[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})].$$

Выводы. Таким образом, получены аналитические выражения границ области недопустимых значений параметров движения сближающихся судов, с помощью которой возможна оценка ситуации сближения.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н.Цымбал, И.А.Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. Кудряшов В. Е. Синтез алгоритмов безопасного управления судном при расхождении с несколькими объектами / В. Е. Кудряшов // Судостроение. – 1978.- №5. – С. 35-40.
4. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. - Vol. 2. - London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285-1292.
5. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Фенікс, 2013. – 180 с.
6. Wang T.F., Yan X.P., Wang Y., Wu Q.: Ship Domain Model for Multi-ship Collision Avoidance Decision-making with COLREGs Based on Artificial Potential Field. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation, Vol. 11, No. 1, pp. 85-92, 2017.
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.

УГЛОВЫЕ УСКОРЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ КАЧКЕ СУДНА

Власенко Е.А.

Национальный Университет «Одесская морская академия»

(Украина)

Введение. Ряд вопросов безопасности мореплавания требует постоянного исследования в соответствии с современными запросами торгового флота. К таким вопросам относится обеспечение мореходного состояния судна, которое в определяющей мере зависит от корректности его загрузки.

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

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Проблеме обеспечения надлежащего уровня мореходной безопасности судов посвящен ряд работ. В работах [1, 2] рассмотрены основные принципы обеспечения мореходной безопасности судов. Вопросам проведения безопасных грузовых операций судов посвящены работы [3, 4]. Общие принципы оптимизации грузовых операций навалочных судов рассмотрены в работе [5]. Учету особенностей загрузки генеральных грузов и выбору ее оптимального варианта посвящены работы [6-8].

Формулировка целей работы (постановка задачи). Целью доклада является определение аналитических выражений, описывающих угловые ускорения, которые возникают при качке судна.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

В общем случае движение судна характеризуется шестью степенями свободы и описывается шестью связанными дифференциальными уравнениями. В работе [9] показано, что для расчета линейных ускорений в первом приближении можно применить линейные модели бортовой, килевой и вертикальной качки, используя соответствующие изолированные уравнения. Как указывается в работе [1], уравнения поперечной, продольной и вертикальной качки в ситуации поиска сил инерции, воздействующих на груз, можно рассматривать независимо. При этом определяющей является бортовая качка, порождающая доминирующие силы инерции. Поэтому вначале приведем уравнение бортовой качки, воспользовавшись дифференциальным уравнением, описывающим угол крена θ судна, которое приведено в работе [9]:

$$(J_x + m_x)\ddot{\theta} + \mu_x \dot{\theta} + Dh_o \theta = \chi_\theta Dh_o \sin \omega_k t, \quad (1)$$

где J_x - момент инерции судна относительно продольной оси X-X;

m_x - обобщенные присоединенные массы воды относительно той же оси X-X;

μ_x - коэффициент демпфирования относительно оси X-X;

D - водоизмещение судна (сила тяжести);

h_o - поперечная начальная метацентрическая высота;

χ_θ - редуцированный коэффициент при бортовой качке;

ω_k - кажущаяся частота волнения.

Уравнение (1) записывается в виде:

$$\ddot{\theta} + 2h\dot{\theta} + \omega_o^2 \theta = \chi_\theta \omega_o^2 \sin \omega_k t, \quad (2)$$

где $h = \frac{\mu_x}{2(J_x + m_x)}$ – коэффициент затухания;

$\omega_o^2 = \frac{Dh_o}{(J_x + m_x)}$ – собственная частота судна при бортовой качке.

Уравнение (2) является линейным неоднородным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами, и его решение является суммой частного решения θ_r и решения соответствующего однородного уравнения. Так как амплитуда собственных затухающих колебаний судна достаточно быстро обращается в ноль, то уравнение бортовой качки, как стационарный процесс, согласно работе [9], можно характеризовать только вынужденными колебаниями судна относительно оси X-X под воздействием регулярного волнения:

$$\theta = \theta_o \sin(\omega_k t - \psi), \quad (3)$$

где $\theta_o = \frac{\chi_\theta \omega_o^2}{[(\omega_o^2 - \omega_k^2)^2 + 4h^2 \omega_k^2]^{1/2}}$ – амплитудное значение угла крена;

$\psi = \arctg\left(\frac{2h\omega_k}{\omega_o^2 - \omega_k^2}\right)$ – начальная фаза.

В работах [1, 9] показано, что в случае продольной качки судно совершает вынужденные колебания с частотой качки ω_k , так же как и при поперечной. Изолированное уравнение продольной качки и его решение по своей структуре аналогично поперечной качке, т.е. содержит собственные затухающие колебания судна и вынужденные гармонические колебания с частотой качки. Поэтому выражение для текущего значения угла дифферента β также описывается вынужденными гармоническими колебаниями с частотой качки ω_k :

$$\beta = \beta_m \sin(\omega_k t - \psi_\beta), \quad (4)$$

где β_m – амплитудное значение угла дифферента β ;

ψ_β – начальная фаза продольных колебаний.

Аналитические выражения для β_m и ψ_β имеют следующий вид:

$$\beta_m = \frac{\chi_\beta \omega_{o\beta}^2}{[(\omega_{o\beta}^2 - \omega_k^2)^2 + 4h_\beta^2 \omega_k^2]^{1/2}}, \quad \psi_\beta = \arctg\left(\frac{2h_\beta \omega_k}{\omega_{o\beta}^2 - \omega_k^2}\right).$$

где χ_β – редукционный коэффициент при килевой качке;

$\omega_{o\beta}$ – собственная частота судна при килевой качке;

h_β – коэффициент затухания при килевой качке.

В работе [1] указывается, что вертикальная поступательная качка вызвана орбитальным движением судна, которое считается круговым с радиусом, равным половине высоты волны. Вертикальное поступательное движение ζ носит гармонический характер с частотой качки ω_k и описывается выражением:

$$\zeta = \zeta_o \sin(\omega_k t), \quad (5)$$

где $\zeta_o = 0,5h_w$ – амплитудное значение вертикального перемещения, причем h_w – высота волны.

Полученные выражения (3), (4) и (5) позволяют рассчитать угловые ускорения от качки судна, для чего необходимо найти вторые производные переменных θ , β и ζ , которые имеют следующий вид:

$$\ddot{\theta} = -\theta_o \omega_k^2 \sin(\omega_k t - \psi).$$

$$\ddot{\beta} = -\beta_m \omega_k^2 \sin(\omega_k t - \psi_\beta),$$

$$\ddot{\zeta} = -\zeta_o \omega_k^2 \sin(\omega_k t).$$

Выводы. Анализ последних выражений показывает, что угловые ускорения при прочих равных условиях определяются моментами инерции судна относительно продольной и поперечной осей и начальной метацентрической высотой, которые зависят от загрузки судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сизов В.Г. Теория корабля. – Одесса: Феникс, 2003. – 282 с.
2. Воробьев Ю.Л. Гидродинамика судна в стесненном фарватере. – СПб.: Судостроение, 1992. – 224 с.
3. Мельник В.Н. Эксплуатационные расчеты мореходных характеристик судна. – М.: Транспорт, 1990. – 142 с.
4. Теория и устройство судов / Ф.М. Кацман, Д.В. Дорогостайский, А.В. Конов, Б.П. Коваленко. – Л.: Судостроение, 1991. – 416 с.
5. Васьков Ю.Ю. Некоторые вопросы оптимизации грузовых операций навалочных судов // Судовождение. – № 6. – 2003. – С. 40 – 45.
6. Чепок А.О. Отображение параметров посадки, остойчивости и общей продольной прочности в грузовой компьютерной программе судна / Чепок А.О. // Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 19. – Одесса : «ИздатИнформ», 2010. – С. 198–200.
7. Чепок А.О. Разработка процедуры отображения укладки генерального груза в трюмах судна / Чепок А.О. // Судовождение : Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 20. – Одесса : «ИздатИнформ», 2011. – С. 243–246.
8. 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.
9. Справочник по теории корабля. Т.2. Под редак. Войтунского С.И. - Л.: Судостроение, 1985. – 440 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ КРЕНО-ДИФЕРЕНТНОЮ СИСТЕМОЮ САМОХІДНОГО ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА-РОБОТА ТРАНСПОРТНОГО ТИПУ

Войтасик А.М.

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

Ненаселені підводні апарати-роботи (НПАР) являють собою самохідні керовані по кабель-тросу (КТ) підводні транспортні засоби, які використовуються як носії пошуково-вимірювальної апаратури, маніпуляторів, наукової та воєнної техніки при дистанційному виконанні широкого кола задач.

По цільовому призначенню і особливостям технічного оснащення НПАР розділяють на два великих класи: пошуково-інспекційні і робочі. Перший клас НПАР призначений для пошуку, візуального і приладового обстеження підводних об'єктів за допомогою: відео і фотокамер; гідроакустичних локаторів кругового, секторного і бічного огляду; профілографів та ін.. Другий клас НПАР призначений для виконання подібних підводно-технічних робіт, але вже в більш складних природних умовах. Для цього на НПАР робочого класу встановлюють потужні рушійно-кермові комплекси (РКК), гідравлічні та електричні станції, багатопроменеві ехолоти, тросорізи, маніпулятори та інше начіпне обладнання.

Одним з таких представників НПАР є самохідний прив'язний підводний апарат-робот транспортного типу (СППАР-Т) [1]. Основне призначення такого виду техніки - транспортування сумірних за масою і габаритами корисних вантажів для установки, розгортання та згортання на морському дні [2]. На теперішній час, в НУК ім. адм. Макарова активно виконуються роботи з розробки та виготовлення діючого макету СППАР-Т.

При виконанні підводної місії з установки корисного вантажу на морське дно при застосуванні СППАР-Т існує науково-практична задача стабілізації параметрів крену та диференту СППАР-Т під час реалізації підводної технології розгортання та згортання корисного вантажу на морському дні [3].

Корисний вантаж (КВ), який має бути встановлений на морському дні, представляє собою два окремо розташовані та зв'язані кабелем модулі автономної радіогідроакустичної станції (АРГАС) [4]:

- модуль-1, призначений для прийому та обробки акустичних сигналів;
- модуль-2, призначений для забезпечення передачі отриманої інформації на береговий пост за допомогою радіолокації.

При установці корисного модуля-1 на морське дно крено-диферентні параметри СППАР-Т змінюються [5]. Для подальшого виконання підводної місії необхідно стабілізувати положення СППАР-Т у просторі. Це можна реалізувати комбінуючи застосування баластно-вирівнюючих цистерн (регулювання диференту) та пересування стабілізуючих вантажів (регулювання крену).

При необхідності компенсувати наявність або відсутність одного з модулів КВ, оператор СППАР-Т, відповідно до показників акселерометра встановленого на борту підводного транспортного засобу, регулює положення крену та диференту. Таким чином, основним призначенням запропонованої крено-диферентної системи (КДС) є стабілізація СППАР-Т у підводному просторі під час виконання робіт з установки КВ на морському дні.

Оскільки маса СППАР-Т, а також його центр мас зміщується відносно КВ, це призводить до погіршення його маневрових здібностей. Система допоміжних баластів

регулюється за допомогою стисненого повітря, оскільки такий спосіб є найбільш ефективним.

Окрім зміни кутів крену та диференту КВ також впливає на саму плавучість СППАР-Т, тому задачею КДС є також регулювання власної плавучості підводного технічного засобу.

Регулювання диференту (рис. 1) реалізується чотирма баластними цистернами, ЕК, обмежуючим редуктором та балону зі стисненим повітрям для заповнення баластних цистерн.

Регулювання крену реалізується переміщенням стабілізуючих вантажів з одного борту СППАР-Т на інший. Всього застосовано два механізми переміщення, що знаходяться в носовій та кормовій частині підводного технічного засобу.

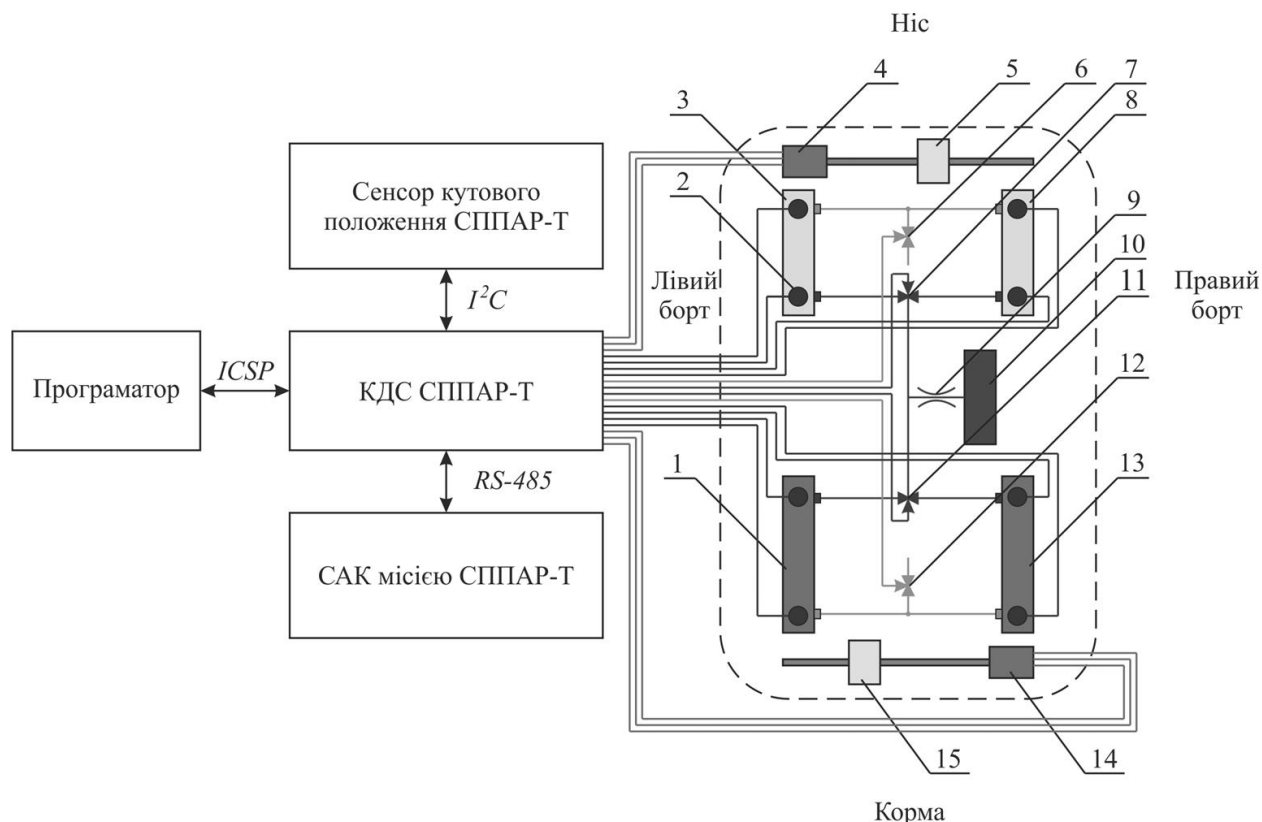


Рисунок 1 – Структура крено-диферентної системи СППАР-Т

1, 13) – кормові баластні цистерни; 2) – сигналізатори рівня води; 3, 8) – носові баластні цистерни; 4, 14) – мотор-редуктори; 5, 15) – стабілізуючий вантаж; 6, 12) – ЕК для випуску повітря; 7, 11) – ЕК для заповнення баластних цистерн повітрям; 9) – обмежуючий редуктор; 10) – балон зі стисненим повітрям

Автоматичне підтримання заданих значень кутів крену і диференту СППАР-Т забезпечується підсистемою керування КДС як складовою системи автоматичного керування СППАР-Т. Така підсистема має чотири основні режими роботи:

- режим первинного вивішування СППАР-Т у морській воді перед початком виконання підводної місії;
- режим встановлення та стабілізації заданих кутів крену чи/та диференту СППАР-Т у процесі установки КВ на морське дно;
- режим встановлення та стабілізації заданих параметрів крену чи/та диференту СППАР-Т перед його посадкою на розташований на морському дні КВ з метою захоплення манипулятором та підйому на поверхню;

– режим створення додаткової підйомної сили СППАР-Т для фази відриву КВ від ґрунту.

Після встановлення модулю-1 на морське дно відкриваються вентиля для заповнення водою в носовій частині СППАР-Т, таким чином компенсується кут диференту. Баластні цистерни розраховані таким чином, щоб можна було випустити лише 90% повітря і цим компенсувати зміну плавучості підводного технічного засобу. Для вирівнювання кута крену ВСПН застосовується носовий механізм переміщення стабілізуючих вантажів. Аналогічно виконується і робота з модулем-2 при застосуванні кормових баластних цистерн і кормового механізму переміщення стабілізуючих вантажів.

В конструкцію баластних цистерн (рис. 2) входить два електромагнітних клапана (ЕК), конструктивні отвори та датчики рівня заповнення, в якості яких виступають ємнісні сигналізатори рівня води.

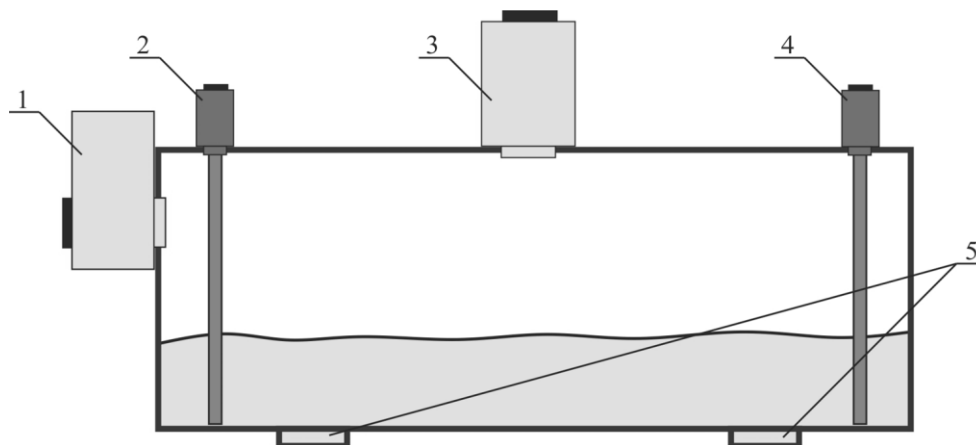


Рисунок 2 – Конструкція баластної цистерни

- 1) – ЕК випуску повітря; 2) – сигналізатор носової частини ПА;
- 3) – ЕК заповнення повітрям; 4) – сигналізатор кормової частини ПА;
- 5) – конструктивні отвори

Для заповнення баластних цистерн відкривається ЕК для випуску повітря, а вода проходить через конструктивні отвори до моменту покриття водою верхньої частини роз'єму ЕК, або до припинення команди оператором підводного технічного засобу. Аналогічним чином працює система заповнення повітрям, де під тиском повітря вода виходить через відповідні конструктивні отвори.

Для відображення стану заповнення баластних систем встановлюються ємнісні сигналізатори, де при наближенні рівня води спрацьовує замикання реле.

Висновок. В роботі наведено структуру крено-диферентної системи СППАР-Т та підсистем автоматичного керування нею. Запропоновані технічні рішення матимуть суттєвий вплив на динаміку руху СППАР-Т, якість його маневрування в товщі води та можливість застосування при подоланні сил збурюючих впливів на його корпус.

ЛІТЕРАТУРА

1. Войтасик, А.М. Прив'язний самохідний підводний апарат-робот транспортного типу як об'єкт керування [Текст] / А.М. Войтасик // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції: – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2017. – С. 183-185.

2. Войтасик, А.М. Самохідний прив'язний підводний апарат-робот транспортного типу як інструмент для вирішення задач спеціального призначення [Текст] / А.М. Войтасик // Розмінування акваторій: проблеми, теорія, практика та міжнародний досвід: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції: – Кам'янець-Подільський:

Центр розмінування Головного Управління Збройних Сил України, 2017. – Ч.1 – публікація без нумерацій

3. 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.

4. Войтасик, А.М. Сучасні задачі автоматизації керування підводним апаратом-роботом спеціального призначення [Текст] // А.М. Войтасик // Сучасні проблеми автоматики та електротехніки: Матеріали всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2017. – С. 57-59.

5. Лукомский, Ю.А. Системы управления морскими подвижными объектами [Текст] / Ю.А. Лукомский, В.С. Чугунов // Ленинград: Судостроение, 1988. – 272 с.

СПОСОБ ВЫБОРА КУРСА УКЛОНЕНИЯ СУДНА ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО РАСХОЖДЕНИЯ

Волков Е.Л.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Вступление. В настоящее время число столкновений судов остается на высоком уровне, что в значительной мере обусловлено несовершенной процедурой выявления ситуации опасного сближения, а также отсутствием простого способа оперативного выбора безопасного маневра расхождения. Маневр расхождения изменением курса судна является предпочтительным при наличии достаточного водного пространства, поэтому следует сформировать способ выбора маневра уклонения судна для безопасного расхождения.

Актуальность исследования. Задача выбора оптимального маневра расхождения, как отмечается в работах [1-3], очень сложная, так как процесс управления движением судна является многомерным с нелинейными и нестационарными характеристиками, причем задача носит игровой характер.

Понимание содержания автономной судовой системы уклонения от столкновения (Collision avoidance) и её теоретическое обоснование излагается в работе [4].

Анализируемые работы вносят значительный вклад в теорию решения проблемы предупреждения столкновений судов, однако они не содержат рекомендаций по оперативному выбору маневров расхождения.

В последнее время появились исследования по проблеме обеспечения безопасного расхождения судов методами внешнего управления с использованием недопустимых областей курсов или скоростей судов [5]. Предлагаемый подход к решению проблемы предупреждения столкновения судов целесообразно использовать и при локально - независимом управлении процессом расхождения [5] с использованием недопустимых областей параметров движения судна, которые могут быть реализованы с помощью компьютера в виде оперативной процедуры выбора маневра расхождения судна. Этому вопросу посвящена настоящая работа.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является рассмотрение процедуры оценки опасности сближения судна с целью и, в случае необходимости, выбор судном маневра расхождения изменением курса с помощью области недопустимых параметров движения судна.

Результаты исследования. Как указывается в работе [5], в зависимости от соотношения скоростей судна V_1 и цели V_2 при изменении курса судна K_1 возникает особенность изменения относительного курса K_{ot} . В случае $V_1 > V_2$ величина первой

производной $\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$ положительна для всех значений K_1 , поэтому при изменении курса

K_1 относительный курс K_{ot} может принимать любые значения от 0 до 2π . Если же $V_1 < V_2$ отображение множества относительных курсов в множество истинных курсов

судна не является однозначным, так как первая производная $\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$ может иметь как

положительный, так и отрицательный знаки, т. е. каждому относительному курсу, кроме экстремальных, соответствует два значения истинного курса судна, а при изменении курса K_1 судна в диапазоне от 0 до 2π относительный курс K_{ot} будет принимать значения из диапазона $[K_{otmin}, K_{otmax}]$, причем:

$$K_{otmin} = \pi + K_2 - \arcsin \frac{V_1}{V_2} \text{ и } K_{otmax} = \pi + K_2 + \arcsin \frac{V_1}{V_2}.$$

В случае $V_1 < V_2$ для выбора маневра расхождения изменением курса предлагается следующая процедура. Подмножество относительных курсов $Mn1_{ot}$, при которых сближение судна и цели опасно, ограничено значениями $K_{ot*} = \gamma^{(1)} = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{D}$ и $K_{ot}^* = \gamma^{(2)} = \alpha + \arcsin \frac{d_d}{D}$, т.е. $Mn1_{ot} = [\gamma^{(1)}, \gamma^{(2)}]$. В свою очередь, подмножество всех возможных относительных курсов уклонения при $V_1 < V_2$ определяется подмножеством $Mn2_{ot} = [K_{otmin}, K_{otmax}]$. Если имеется подмножество относительных курсов $Mn3_{ot}$, которое одновременно удовлетворяет условиям $Mn3_{ot} \in Mn2_{ot}$ и $Mn3_{ot} \notin Mn1_{ot}$, то в качестве относительного курса уклонения K_{oty} может быть выбран любой относительный курс подмножества $Mn3_{ot}$, т.е. $K_{oty} \in Mn3_{ot}$. По выбранному K_{oty} можно найти соответствующий истинный курс судна K_{1y} .

Предложенная процедура оценки опасности сближения судна с целью и выбор маневра расхождения уклонением при $V_1 < V_2$, была реализована на компьютере в виде программы, что обеспечило оперативность и простоту решения поставленной задачи.

Графические представления подмножества опасных относительных курсов $Mn1_{ot}$ и подмножества всех возможных относительных курсов уклонения $Mn2_{ot}$ в системе координат относительных курсов и скоростей судна, полученные с помощью компьютерной программы, показаны на рис. 1. Границы подмножества $Mn1_{ot}$ не зависят от скорости судна и равны $K_{ot*}=87^\circ$ и $K_{ot}^*=125^\circ$, на рис. 1 они представлены горизонтальными параллельными линиями. Подмножество $Mn2_{ot}$ ограничено экстремальными относительными курсами K_{otmin} и K_{otmax} , которые изменяются в зависимости от величины V_1 / V_2 , точка с начальным относительным курсом $K_{oto} = 99^\circ$ и скоростью судна $V_1=15$ узлов принадлежит $Mn1_{ot}$.

Так как $K_{ot*} < K_{otmin}$, то уклонением судна влево невозможно увеличить $\min D$ до значения d_d . Поэтому величину относительного курса K_{oty} и положение горизонтальной линии, соответствующей ему, совмещаем с верхней границей K_{ot}^* подмножества $Mn1_{ot}$, как показано на рис. 2. Из рисунка видно, что $K_{oty} = K_{ot}^* = 125^\circ$. При этом вводимое значение курса уклонения судна составило $K_{1y} = 109^\circ$, а значение $\min D = 0,99$ мили.

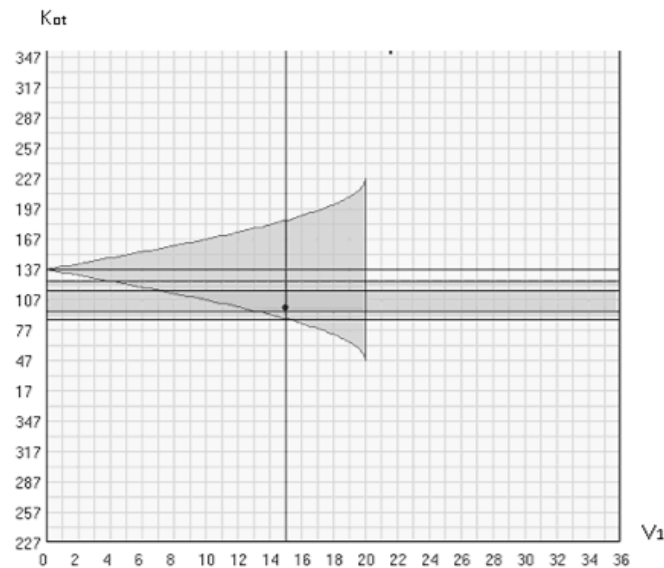


Рисунок 1 – Оценка опасности начальной ситуации сближения при $V_1 < V_2$

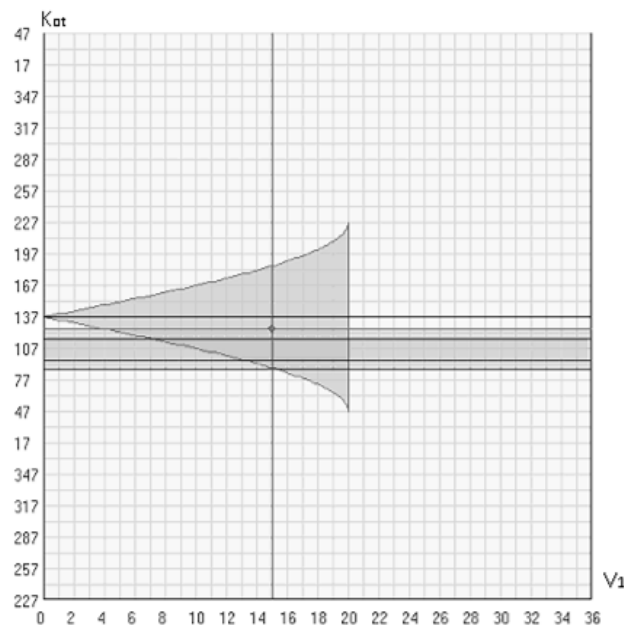


Рисунок 2 – Выбор курса уклонения судна K_{1y} при $V_1 < V_2$

Таким образом, в случае $V_1 < V_2$ процедура оценки опасности сближения судна с целью и выбора курса уклонения судна, реализованная в компьютерной программе, позволяет оперативно визуально оценить опасность ситуации сближения и в случае необходимости элементарно определить курс уклонения, при котором $\min D = d_d$.

Выводы. Для ситуации, когда скорость судна меньше скорости цели, предложена процедура выбора курса уклонения судна для предупреждения столкновения с целью, используя подмножества опасных относительных курсов и всех возможных относительных курсов с учетом отношения скоростей судна и цели, которая содержит научную новизну в тематике предупреждения столкновения судов. Предложенный компьютерный вариант реализации рассмотренной процедуры целесообразно использовать в перспективных навигационных информационных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lisowski J. Game and computational intelligence decision making algorithms for avoiding collision at sea/ Lisowski J. // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Technologies for Homeland Security and Safety. - 2005. – Gdańsk. – P. 71-78.
2. Lisowski J. Game control methods in navigator decision support system/ Lisowski J. // The Archives of Transport. - 2005. - No 3-4, Vol. XVII. – P. 133-147.
3. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system for safety navigation/ Lisowski J. // Advances in Safety and Reliability. – 2005. - Vol. 2. - London-Singapore, Balkema Publishers. – P. 1285-1292.
4. Statheros Thomas. Autonomous ship collision avoidance navigation concepts, technologies and techniques / Statheros Thomas, Howells Gareth, McDonald-Maier Klaus. // J. Navig. 2008. 61, № 1, p. 129-142.
5. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А Бурмака., Э.Н Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.

РАЗЛОЖЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОБЩЕННОГО ЗАКОНА ПУАССОНА В РЯД ГРАМА-ШАРЛЬЕ ТИПА А

Ворохобин И.И.

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

Вступление. Одним из основных направлений проблемы обеспечения надлежащего уровня безопасности судовождения является повышение точности контроля места судна при плавании в стесненных водах, что требует знания закона распределения погрешностей навигационных измерений.

При дефиците статистических материалов погрешностей не удастся с помощью стандартной процедуры определить закон их распределения, хотя представляется возможным оценить центральные моменты распределения и при гистограмме выборки с «утяжеленными хвостами» 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] представлены результаты анализа статистических материалов точности определения места судна с помощью приёмника спутниковой радионавигационной системы, которые показали, что предположение о распределении случайных погрешностей определения широты и долготы по закону Гаусса не является корректным и требует альтернативного подхода. В работах [2, 3] показано, что погрешности навигационных измерений не подчиняются нормальному закону распределения.

В работе [4] для описания случайных погрешностей навигационных измерений предложены смешанные законы двух типов, альтернативные нормальному закону, а обобщенный закон Пуассона с этой же целью предложен в работе [5].

Результаты исследования возможности описания систем зависимых случайных величин с помощью обобщенного распределения Пуассона с базовым нормальным распределением приведены в работе [6].

Формулировка целей работы (постановка задачи).

Целью данного доклада является оценка степени совпадения обобщенного закона Пуассона с его разложением в ряд Грама-Шарлье типа А.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

В работе [2] показано, что закон распределения погрешностей навигационных измерений близок к закону распределения вероятностей Гаусса, поэтому плотность распределения $f(x)$ центрированной и нормированной случайной погрешности x можно представить ортогональным разложением $f(x)$, в ряд Грама-Шарлье типа А [7]:

$$f(x) = c_0 \varphi(x) + c_1 \varphi^{(1)}(x) + c_2 \varphi^{(2)}(x)/2! + \dots + c_i \varphi^{(i)}(x)/i! + \dots,$$

где $\varphi(x) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-x^2/2)$ - нормальная плотность нормированной и центрированной случайной величины; $\varphi^{(i)}(x)$ - ее производные высших порядков.

В работе [7] получены выражения производных высших порядков от нормальной плотности $\varphi^{(i)}(x)$ через ортогональные полиномы Эрмита $H_i(x)$:

$$\varphi^{(i)}(x) = (-1)^i H_i(x) \varphi(x),$$

где $H_i(x) = (-1)^i \left\{ \frac{d^i}{dx^i} [\exp(-x^2/2)] \right\} \exp(-x^2/2)$.

В случае, когда случайная величина x является ненормированной, разложение имеет следующий вид:

$$f(x) = c_0 \varphi(x) + c_1 \varphi^{(1)}(x) + c_2 \varphi^{(2)}(x)/2! + \dots + c_i \varphi^{(i)}(x)/i! + \dots, \quad (1)$$

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 $f(x)$.

В выражении (1) коэффициенты c_i с нечетными индексами равны нулю, а для коэффициентов с четными индексами c_{2s} ($s=1, 2, \dots$) справедливо:

$$c_4 = \mu_4 / \sigma^4 - 3; \text{ (эксцесс)}$$

$$c_6 = \mu_6 / \sigma^6 - 15\mu_4 / \sigma^4 + 30;$$

$$c_8 = \mu_8 / \sigma^8 - 28\mu_6 / \sigma^6 + 210\mu_4 / \sigma^4 - 315;$$

$$c_{10} = \mu_{10} / \sigma^{10} - 45\mu_8 / \sigma^8 + 630\mu_6 / \sigma^6 - 3150\mu_4 / \sigma^4 + 3780;$$

$$c_{12} = \mu_{12} / \sigma^{12} - 66\mu_{10} / \sigma^{10} + 1485\mu_8 / \sigma^8 - 13860\mu_6 / \sigma^6 + 51975;$$

Выражение (1) для ортогонального разложения плотности $f(x)$ с учетом полученных результатов принимает вид:

$$f(x) = (2\pi)^{-1/2} \sigma^{-1} \exp(-x^2/2\sigma^2) [1 + \sum_{s=2}^{\infty} \frac{c_{2s}}{(2s)!} H_{2s}(x/\sigma^2)], \quad (2)$$

в котором σ^2 и μ_{2s} вычисляются по исходной плотности $f(x)$.

Результаты сравнения нормированных плотностей $f(x)$ и их ортогонального разложения полиномами Эрмита $f(x)$ для смешанных законов обоих типов представлены в работе [8]. Анализ результатов показал, что ортогональное разложение плотности для указанных законов распределения обладает наилучшей сходимостью с самой плотностью при использовании только первого члена разложения (2), т. е. 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 данном докладе рассмотрим плотность обобщенного закона Пуассона, порождаемого законом Гаусса, с существенным параметром $c=5$ и соответствующее ей ортогональное разложение (3) с первым членом. Стандартная плотность распределения этого типа описывается следующим выражением [9]:

$$f(\xi) = \frac{\exp(-c)}{(2\pi)^{1/2} \sigma} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c^k}{k!} k^{1/2} \exp(-\frac{\xi^2}{2k\sigma^2}),$$

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:

$$g(y) = \frac{\exp(-c)}{(2\pi)^{1/2}} c^{1/2} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{c^k}{k!} k^{1/2} \exp(-\frac{cy^2}{2k}).$$

Были рассчитаны 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

Выводы. Из полученной таблицы следует, что ортогональное разложение плотности обобщенного пуассоновского распределения погрешностей навигационных измерений, содержащее только первый член, имеет хорошую сходимость с самой плотностью распределения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Monteiro Luis. What is the accuracy of DGPS? / Sardinia Monteiro Luis, Moore Terry, Hill Chris. // J. Navig. 2005. 58, № 2, p. 207-225.
2. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. - М.: Транспорт, 1989. - 230с.
3. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation / Hsu D. A. // The Journal of Navigation. – Vol. 32.- № 3. – P. 426 - 429.
4. Астайкин Д.В. Идентификация законов распределения навигационных погрешностей смешанными законами двух типов / Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М. // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2014. – Вып. 20. Одесса: ОНМА. – С. 3 – 9.
5. Сикирин В.Е. Описание навигационных погрешностей с помощью обобщенного распределения Пуассона/ Сикирин В.Е.// Судовождение: Сб. научн. трудов./ОНМА, Вып. 26. – Одесса: «ИздатИнформ», 2016 - С. 152 – 156.
6. 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.
7. Крамер Г. Математические методы статистики / Крамер Г. – М.: Мир. – 1975.- 648 с.
8. Ворохобин И.И. Эффективность применения полиномов Эрмита для ортогонального разложения плотностей распределения навигационных погрешностей/ Ворохобин И.И., Сикирин В.Е., Фусар И.Ю.// East European Scientific Journal, №11 (27), 2017, part 1.- С. 24-30.
9. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т.2. / Феллер В. – М.: Мир, 1984. – 752 с.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ

Калюжный В.В.

*Національний університет «Одеська Морська Академія»
(Украина)*

Введение. Безопасность судовождения в значительной мере определяется эффективностью принимаемых судоводителем решений по управлению судном, которые зависят от текущей навигационной обстановки, характеризующейся рядом существенных параметров. К ним относятся наличие окружающих судов, их позиции и параметры движения, стесненность маршрута следования, навигационные опасности, глубины, гидрометеорологические условия и т. п.

Указанные параметры используются для формирования навигационной ситуации, которая характеризует риск возникновения возможной навигационной аварии. При этом судоводителем производится оценка безопасности навигационной ситуации с помощью САРП, ЭКДИС и АИС. В последних современных судовых информационных системах навигационная ситуация воспроизводится комплексно с учетом основных компонентов (электронной карты с индикацией судна и окружающих целей), однако оценка уровня безопасности осуществляется достаточно приблизительно без учета точностных характеристик и внешних возмущений.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] рассматриваются основные аспекты проблемы синтеза и отображения навигационной ситуации и технические средства, направленные на их решение, а работа [2] содержит процедуру ранжирования окружающих целей по степени их опасности. В публикации [3] предложены виртуальные безопасные зоны для совместного учета подвижных целей и неподвижных навигационных опасностей при выборе маневра расхождения судов. Вопросы синтеза и отображения навигационной ситуации, как показал проведенный анализ, исследованы недостаточно, хотя и значительно влияют на обеспечение безопасности судовождения, поэтому данная тематика является актуальной и перспективной и именно ей посвящен предлагаемый доклад.

Формулировка целей работы (постановка задачи). Целью предлагаемого доклада является определение основных аспектов формирования навигационной ситуации и отображения ее информационной структуры.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Под навигационной обстановкой подразумевается совокупность параметров, характеризующих процесс судовождения, которые могут быть непосредственно измерены. К ним относятся пеленга и дистанции до окружающих целей, их курсы и скорости, наличие и границы навигационных опасностей, зависящих от глубин и осадки судна, позиции навигационного ограждения, характеристики гидрометеорологических условий. Навигационной ситуацией будем именовать такое комплексное представление и отображение параметров навигационной обстановки, которое содержит информацию о ее степени безопасности, т.е. о риске возникновения навигационной аварии.

Традиционно формирование навигационной ситуации техническими средствами производилось фрагментарно и несвязанно: с помощью РЛС или САРП отображалась ситуация в части поведения подвижных объектов, обсервованное место судна на карте характеризовало его положение относительно навигационных опасностей и программной траектории движения, часть информации поступает непосредственно от визуального наблюдения. Синтез навигационной ситуации из разрозненных фрагментов в целостный объект, комплексно характеризующий положение судна относительно программной траектории движения, навигационных опасностей, подвижных целей, средств

навигационного оборудования и т.п., производится в сознании судоводителя и на его основании производится выбор принимаемого решения по дальнейшей реализации процесса судовождения.

Развитие информационных компьютерных технологий сместило акцент синтеза навигационной ситуации на технические средства. С появлением электронных карт, спутниковой навигации, АИС при использовании САРП синтез и отображение навигационной ситуации производятся комплексно, причем базовым элементом является электронная карта, на которую наносится текущая позиция судна, позиции и параметры движения окружающих целей, как от САРП, так и от АИС. Иногда имеется возможность вывода информации о гидрометеорологических параметрах. Такой способ представления навигационной ситуации значительно облегчает судоводителю принятие эффективных решений по обеспечению безопасного судовождения.

Однако описанное представление навигационной ситуации является неполным. Очень существенными аспектами, влияющими на безопасность судовождения, особенно в районах с ненадежным приемом сигнала спутниковых навигационных систем, являются характеристики точности места судна, учет и индикация инерционных характеристик судов с помощью судовых безопасных зон, общая оценка показателя безопасности текущей навигационной ситуации, влияние внешних возмущающих воздействий и другие вопросы отображения навигационной ситуации. Поэтому современную модель отображения навигационной ситуации необходимо дополнить, в первую очередь, визуальным отображением меры точности в районе плавания судна, с тем, чтобы можно было оперативно произвести корректуру программной траектории для повышения точности контроля места судна и выбора наиболее благоприятных условий, минимизирующих позиционные погрешности его обсервации.

Следует отметить, что характеристики точности векториальной погрешности в районе плавания судна необходимо рассчитать для каждой элементарной площадки, соизмеримой с его габаритами, выбирая различные сочетания близ находящихся ориентиров и индицируя наиболее точную оценку координат и группу ориентиров, при которой она достигается. Визуализация такого поля точностей в районе движения судна может быть достигнута путем использования цветового представления значений критерия точности и наложения такого поля в прозрачном режиме на электронную карту. При этом к исходной модели навигационной ситуации добавляется наглядная информация о точности контроля места судна, а вокруг обсервованной точки, можно построить допустимую точностную область, которая характеризует вероятность того, что она накрывает истинное место судна. Например, для нормального распределения векториальной позиционной погрешности формой такой допустимой точностной области является эллипс.

Наряду с позиционными векториальными погрешностями необходимо учитывать, что после маневров судна, особенно в высоких широтах и на значительных скоростях, возникают инерционные погрешности гирокомпаса, вызывающие боковое смещение судна относительно программной траектории его движения. Возможная ширина полосы бокового смещения после маневра судна, показанная на электронной карте, дает судоводителю информацию о дополнительном риске посадки судна на мель и позволяет избежать этого.

На точность удержания судна на программной траектории, как указывается в некоторых литературных источниках, также влияет ширина судового хода, т.е. ширина полосы, возникающей при рыскании судна на постоянном курсе. Оценка и отображение указанных факторов в виде графической информации, нанесенной на электронную карту, позволит учитывать ее в процессе принятия решений по выбору эффективного управления судна.

Конечно, предварительно, в рамках специального исследования, необходимо произвести анализ степени возможного влияния каждого из упомянутых факторов на

точность проводки судна, и оценить целесообразность их учета. Для тех факторов, влияние которых на точность проводки судна существенно, следует разработать эффективные процедуры их визуального представления судоводителю, дополняя и совершенствуя отображение навигационной ситуации, а, следовательно, повышая уровень безопасности судовождения.

Выводы. Рассмотренная в докладе проблема представлена в общем виде, и только намечены пути ее возможного решения. Проработка частных аспектов этой тематики с последующим их синтезом для более полного отображения навигационной ситуации является актуальным и перспективным научным направлением.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л. Интегрированные системы ходового мостика. – Одесса: Латстар, 2003. – 168 с.
2. Степаненко В.В. К вопросу отображения ситуации расхождения судов // Судовождение. - № 4. - 2002. – С. 101 – 106.
3. Степаненко В.В. Усовершенствование методов оценки ситуации расхождения судов. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.16/ ОНМА. – Одесса, 2004. – 24 с.

АНАЛІЗ РОЗРАХУНКІВ ЗНАЧНОГО КУТА БОРТОВОЇ ХИТАВИЦІ СМПВ В РАМКАХ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ТЕОРІЇ

Кондратьєва Л.Ю.

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Для кораблів берегової охорони типу СМПВ існує необхідність розрахунку ймовірнісних характеристик хитавиці на ранній стадії проектування. Розглядаються 5 ступенів свободи і відповідні рівняння хитавиці вирішуються на основі припущення про малість нахилів відносно стійкого положення рівноваги. Такий підхід дає можливість врахувати перевищення значних величин, таких як бортова хитавиця.

Актуальність досліджень. Для безпеки чорноморського узбережжя необхідно мати кораблі берегової охорони (КБО), що здатні виконувати свої завдання за будь яких погодних умов. Згідно сучасних вимог до патрульних кораблів стає зрозумілим, що необхідно обирати головні розміри КБО вже з урахуванням його морехідних характеристик в рамках кореляційної теорії. Параметри форми корпусу, використані при дослідженні КБО типу СМПВ отримані з [6]. Поверхня корпусу СМПВ, що досліджувався була відтворена за допомогою методики описаної в [1]. Методика розрахунку значних величин описана в [5], теоретичні основи розрахунків статистичних характеристик морехідності описані в [2,3].

Постановка проблеми

При оцінці хитавиці судна на нерегулярному хвилюванні використовують статистичні характеристики хитавиці в рамках кореляційної теорії: дисперсія, математичне очікування, та середньоквадратичні відхилення. Найбільшого поширення набули так звані значні величини (з забезпеченістю 14% – використовуються в країнах Євросоюзу та США) $\zeta_{G1/3}$, $\eta_{G1/3}$, $\theta_{1/3}$, $\psi_{1/3}$. В даній роботі для аналізу морехідності корабля берегової охорони були використані значні величини, у зв'язку з необхідністю інтеграції України до світової спільноти. В оптимізаційній задачі для суден типу СМПВ важливо враховувати їх морехідні якості, як очевидну перевагу, а для патрульних та військових суден існують певні вимоги, значення яких не можуть бути перевищені – до значної амплітуди бортової хитавиці $\theta_{1/3}=8^\circ$, кильової хитавиці – $\psi_{1/3}=3^\circ$, кінематичних характеристик, а саме вертикальних і горизонтальних прискорень – $\ddot{\zeta}_{G1/3}=0,4g$, $\ddot{\eta}_{G1/3}=0,4g$, а також до слемінгу – 30 уд/год. В даній роботі висвічується значна амплітуда бортової хитавиці $\theta_{1/3}=8^\circ$.

Коефіцієнти остійності та хвильові навантаження в даній роботі розраховуються за допомогою комбінації теорії плоских перетинів та вузького тіла. Поверхня рідини вважається незбуреною рухом корабля. Швидкість судна вздовж осі вважається постійною. Методика розрахунку базується на методі статистичної лінеаризації, класичній спектральній теорії хитавиці, методиці розрахунку комплексних амплітуд, рівнянні руху корабля.

Ідея методу статистичної лінеаризації заснована на наближеній заміні нелінійних перетворень процесів, що відбуваються в системі, статистично еквівалентними їм лінійними перетвореннями, при цьому нелінійний елемент замінюється статистично еквівалентним лінійним елементом. В результаті подібної заміни дана система лінеаризується і для її дослідження стає допустимим використання методів лінійної теорії. Можуть бути використані різні критерії статистичної еквівалентності, які покладені в основу методу статистичної лінеаризації. У тих випадках, коли лінеаризують

безінерційний нелінійний елемент, у якого нелінійна залежність між вхідним і вихідним сигналами має вигляд

$$x(t) = \varphi [y(t)] \quad (1)$$

де φ - статистична характеристика елемента, застосовується критерій рівності математичного сподівання і дисперсії випадкового процесу на виході нелінійного елемента і еквівалентного йому лінійного елемента.

Процес нерегулярних коливань судна за тим чи іншим ступенем свободи характеризується спектром коливань – розподілом дисперсії по частотах в реальному діапазоні їх зміни. Якщо математична модель судна як коливальної системи (1) описується лінійними рівняннями хитавиці (лінійною системою), то спектральні характеристики процесів на її виході можуть бути визначені на підставі теореми Хінчина:

$$S_{\text{вих}}(\omega) = |\Phi(\omega)|^2 S_{\text{вх}}(\omega). \quad (2)$$

Тут $S_{\text{вих}}(\omega)$ – спектр дисперсій відповідного виду коливань; $|\Phi(\omega)|$ – модуль передаточної функції системи (АЧХ); $S_{\text{вх}}(\omega)$ – спектр хвилювання.

Для бортовий хитавиці спектр кутових переміщень визначається виразом

$$S_{\theta}(\omega) = |\Phi(\omega)|^2 S_{\alpha}(\omega) = (\omega^4 / g^2) |\Phi(\omega)|^2 S_{\alpha}(\omega), \quad (3)$$

де $S_{\alpha}(\omega)$ – спектр кутів хвильового схилу.

Як впливає з виразів (2) і (3), характер конкретного спектру хитавиці визначається взаємним розташуванням АЧХ (амплітудно-частотної характеристики) і спектра хвилювання на осі частот. При русі судна під довільним курсовим кутом до хвилі, АЧХ відповідного виду хитавиці залежить від швидкості судна v_g та кута χ , при цьому відповідний спектр хитавиці називають псевдо спектром. Тоді як амплітудно-частотні характеристики реакцій судна що рухається зі швидкістю – v_c і курсовим кутом χ визначається в уявних частотах гармонічних хвиль.

Спектральне представлення морського нерегулярного хвилювання як відомо передбачає, що в умовах розвиненого шторму, хитавиця є стаціонарним ергодичним гаусівським процесом з нульовим середнім, а основною його характеристикою є двовимірний енергетичний спектр $S(\omega, \chi)$, де ω, χ – частота та кут бігу елементарної гармонічної хвилі.

Для частотного спектра хвиль розроблено достатньо велике сімейство емпіричних і теоретичних формул [5]. Для повністю розвиненого шторму зручним є використання їх зв'язку з характеристиками нерегулярних хвиль, наприклад значною висотою хвилі (h_s), середнім періодом хвиль (τ), а також показником нерегулярності хвилі – частотної ширини спектру (ε). Ці величини також пов'язані з моментами спектра.

З огляду на випадковий характер амплітуди коливань $\theta_i(t)$, розмахи θ_p , періоди коливань τ_{θ_i} , при оцінці хитавиці судна на нерегулярному хвилюванні використовують статистичні характеристики хитавиці: переміщення, визначені з деяким ступенем забезпеченості, середні значення цих переміщень і періодів і т. п. Найбільшого поширення набули величини 3%-ої забезпеченості і так звані значні величини (з забезпеченістю 14%). Приведено формулу для розрахунку кута бортової хитавиці 3%-ої забезпеченості.

$$\theta_{3\%} = 2,64 \sqrt{D_{\theta}} = 2,64 \left(\int_0^{\infty} S_{\theta}(\omega) d\omega \right)^{1/2} = 2,64 \left(\int_0^{\infty} \frac{\sigma_{\theta}^4}{g^2} \left| \frac{\theta_0}{\alpha_0}(\omega) \right|^2 S_{\alpha}(\omega) d\omega \right)^{1/2} \quad (4)$$

У формулі (4) рівняння для амплітудно-частотної характеристики матиме наступний вигляд:

$$\frac{\theta_0}{\alpha_0} = \frac{\kappa_{\theta}(\omega) \sigma_{\theta}^2}{\sqrt{(\sigma_{\theta}^2 - \omega^2)^2 + 4\nu_{\theta}^2 \omega^2}} = \frac{\kappa_{\theta}(\omega)}{\sqrt{(1 - x_{\theta}^2) + 4\mu_{\theta}^2 x_{\theta}^2}}; \quad x_{\theta} = \frac{\omega}{\sigma_{\theta}}; \quad \mu_{\theta} = \frac{\nu_{\theta}}{\sigma_{\theta}} \quad (5)$$

Визначається дисперсія хитавиці D_θ як площа, обмежена кривою S_θ та віссю ω . Редукційні коефіцієнти $\kappa_{\omega}(\omega)$ розраховуються згідно [4].

Величини параметрів хитавиці 3%-ої забезпеченості і значні величини пов'язані формулою:

$$\theta_{1/3} = (\theta_{3\%}) / 1,33; \quad (6)$$

Результати досліджень

Результати розрахунків ілюструють не перевищення значної амплітуди бортової хитавиці $\theta_{1/3} = 8^\circ$, як показано на рисунку 1. Досліджуване явище передбачає різноманітність кутів бігу хвиль. Судно має водотоннажність $D=125(\text{тон})$, довжина $L_{wl}=25,6(\text{м})$, ширина $B=13,0(\text{м})$, осадка $T=2,7(\text{м})$ [6] (спектральна апроксимація типу *ITTC*). Наведений графік на рисунку 1 демонструє залежність значного кута бортової хитавиці, від значної висоти хвилі (SWH) на швидкості 25 вузл.

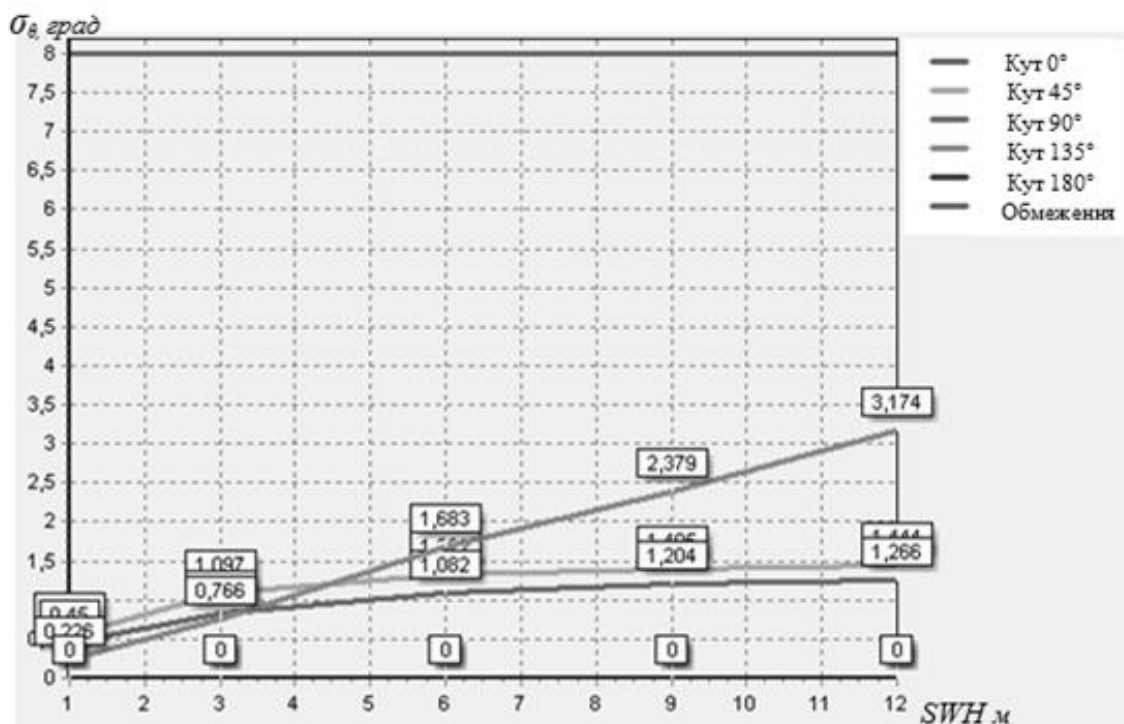


Рисунок 1 – Графік залежності середньоквадратичних відхилень кута бортової хитавиці $\theta_{1/3}$ в залежності від висоти значної хвилі SWH зі змінним параметром кута бігу хвиль χ

Висновки

Проведено детальний аналіз бортової хитавиці патрульного судна типу СМПВ на хвилюванні різної інтенсивності, та при різних кутах бігу хвиль.

Результати розрахунків дають можливість оцінити морехідні якості корабля типу СМПВ на ранніх стадіях проектування згідно сучасних вимог до морехідних якостей.

Описаний підхід дає можливість врахувати перевищення значних величин на заданому рівні забезпеченості не тільки бортової хитавиці, але і кільової та вертикальної хитавиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бойко А.П., Метод формування поверхності судна с малою площею ватерлинии [Текст] А.П. Бойко, А.В. Бондаренко// Збірник наукових праць НУК.- Миколаїв: НУК, 2010.- № 3.-с.62-68
2. Бородай И.К., Качка судов на морском волнении: [Текст] / И.К. Бородай, Ю.А. Нецветаев/. - Л.: Судостроение, 1969. - 432 с.

3. Луговський В. В., Динаміка моря [Текст] - Л.: Судостроение, 1975. - 199с.
4. Соломенцев О.І., Проектная оценка амплитуд бортовой качки судов с малой площадью ватерлинии в режиме основного резонанса [Текст]] / О.І. Соломенцев, Л.Ю. Кондратьева./ Збірник наукових праць НУК Миколаїв, Вид. 5 2015-с.4-25
5. D. T. Higdun, Multi-Hull Motions Simulation / Text / 4 July Philadelphia, 2000. Rezhyu dostupu-<http://home.earthlink.net/~dynamicstech/downloads/multi-overview.html>
6. Корабельний портал // Rezhyu dostupu-http://korabley.net/news/patruynyj_kater_skrunda/2012-11-30-1322

ШЛЯХИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ C4ISR МОРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА MSA ЗА ДОСВІДОМ ДЕРЖАВ-ЧЛЕНІВ НАТО

Коновець В.І., Черниш І.А., Симоненков В.М.

*Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум»
(Україна)*

Шишкін О.В.

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

Вступ. Світові судноплавні шляхи – це зв'язки, які з'єднують людство, тому забезпечення безпеки в морській галузі значно впливає на життя держави. Існує безліч способів, за допомогою яких національна безпека і економічні інтереси можуть бути порушені діями в морській сфері: тероризм, незаконна міграція, піратство, незаконна діяльність у виключно економічних зонах, незаконний оборот наркотиків та контрабанда зброї.

Протидія цим викликам, в нейтральних водах, виконується військово-морськими силами НАТО в рамках проведення спеціальних операцій. В ролі основної сполучної ланки між силами НАТО і світовим торговельним судноплавством виступає Центр судноплавства НАТО (NSC). При цьому, підготовка та успішне виконання морських операцій передбачає підтримання в актуальному стані інформаційних систем морської ситуаційної поінформованості і має відношення до забезпечення міжнародної морської безпеки.

Програмою розвитку Військово-Морських Сил Збройних Сил України (ВМС ЗС України) на період до 2020 року передбачається досягнення євроатлантичних стандартів та критеріїв, необхідних для набуття Україною членства в НАТО.

Розвиток системи управління, а саме створення Єдиної національної системи відображення морської обстановки акваторії Чорного та Азовського морів, на основі прийнятих у державах-членах НАТО принципів і стандартів – є одним з основних напрямів розвитку, але побудову такої системи в державі ще не завершено, як в частині вимог до її функціональності, так і побудови технічних підсистем та їх інформаційної взаємодії.

У зв'язку з цим є дуже важливим завданням проведення системного аналізу концепції побудови системи C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance and Reconnaissance – командування, управління, зв'язок, збір і комп'ютерна обробка інформації, спостереження та розвідка) [1], що і складає мету доповіді. При цьому, розглянемо більш детально одну з головних складових цих систем – сегмент засобів розвідки і спостереження держав-членів НАТО та методи інтеграції окремих інформаційних підсистем з урахуванням національних можливостей.

Поінформованість про морську сферу (MDA, Maritime Domain Awareness) або Морська ситуаційна поінформованість (MSA, Maritime Situational Awareness), поняття, яке вживається державами-членами НАТО, мають відношення до забезпечення міжнародної безпеки в морській галузі [2].

Основним завданням системи MSA є сприяння своєчасному і точному прийняттю рішень, що дозволяють вживати відповідні заходи для нейтралізації загроз інтересам національної безпеки. Ефективне розуміння виникає за умови, коли особи, які приймають рішення, отримують релевантну інформацію, що дозволить їм здійснити відповідні заходи.

Система MSA складається з двох складових: «білої» частини (ситуаційна поінформованість, яка спостерігається і є відомою) та очікуваної або підозрілої частини

(Threat Awareness). Ці компоненти об'єднуються, щоб надати особі, яка приймає рішення, дані щодо оперативної, розвідувальної та екологічної морської обстановки.

Особливості системи MSA:

- дозволяє раннє виявлення потенційних загроз і прискорює прийняття відповідних рішень;
- вимагає інтеграції (об'єднання) даних від усіх доступних інформаційних джерел (від правоохоронних органів, силових відомств, дані з відкритим вихідним кодом з державного та приватного секторів тощо);
- в значній мірі залежить від організації обміну інформацією і вимагає щільної співпраці між державним і приватним секторами, як на національному так і на міжнародному рівні.

Інформація, яка отримана від різноманітних «джерел-датчиків» є основою «білої» частини системи MSA, тому розглянемо основні з них.

Існує ряд технологій (інструментів, засобів тощо), що використовуються для забезпечення поінформованості в морській сфері: AIS (Automatic Identification System, Автоматична Ідентифікаційна Система), S-AIS (Satellite AIS, супутниковий АІС), LRIT (Long Range Identification and Tracking of Ships, Система Дальньої Ідентифікації та Контролю Місцезнаходження Суден), VTS (Vessel Traffic Service, Служба руху суден), берегові і супутникові радарі спостереження та інші [3].

Слід зазначити, що саме корабельна AIS, як головна система забезпечення морської навігаційної безпеки, у сукупності із засобами берегових станцій AIS та інших джерел (суден, літаків тощо), надає потрібну статичну, динамічну та рейсову інформацію.

Наземна мережа базових станцій AIS забезпечує досить однорідне охоплення, обмежене приблизно 50 км від узбережжя. Кожна прибережна держава має свою власну офіційну мережу AIS, яка в основному використовується для моніторингу трафіку, наприклад, в рятувальних координаційних центрах, запобігання зіткнень, наприклад, в системах управління рухом суден, та може використовуватись для цілей MSA.

Доповнення даних наземної мережі AIS даними від супутникових приймачів S-AIS істотно розширює зону моніторингу судноплавства, але не вирішує основну проблему AIS, а саме: в мережі AIS циркулюють дані тільки стосовно суден, які оснащені відповідними станціями AIS (при цьому вони повинні бути включені). Плавзасоби, які не оснащені AIS або екіпаж навмисно вимкнув свою станцію – є «невидимими» для мережі базових станцій AIS та системи MSA в цілому. Подолати ці недоліки дозволяють берегові радарі спостереження (Surveillance Radar) та супутникові радарі (Satellite Radar).

Морські цілі, які виявляються і супроводжуються радарними спостереження за водною поверхнею доповнюють базу даних системи MSA. Ці дані дозволяють виявляти кореляції і розбіжність даних від AIS і радарів та забезпечують інтегрування інформації від усіх датчиків з метою ефективного поліпшення компіляції «білої» частини системи MSA.

Крім того, корабельні навігаційні радарі також можуть виконувати роль ефективних «джерел-датчиків» системи MSA, що дозволяють виявляти і відстежувати надводні цілі поза межами ефективної дії засобів AIS та берегових радарів спостереження.

Кожне зі згаданих вище джерел інформації системи MSA, в свою чергу, є складною системою, яка функціонує на основі міжнародних стандартів, протоколів обміну та цифрових інтерфейсів.

Протоколи інформаційної взаємодії системи MSA з базовими станціями AIS регламентовані і визначені, тобто фактичне інформаційне наповнення бази даних здійснюється за допомогою стандартних інформаційних повідомлень засобів AIS типу «!AIVDM» та «!AIVDO».

Однак, порядок організації інформаційної взаємодії з іншими «джерелами-датчиками», на жаль, на даний час не є однозначним і стандартизованим, при цьому, саме

корабельні і берегові радары спостереження вирішують завдання виявлення і супроводження цілей поза межами дії системи AIS.

Слід зазначити, що інформація про параметри цілей, які супроводжуються, використовується (відображається) у складі відповідного навігаційного обладнання: індикатори кругового огляду, навігаційні дисплеї та засоби ECDIS (ЕКНІС, електронні картографічні навігаційно-інформаційні системи) тощо.

Підключення цих пристроїв виконується по інтерфейсам виробника. Через відсутність стандартизованих протоколів і цифрових інтерфейсів процес інформаційної інтеграції корабельних та берегових радарів до системи MSA є складним або взагалі неможливим завданням.

Сучасні корабельні радары підтримують систему ARPA/ЗАРП (Automatic Radar Plotting Aids – засоби автоматичної радіолокаційної прокладки, ЗАРП), яка дозволяє захоплювати цілі і виконувати їх автоматичний супровід з видачею параметрів цілей на відповідні засоби відображення надводної обстановки та зовнішні пристрої, відповідно до вимог Резолюції ІМО А.823(19) [4] і стандарту ІЕС 62288 [5]. Наприклад, засоби ECDIS, дозволяють відображення відстані, пеленгу, швидкості цілей, що супроводжуються, та іншу потрібні дані.

Інформація про цілі, які супроводжуються, надається із зовнішніх інтерфейсів у форматі NMEA-0183 по серійним портам RS-232C/422/485 у вигляді стандартних ARPA-повідомлень (TTM, TLL, TLB, TTD тощо).

Надамо стислу характеристику основних з них:

- повідомлення TTM (Tracked target message) містить дані щодо цілі, яка відстежується, відносно позиції власного судна, а саме: номер цілі, дистанцію, пеленг, швидкість, курс, відстань від найближчої точки до цілі, час до зближення тощо;

- повідомлення TLB (Target label) містить дані щодо відстеження низки цілей та дозволяє пристрою відображення, наприклад ECDIS, надавати цільову інформацію від кількох джерел (радарів) з використанням загального набору міток;

- повідомлення TTD (Tracked target data) містить дані цілі, що відстежується, та використовується для передачі даних у стиснутому форматі, а також дозволяє передати множину цілей з мінімальними витратами.

Висновки:

1. Створення сучасної системи відображення надводної обстановки для потреб ВМС ЗС України, як складової Єдиної національної системи відображення морської обстановки акваторії Чорного та Азовського морів, повинне стати сполучною ланкою інтеграції окремих інформаційних національних підсистем держави, на основі прийнятих у державах-членах НАТО принципів і стандартів в морській галузі – систем управління С4ISR морського призначення та MSA (MDA).

2. В результаті аналізу та оцінки апаратних можливостей сучасних радарів можливо зробити висновок щодо використання відповідних ARPA-повідомлень, що містять усі необхідні динамічні параметри, для формування відповідних «формулярів» цілей, що відстежуються, під час створення перспективної системи відображення надводної обстановки для потреб ВМС ЗС України.

ЛІТЕРАТУРА

1. C4ISR Products and Solutions. Lockheed Martin. 2018. URL: <https://www.lockheedmartin.com/us/what-we-do/aerospace-defense/c4isr/c4isr-products.html> (дата звернення: 19.03.2018).

2. Amendments to the international aeronautical and maritime search and rescue (IAMSAR) manual. International Maritime Organization. 2015.

3. Lt Cdr Davide Severino. Sensors in NATO maritime situational awareness. NATO Shipping Centre. 2016. С. 17. URL: https://bluehub.jrc.ec.europa.eu/static/KDAD/KDAD_Proceedings.pdf (дата звернення: 12.04.2018).

4. Performance standards for automatic radar plotting aids (ARPAs). Resolution A.823(19), 1995. URL: http://rro.cutwater.org/file.php/8/A_823.pdf. (дата звернення: 11.04.2018).

5. IEC 62288 Ed.2: 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. 2012. URL: http://iho.int/mtg_docs/com_wg/CSPCWG/CSPCWG9/CSPCWG9-INF1_Draft_IEC_62288_Ed2.pdf. (дата звернення: 11.04.2018).

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ПРИ РАДИОЛОКАЦИОННОМ НАБЛЮДЕНИИ НАВИГАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ

Корбан Д.В.

*Национальный университет «Одесская Морская Академия»
(Украина)*

Вступление. Радиолокационное наблюдение навигационных объектов судовой РЛС на пути судна при наличии атмосферных образований является сложной задачей в связи с тем, что эхо-сигналы атмосферного образования маскируют эхо-сигналы навигационного объекта на экранах индикаторов или дисплея судового компьютера. Уменьшение мешающего действия атмосферных образований, особенно осадков большой интенсивности на работу судовой РЛС является актуальной задачей повышения безопасности судоходства. Одним из направлений, улучшающим радиолокационную наблюдаемость навигационных объектов на фоне мешающих отражений от атмосферных образований, является использование информации, содержащейся в поляризованном состоянии отраженных от обоих объектов радиолокационных сигналов. Эти две группы объектов радиолокационного наблюдения можно разделить на стабильные (навигационные объекты) и состоящие из большого числа элементарных отражателей (атмосферные образования), эффективная отражающая поверхность которых (ЭОП) имеет величину одного порядка. Объекты данного типа представляются в виде совокупности стабильных и флюктуирующих отражателей. Судовая РЛС на пути судна наблюдает навигационный объект в совокупности с атмосферным образованием, которое является мешающим фоном, затрудняющим радиолокационное наблюдение навигационного объекта.

Актуальной задачей является структурный анализ пространственно-временной и поляризованной радиолокационной информации, полученной судовой РЛС о навигационном объекте, который находится в условиях естественных помех. Использование сведений о связи параметров навигационного объекта с радиолокационными сигналами позволяет осуществлять функционирование судовой РЛС при наличии помех в виде атмосферного образования.

Основная поставленная задача заключается в совершенствовании функции получения радиолокационных данных о навигационном объекте в условиях естественных помех.

При решении поставленной задачи поляризованное состояние электромагнитной волны в каждый момент времени представляется четырьмя действительными параметрами Стокса (I , Q , U , V), а поляризационные свойства совокупности навигационного объекта и атмосферного образования описываются матрицей рассеяния, коэффициентами которой являются их эффективные отражающие поверхности. В соответствии с [1], параметры Стокса в общем виде представляются следующими зависимостями:

$$\begin{aligned} I &= \langle E_x^2 \rangle + \langle E_y^2 \rangle, \\ Q &= \langle E_x^2 \rangle - \langle E_y^2 \rangle, \\ U &= 2 \langle E_x E_y \cos \Phi_{xy} \rangle, \\ V &= 2 \langle E_x E_y \sin \Phi_{xy} \rangle. \end{aligned} \tag{1}$$

где E_x и E_y - амплитуды ортогональных компонент электромагнитной волны;

Φ_{xy} - разность фаз между этими ортогональными компонентами электромагнитной волны.

Эффективная отражающая поверхность навигационного объекта $\sigma_{об}$ запишется следующим образом [2] :

$$\sigma_{об} = \left| \sum_{k=1}^n \sqrt{\sigma_0} e^{(4\pi d_k/\lambda)} \right|^2, \quad (2)$$

где σ_0 - ЭОП любого отражающего элемента на поверхности навигационного объекта, м²;
 d_k - расстояние от данного отражающего элемента на поверхности объекта до антенны судовой РЛС, км;

λ - длина излучаемой антенной судовой РЛС электромагнитной волны, см.

Эффективная отражающая поверхность атмосферного образования σ_{ao} представляется следующей зависимостью [3] :

$$\sigma_{ao} = 2\pi\sigma_0 N_0 \frac{R^2}{D} c\tau_u, \quad (3)$$

где N_0 - число отражающих элементов в радиолокационном объеме атмосферного образования с ЭОП σ_0 ;

R – расстояние от антенны судовой РЛС до отражающего объема атмосферного образования, км;

c – скорость света, м/с;

τ_u – длительность излучаемого импульса, мкс;

D – коэффициент направленного действия антенны судовой РЛС.

Матрица рассеяния совокупности «навигационный объект – атмосферное образование» состоит из коэффициентов, представляющих их эффективные отражающие поверхности:

$$[\sigma_{об+ao}] = \begin{bmatrix} \sigma_{11об} + \sigma_{11ao} & \sigma_{12об} + \sigma_{12ao} & \sigma_{13об} + \sigma_{13ao} & \sigma_{14об} + \sigma_{14ao} \\ \sigma_{21об} + \sigma_{21ao} & \sigma_{22об} + \sigma_{22ao} & \sigma_{23об} + \sigma_{23ao} & \sigma_{24об} + \sigma_{24ao} \\ \sigma_{31об} + \sigma_{31ao} & \sigma_{32об} + \sigma_{32ao} & \sigma_{33об} + \sigma_{33ao} & \sigma_{34об} + \sigma_{34ao} \\ \sigma_{41об} + \sigma_{41ao} & \sigma_{42об} + \sigma_{42ao} & \sigma_{43об} + \sigma_{43ao} & \sigma_{44об} + \sigma_{44ao} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

Исследование свойств коэффициентов матрицы рассеяния (4) должно обеспечить возможность учета степени воздействия составляющей эхо-сигнала атмосферного образования, на эхо-сигнал навигационного объекта подбором оптимальной поляризации облучающей навигационный объект электромагнитной волны. Введением усредняющей полной эффективной отражающей поверхности рассеяния σ_n совокупности «навигационный объект - атмосферное образование», определяемой величинами их суммарных ЭОП, позволяет коэффициенты матрицы (4) представить в виде отношения полной ЭОП к ЭОП атмосферного образования в определенном базисе, зависящем от поляризации облучающей волны.

Использование полного приема в основе поиска уменьшения эхо-сигнала атмосферного образования и увеличения контрастности радиолокационного наблюдения навигационного объекта, позволяет осуществить поиск максимума отношения - σ_n к σ_{ao} , которое соответствует максимуму отношения мощности суммарного эхо-сигнала (навигационный объект – атмосферное образование) к мощности эхо-сигнала атмосферного образования. Этот максимум достигается выбором поляризации облучающей навигационный объект электромагнитной волны. Тогда матрица (4), с учетом поляризационных свойств навигационного объекта и атмосферного образования, запишется в виде:

$$[\sigma_{об+ао}] = \begin{bmatrix} \frac{\sigma_{11n}}{\sigma_{11ао}^2} & \frac{\sigma_{12n}}{\sigma_{12ао}^2} & \frac{\sigma_{13n}}{\sigma_{13ао}^2} & \frac{\sigma_{14n}}{\sigma_{14ао}^2} \\ \frac{\sigma_{21n}}{\sigma_{21ао}^2} & \frac{\sigma_{22n}}{\sigma_{22ао}^2} & \frac{\sigma_{23n}}{\sigma_{23ао}^2} & \frac{\sigma_{24n}}{\sigma_{24ао}^2} \\ \frac{\sigma_{31n}}{\sigma_{31ао}^2} & \frac{\sigma_{32n}}{\sigma_{32ао}^2} & \frac{\sigma_{33n}}{\sigma_{33ао}^2} & \frac{\sigma_{34n}}{\sigma_{34ао}^2} \\ \frac{\sigma_{41n}}{\sigma_{41ао}^2} & \frac{\sigma_{42n}}{\sigma_{42ао}^2} & \frac{\sigma_{43n}}{\sigma_{43ао}^2} & \frac{\sigma_{44n}}{\sigma_{44ао}^2} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

В матрице (5) элементы, относящиеся к атмосферному образованию, статистически не зависимы, тогда уравнение связи отражающих свойств навигационного объекта и атмосферного образования с поляризационными параметрами излучаемой и отраженной волны, представляются в виде следующего уравнения:

$$\begin{bmatrix} I_{\Sigma омп} \\ Q_{\Sigma омп} \\ U_{\Sigma омп} \\ V_{\Sigma омп} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\sigma_{11n}}{\sigma_{11ао}^2} & \frac{\sigma_{12n}}{\sigma_{12ао}^2} & \frac{\sigma_{13n}}{\sigma_{13ао}^2} & \frac{\sigma_{14n}}{\sigma_{14ао}^2} \\ \frac{\sigma_{21n}}{\sigma_{21ао}^2} & \frac{\sigma_{22n}}{\sigma_{22ао}^2} & \frac{\sigma_{23n}}{\sigma_{23ао}^2} & \frac{\sigma_{24n}}{\sigma_{24ао}^2} \\ \frac{\sigma_{31n}}{\sigma_{31ао}^2} & \frac{\sigma_{32n}}{\sigma_{32ао}^2} & \frac{\sigma_{33n}}{\sigma_{33ао}^2} & \frac{\sigma_{34n}}{\sigma_{34ао}^2} \\ \frac{\sigma_{41n}}{\sigma_{41ао}^2} & \frac{\sigma_{42n}}{\sigma_{42ао}^2} & \frac{\sigma_{43n}}{\sigma_{43ао}^2} & \frac{\sigma_{44n}}{\sigma_{44ао}^2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_{изл} \\ Q_{изл} \\ U_{изл} \\ V_{изл} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Решение уравнения (6) позволяет осуществить поиск максимального отношения $\sigma_n / \sigma_{ао}$, соответствующего максимальному эхо-сигналу навигационного объекта.

Выводы. Рассмотрена информационная технология синтеза поляризационного состояния электромагнитной волны, позволяющая обеспечить судовой РЛС, при радиолокационном наблюдении навигационного объекта в условиях естественных помех (атмосферное образование), прием эхо-сигналов навигационного объекта, соответствующих их максимальному значению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поздняк С.И. Введение в статистическую теорию поляризации радиоволн / С.И.
2. Поздняк, В.А. Мелитицкий. – М.: Изд-во «Советское радио», 1974. – 480 с.
3. Современная радиолокация. Анализ, расчет и проектирование систем; [пер. с англ. под ред. Ю.Б. Кобзарева]. – М.: Изд-во «Советское радио». – 1969. - 704 с.
4. Теоретические основы радиолокации; [под ред. В.Е. Дулевича]. – М.: Изд-во «Советское радио», 1978. – 607 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ОБЛАСТИ НЕДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ ПРИ ИХ СБЛИЖЕНИИ

Пасечнюк С.С.

*Національний університет «Одеська Морська Академія»
(Украина)*

Вступление. Одной из наиболее актуальных является проблема обеспечения безопасного расхождения судов в ситуации опасного сближения при плавании в стесненных водах. Поэтому стесненные районы плавания с особенно интенсивным движением зачастую оборудуются станциями управления движением судов (СУДС), которые должны быть оснащены современными средствами предупреждения столкновения судов, что обуславливает актуальность исследования вопросов управления судами, следующими опасными курсами сближения, в районах контроля СУДС.

Актуальность исследования. В монографии [1] всесторонне исследован принцип локально-независимого управления процессом расхождения и разработан метод гибких стратегий их расхождения, который согласно требованиям МППСС-72 позволяет сформировать стратегию расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом навигационных опасностей и динамики судна. В монографии [2] приведен метод предупреждения столкновения судов путем смещения на параллельную линию пути, а в работе [3] изложены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения.

При управлении процессом расхождения судов с помощью СУДС исчезает необходимость во взаимном согласовании маневров судов механизмом взаимодействия, т. е. реализуется принцип внешнего полного управления процессом расхождения, методы которого изложены в работах [4, 5, 6], а исследование его основных возможностей в ситуациях опасного сближения нескольких судов составляет содержание данной работы.

Формулировка целей работы (постановка задачи). В данном докладе ставится задача графического отображения области недопустимых значений параметров движения судов и использования ее при их сближении.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

В работе [7] получено уравнение изолинии, характеризующее равенство дистанции кратчайшего сближения $\min D$ и предельной допустимой дистанции сближения d_d , которое имеет следующий вид:

$$V_1(\sin K_1 \cos \gamma^{(1,2)} - \cos K_1 \sin \gamma^{(1,2)}) = V_2(\sin K_2 \cos \gamma^{(1,2)} - \cos K_2 \sin \gamma^{(1,2)}), \quad (1)$$

где K_1 , K_2 и V_1 , V_2 - соответственно курсы и скорости судов;

$$\gamma^{(1,2)} = \alpha \mp \arcsin\left(\frac{d_d}{D}\right);$$

α , D - начальный пеленг и дистанция между судами.

В данном докладе рассмотрим расхождение судов, при котором одно из судов изменяет курс, сохраняя неизменной скорость, а второе судно на постоянном курсе может снижать свою скорость. В указанном случае необходимо рассмотреть область опасных курсов одного судна и скоростей другого судна, при сочетании которых дистанция кратчайшего сближения меньше предельно-допустимой дистанции, т. е. сближение судов является опасным. Рассмотрим принцип формирования такой области, которую обозначим Ω_{KV} . Очевидно, что границу области Ω_{KV} на плоскости $K_1 \times V_2$ составляют точки (K_1, V_2) , удовлетворяющие условию $\min D(K_1, V_2) = d_d$. С учетом выражения

$\gamma^{(1,2)} = \alpha \mp \arcsin\left(\frac{d_d}{D}\right)$, граница області Ω_{KV} аналітично формалізується з допомогою раніше отриманого виразу (1):

$$\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)}) = \frac{\sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})}{V_1} V_2.$$

Если обозначить $\mu^{(1,2)} = \frac{\sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})}{V_1}$, то $V_2^{(1,2)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1,2)})}{\mu^{(1,2)}}$. Следовательно,

существует две границы, на которых достигается равенство $\min D = d_d$:

$$V_2^{(1)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(1)})}{\mu^{(1)}} = \frac{V_1}{\sin[K_2 - (\alpha + \arcsin \frac{d_d}{D})]} \sin[K_1 - (\alpha - \arcsin \frac{d_d}{D})],$$

$$V_2^{(2)} = \frac{\sin(K_1 - \gamma^{(2)})}{\mu^{(2)}} = \frac{V_1}{\sin[K_2 - (\alpha - \arcsin \frac{d_d}{D})]} \sin[K_1 - (\alpha + \arcsin \frac{d_d}{D})]. \quad (2)$$

Так как рассматриваем изменение скорости торможением, то значения скоростей $V_2^{(1,2)}$ должны удовлетворять условию $V_{2n} > V_2^{(1,2)} \geq 0$, где V_{2n} - начальная скорость судна.

Рассмотрим, какие значения курса K_1 соответствуют граничным значениям 0 и V_{2n} скорости $V_2^{(1,2)}$. Прежде всего, отмечаем, что границы не могут быть определены для ситуации, когда $K_2 = \alpha \pm \arcsin \frac{d_d}{D}$. Очевидно, из уравнений границ (2):

$$K_1(V_2^{(1,2)} = 0) = \alpha \mp \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(1,2)}.$$

Второе значение $K_1(V_2^{(1,2)} = V_{2n})$ определяется уравнением:

$$K_1(V_2^{(1,2)} = V_{2n}) = \gamma^{(1,2)} + \arcsin\left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1,2)})\right].$$

В случае $V_1 > V_{2n}$ существуют значения $K_1(V_2^{(1,2)} = V_{2n})$ для обеих границ, а если $V_1 < V_{2n}$, то необходимо учитывать соотношения между величиной $\gamma^{(1,2)}$ и экстремальными относительными курсами K_{otmax} и K_{otmin} .

В случае $V_1 > V_{2n}$ граничные значения курса первого судна определяются выражениями:

$$K_1(V_2^{(1)} = 0) = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(1)};$$

$$K_1(V_2^{(2)} = 0) = \alpha + \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(2)};$$

$$K_1(V_2^{(1)} = V_{2n}) = \gamma^{(1)} + \arcsin\left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1)})\right];$$

$$K_1(V_2^{(2)} = V_{2n}) = \gamma^{(2)} + \arcsin\left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(2)})\right].$$

Обозначим:

$$K_{1min}^{(1)} = K_1(V_2^{(1)} = 0), \quad K_{1min}^{(2)} = K_1(V_2^{(2)} = 0),$$

$$K_{1max}^{(1)} = K_1(V_2^{(1)} = V_{2n}), \quad K_{1max}^{(2)} = K_1(V_2^{(2)} = V_{2n}).$$

С учетом принятых обозначений:

$$K_{1min}^{(1)} = \alpha - \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(1)},$$

$$K_{1\min}^{(2)} = \alpha + \arcsin \frac{d_d}{D} = \gamma^{(2)},$$

$$K_{1\max}^{(1)} = \gamma^{(1)} + \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1)}) \right],$$

$$K_{1\max}^{(2)} = \gamma^{(2)} + \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(2)}) \right].$$

Обращаем внимание, что изменение скорости второго судна V_2 на участке $V_2 \in (0, V_{2n})$ для первой границы происходит на участке курсов $K_1 \in (K_{1\min}^{(1)}, K_{1\max}^{(1)})$, т. е. на интервале $\Delta K_1^{(1)} = K_{1\max}^{(1)} - K_{1\min}^{(1)}$ или с учетом полученных выражений $\Delta K_1^{(1)} = \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(1)}) \right]$. Аналогично для второй границы: $K_1 \in (K_{1\min}^{(2)}, K_{1\max}^{(2)})$ и $\Delta K_1^{(2)} = \arcsin \left[\frac{V_{2n}}{V_1} \sin(K_2 - \gamma^{(2)}) \right]$. Заметим, что интервалы $\Delta K_1^{(1)}$ и $\Delta K_1^{(2)}$ меньше $\pi/2$, поэтому на этих интервалах значение скорости V_2 для обеих границ монотонно возрастает. С учетом полученных результатов область Ω_{KV} опасных параметров курса одного судна и скорости второго судна, заключенная между первой G_{1KV} и второй G_{2KV} границами для случая $V_1 > V_{2n}$ выглядит, как показано на рис. 1.

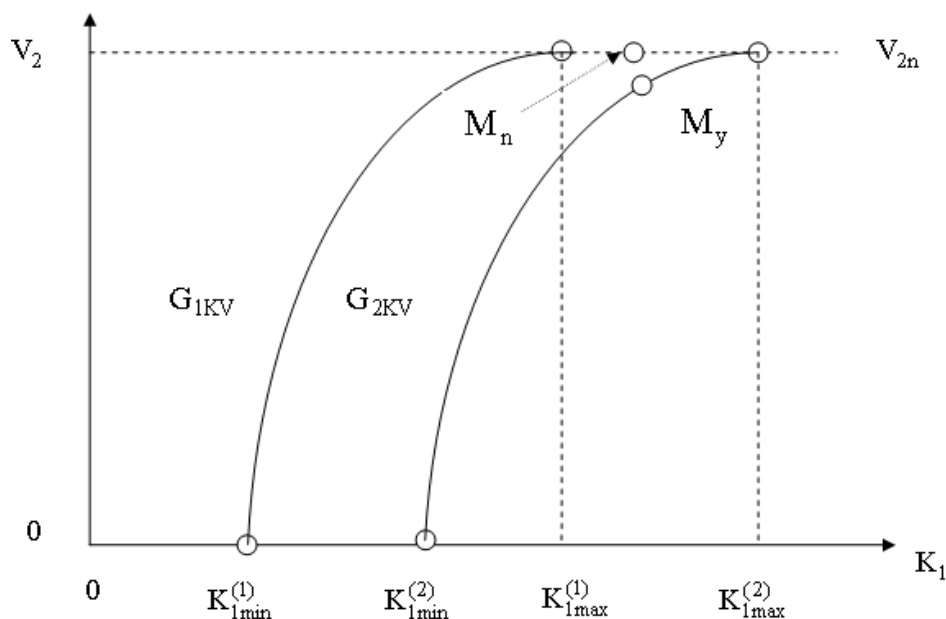


Рисунок 1 – Область Ω_{KV} опасных параметров судов

Поэтому, если точка с начальными параметрами движения судов $M_n(K_{n1}, V_{2n})$ находится между первой G_{1KV} и второй G_{2KV} границами, т.е. $(K_{n1}, V_{2n}) \in \Omega_{KV}$, то имеет место неравенство $\min D(K_{n1}, V_{2n}) < d_d$, и сближение судов является опасным. В этом случае необходимо выбрать параметры уклонения судов K_{1y} и V_{2y} , таким образом, чтобы соответствующая им точка $M_y(K_{1y}, V_{2y})$ находилась на ближайшей к точке $M_n(K_{n1}, V_{2n})$ границе области Ω_{KV} и расстояние между точками M_n и M_y было минимальным, как показано на рис. 2.

Выводы. Получено графическое отображение области недопустимых значений курсов одного судна и скоростей второго судна и предложена процедура оценка опасности сближения судов и выбора безопасного маневра расхождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н.Цымбал, И.А.Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
2. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Л.Л. Вагущенко. – Одесса: Фенікс, 2013. – 180 с.
3. 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.
4. Бурмака И.А. Маневр расхождения трех судов изменением курсов/ И.А. Бурмака, А.Ю. Булгаков // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2014. – Вып. 20. Одесса: ОНМА. - С. 18 -23.
5. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А. Бурмака., Э.Н. Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, - Саарбрюккен (Германия), – 2016. - 585 с.
6. Булгаков А.Ю. Использование опасной области курсов двух судов для выбора допустимого маневра расхождения/ А.Ю. Булгаков// Водный транспорт. – 2014. №2 (20).– С. 12 – 17.
7. Бурмака И.А. Применение областей недопустимых значений параметров движения судов для безопасного расхождения/ Бурмака И.А., Пятаков Э. Н. // Austria - science, Issue: 11, 2018.- С. 34 - 39.

СПОСОБ ВЫБОРА МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ

Петриченко О.А.

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

Введение. Одной из наиболее актуальных проблем является обеспечение безопасного судовождения в стесненных районах плавания, где происходит превалирующее число столкновений судов. Их снижение возможно в результате разработки и внедрения бортовых систем поддержки принятия решений судоводителя. Поэтому использование электронной карты для выбора маневра расхождения, чему посвящен настоящий доклад, является актуальным и перспективным направлением научных исследований по проблеме безопасности судовождения.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] рассмотрены принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, а также приведен анализ методов их реализации, а в работе [2] приведено подробное исследование методов локально-независимого управления, а для расхождения оперирующего судна с несколькими опасными целями предложен метод формирования гибких стратегий расхождения. Взаимодействие судов в ситуации опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения рассмотрены в работе [3]. Вопросы учета навигационных опасностей и инерционности судна при выборе стратегии расхождения судна освещены в работах [4, 5].

Формулировка целей работы (постановка задачи). Целью доклада является рассмотрение способа выбора маневра расхождения с помощью электронной карты.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

При плавании судна в стесненных водах в ситуации опасного сближения судна с целью выбор маневра расхождения производится с учетом навигационных опасностей и мешающих судов. Поэтому при выборе маневра расхождения помимо ограничений по безопасности расхождения необходимо учитывать ограничения по навигационным опасностям.

Существующий подход аналитического учета навигационных опасностей при выборе безопасной стратегии расхождения, предложенный в работах [3,4], требует модернизации САРП и корректность рассчитанной стратегии расхождения не может быть оперативно оценена судоводителем. Однако использование ЭКДИС позволяет отображать на электронной карте положение и движение целей в пространстве истинного движения. Учитывая, что на электронной карте нанесены навигационные опасности, оперативное отображение опасных областей окружающих целей позволяет выбирать безопасные траектории движения судна и, следовательно, формировать безопасную стратегию расхождения, исходя из анализа навигационной информации электронной карты.

Рассмотрим в первом приближении способ использования электронной карты для выбора безопасного маневра расхождения судна с целью при наличии навигационных опасностей. Для этого обратимся к рис. 1, на котором показаны положение судна C_0 , цели c_1 и навигационная опасность ND.

Допустим с помощью области недопустимых значений параметров движения судна производится оценка опасности сближения с целью c_1 , которая показывает наличие ситуационного возмущения и с помощью той же области производится определение безопасного курса уклонения K_y поворотом влево, так как при уклонении

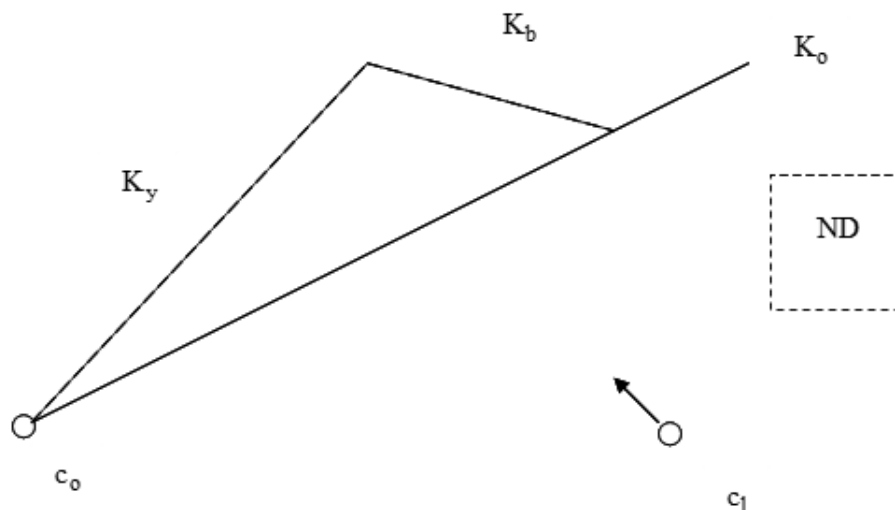


Рисунок 1 – Безопасний маневр расхождения уклонением судна влево

судна вправо возникает угроза со стороны навигационной опасности ND. Траектория движения судна по участку уклонения отображается на электронной карте и свидетельствует о безопасном маневре расхождения. Поэтому такой маневр расхождения может быть реализован судном для предупреждения столкновения.

Однако, при определении курса уклонения возможна ситуация, когда курс уклонения K_{yn} ведет к навигационной опасности, как показано на рис. 2.

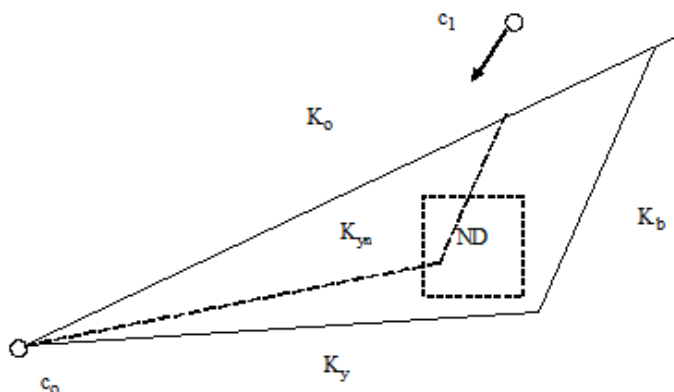


Рисунок 2 – Выбор маневра расхождения уклонением судна вправо

В такой ситуации следует увеличивать значение курса уклонения до величины K_y , при котором отображаемая на электронной карте траектория уклонения будет проходить в стороне от навигационной опасности. Очевидно, что в этом случае дистанция кратчайшего сближения судна с целью $\min D$ превосходит величину предельно-допустимой дистанции d_d , $\min D > d_d$ и маневр расхождения не является оптимальным по критерию безопасности расхождения, однако он является оптимальным по совместному учету ограничений по безопасности расхождения и навигационным опасностям.

Описанный подход целесообразен и в ситуациях опасного сближения с несколькими опасными целями, когда применяются области недопустимых значений параметров по каждой цели, и выбирается курс уклонения, безопасный по отношению к каждой цели. Аналогично учитываются мешающие суда и наличие нескольких навигационных опасностей.

Выводы. Таким образом, с помощью электронной карты предложен способ выбора маневра расхождения изменением курса.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. 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.
4. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. – 2003. – №.6. – С. 103 - 107.
5. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. – 2005. - №10. – С. 21 – 25.

ЗАВИСИМОСТЬ ФОРМ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ РАСХОЖДЕНИЯ ОТ ИСТИННОЙ ТРАЕКТОРИИ СУДНА УКЛОНЕНИЕМ ВПРАВО

Пятаков Э.Н.

*Институт последипломного образования «Одесский морской тренажерный центр»,
Херсонский филиал
(Украина)*

Вступление. В настоящее время число столкновений судов остается на недопустимо высоком уровне. Поэтому снижение аварийности по указанной причине требует, как одну из возможных мер, разработки корректных практических рекомендаций судоводителям, позволяющих произвести выбор безопасного маневра расхождения. Следовательно, разработка способов совершенствования процесса расхождения опасно сближающихся судов, в частности, с учетом относительной формы траектории расхождения для расчета параметров стратегии расхождения судна и зависимости относительной формы расхождения от истинной траектории является актуальным и перспективным научным направлением, чем и обусловлен выбор темы работы.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций.

В работе [1] введено понятие взаимодействия судов в ситуации опасного сближения и возникновения угрозы столкновения, а также предложена формализация МППСС-72. Работа [2] посвящена разработке метода гибких стратегий расхождения, который при локально-независимом управлении позволяет выбрать оптимальную стратегию расхождения судна с несколькими опасными целями с учетом требований МППСС-72 и при наличии мешающих факторов. Вопросу определения угрозы ситуационного возмущения при опасном сближении судов посвящена работа [3], а возможный вариант системы, содержащей два иерархических уровня, рассмотрен в работах [4,5].

Формулировка целей работы (постановка задачи).

Целью данного доклада является определение возможных форм относительной траектории расхождения судна, соответствующих истинной траектории его расхождения уклонением вправо при скорости маневрирующего судна меньшей скорости цели.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Рассмотрим возможные формы относительной траектории расхождения судна, которые соответствуют истинной траектории его расхождения уклонением вправо в случае, 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 [6]. На рис. 1 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. $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tst}$.

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. 2, то форма относительной траектории расхождения не совпадает с формой истинной траектории, а имеет место соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tpr}$.

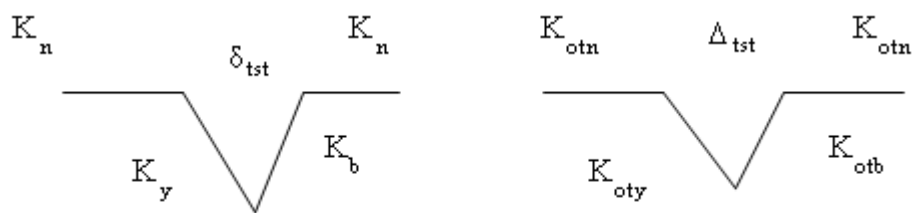
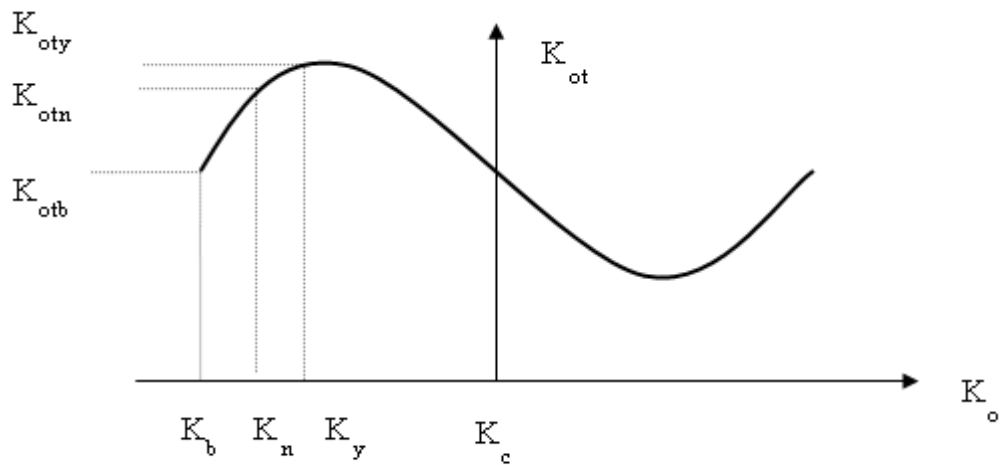


Рисунок 1– Соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tst}$ форм траекторий при $V_o < V_c$

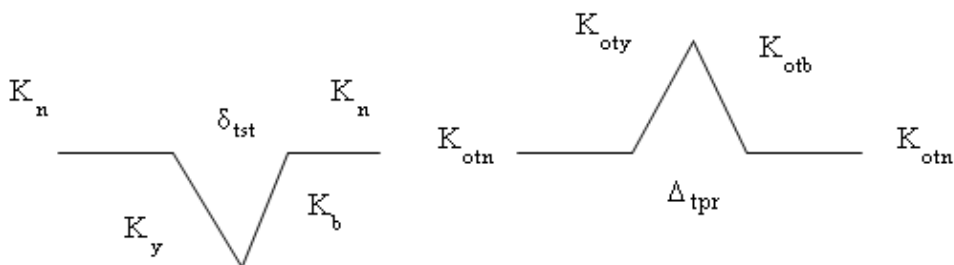
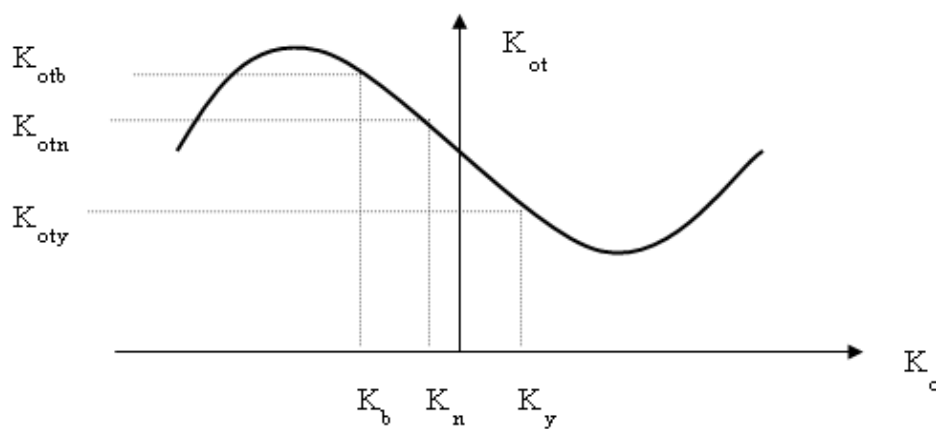


Рисунок 2 – Соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tpr}$ форм траекторий при $V_o < V_c$

В дальнейшем рассмотрим ситуации, когда курсы истинной траектории расхождения находятся на разных участках зависимости относительного курса. Вначале допустим, что курсы K_n и K_b формы δ_{tst} истинной траектории принадлежат растущему участку зависимости относительного курса, а курс уклонения K_y - убывающему участку,

как показано на рис. 3. В показанном примере относительная траектория имеет участки уклонения и выхода, которые изменяются влево. Такую форму траектории расхождения обозначим Δ_{tprl} . Соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tprl}$ форм истинной и относительных траекторий показано на рис. 3.

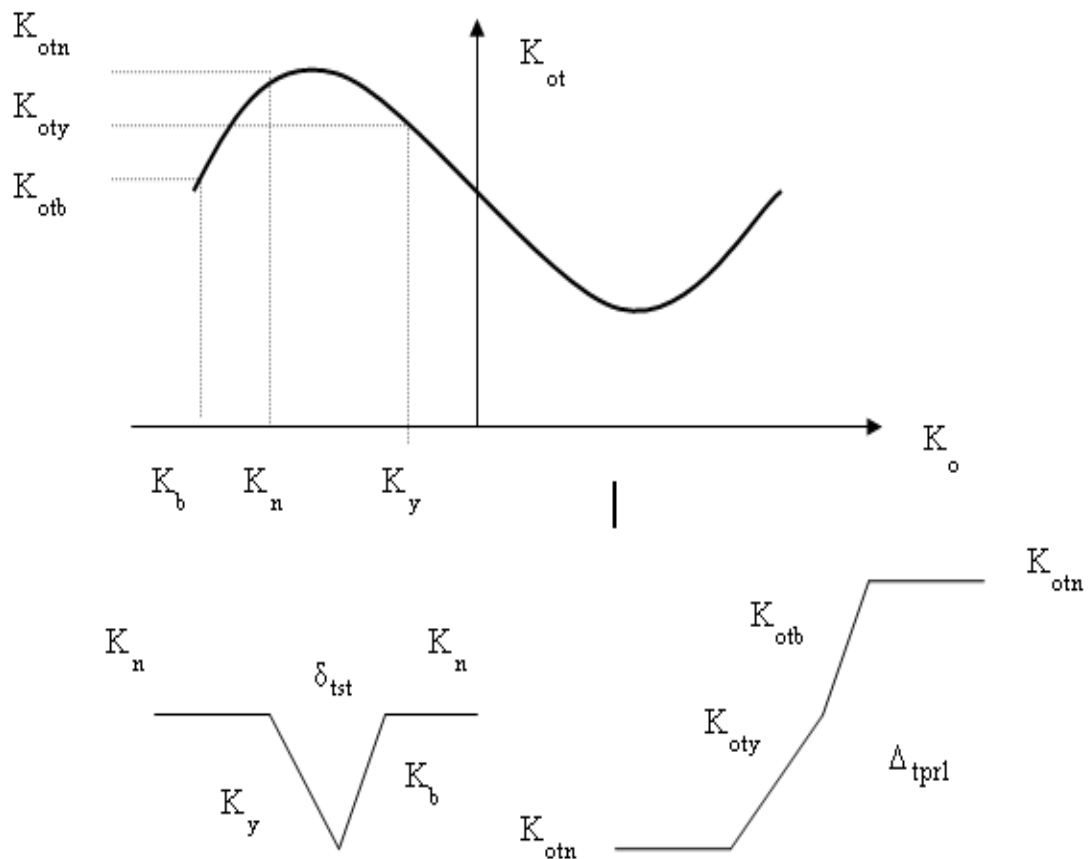


Рисунок 3 – Соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tprl}$ форм траекторий при $V_o < V_c$

На рис. 4. курсы K_n и K_b формы δ_{tst} истинной траектории принадлежат убывающему участку зависимости относительного курса, а курс уклонения K_y - растущему участку. Относительная траектория, соответствующая этому случаю, характеризуется следующей особенностью: ее участки уклонения и выхода на заданную траекторию изменяются вправо по отношению к предыдущему участку. Такую форму относительной траектории с двумя участками изменения курса вправо обозначим через Δ_{tst1} , причем можно утверждать, что существуют соотношения курсов K_n , K_y и K_b формы δ_{tst} истинной траектории расхождения, при которых имеет место соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tst1}$ (рис. 4).

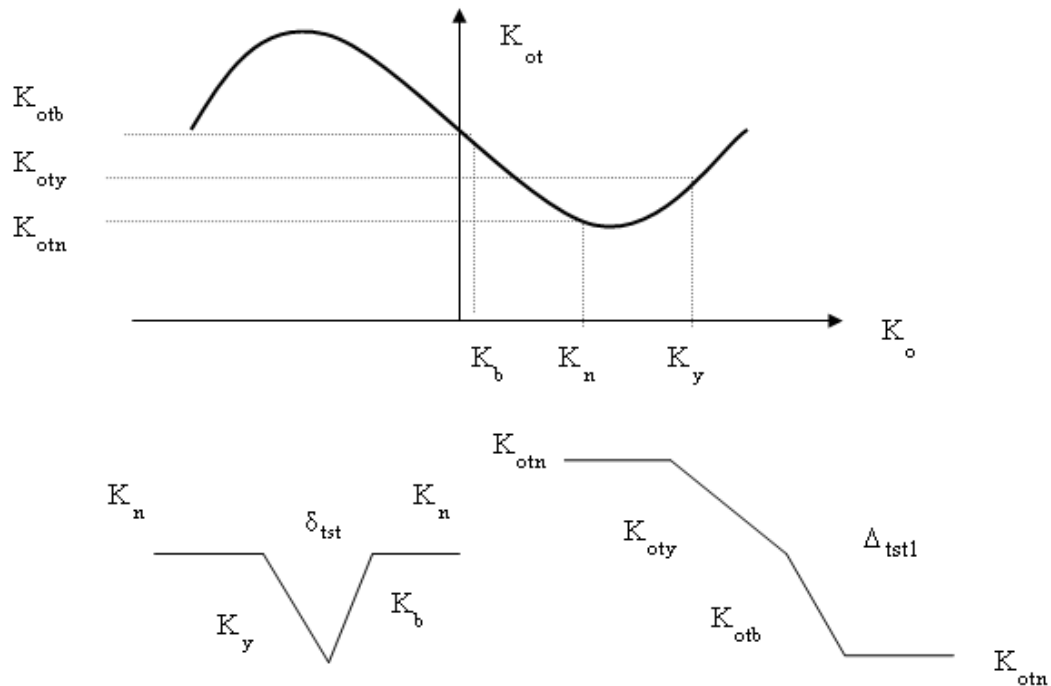


Рисунок 4 – Соответствие $\delta_{tst} \rightarrow \Delta_{tst1}$ форм траекторий при $V_o < V_c$

Выводы. Таким образом, в случае скорости маневрирующего судна, меньшей скорости цели, истинной траектории расхождения судна уклонением вправо соответствуют четыре формы относительной траектории расхождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов/ Пятаков Э.Н., Заичко С.И. // Судовождение. – 2008. - № 15. – С. 166 –171.
4. Заичко С.И. Возможности синтеза системы формирования стратегий расхождения группы судов/ Заичко С.И., Пятаков Э.Н. // Судовождение. – 2006. - № 12. – С. 63 – 66.
5. Пятаков Э.Н. Требование к процедуре формирования второго уровня иерархической системы управления взаимодействием судов / Пятаков Э.Н. // Судовождение. – 2007. - № 13. – С. 145 – 148.
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.

ВЫБОР МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ СУДНА С ДВУМЯ ЦЕЛЯМИ

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 опасность для человеческой жизни и возможный вред окружающей среде.

Особенностями плавания в стесненных районах является быстротекущее изменение навигационной ситуации, что требует разработки оперативных и простых в использовании методов оценки опасности сближения и, в случае необходимости, выбора безопасного маневра расхождения. Следовательно, разработка способов управления судами, которые опасно сближаются, чему посвящена данная работа, является актуальным и перспективным научным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов рассмотрены в работе [1], а также приведен анализ методов их реализации, причем в работе [2] приведено подробное исследование методов локально-независимого управления и предложен метод формирования гибких стратегий расхождения. В работе [3] рассмотрены взаимодействие судов в ситуации опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения, а процедура выбора оптимального стандартного маневра расхождения пары судов рассмотрена в работе [4]. Экстренная стратегия расхождения в ситуации чрезмерного сближения судов предложена в работе [5].

Формулировка целей работы (постановка задачи). Целью данного доклада является изложение процедуры выбора маневра расхождения судна изменением курса при сближении с двумя целями с помощью областей недопустимых значений параметров его движения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Как указывается в работе [6], при локально-независимом управлении оценка опасности ситуации сближения судна с целью может производиться с помощью области недопустимых параметров движения судна Ω_d , границы которой определяются следующими уравнениями:

$$K_1^{(1)} = \gamma^{(1)} + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - \gamma^{(1)})}{V_1}, \quad (1)$$

причем $V_1 \geq V_2 \sin(K_2 - \gamma^{(1)})$;

$$K_1^{(2)} = \gamma^{(2)} + \arcsin \frac{V_2 \sin(K_2 - \gamma^{(2)})}{V_1}, \quad (2)$$

здесь $V_1 \geq V_2 \sin(K_2 - \gamma^{(2)})$.

В приведенных выражениях K_1 и V_1 - параметры движения судна, K_2 и V_2 - параметры движения цели, $\gamma^{(1,2)} = \alpha \mp \arcsin \frac{d_d}{D}$, причем α и D - пеленг на цель и дистанция до нее, d_d - предельная дистанция сближения.

На рис. 1 представлено графическое изображение области Ω_d [6] для параметров движения судна $K_1 = 135^\circ$ и $V_1 = 18$ узлов. Область недопустимых параметров движения судна Ω_d позволяет оценить наличие опасности при сближении судна с целью. Если точка

с параметрами движения судна (K_1, V_1) принадлежит области Ω_d , то сближение является опасным, если же нет - судно и цель сближаются безопасно. При опасном сближении судна с целью область Ω_d позволяет выбрать маневр расхождения изменением курса судна при неизменной его скорости. Такому маневру соответствует точка (K_{1y}, V_1) с курсом уклонения K_{1y} , находящаяся на границе области Ω_d . Для нашего примера, как следует из рис. 1, безопасный курс уклонения K_{1y} достигается увеличением до 195° .

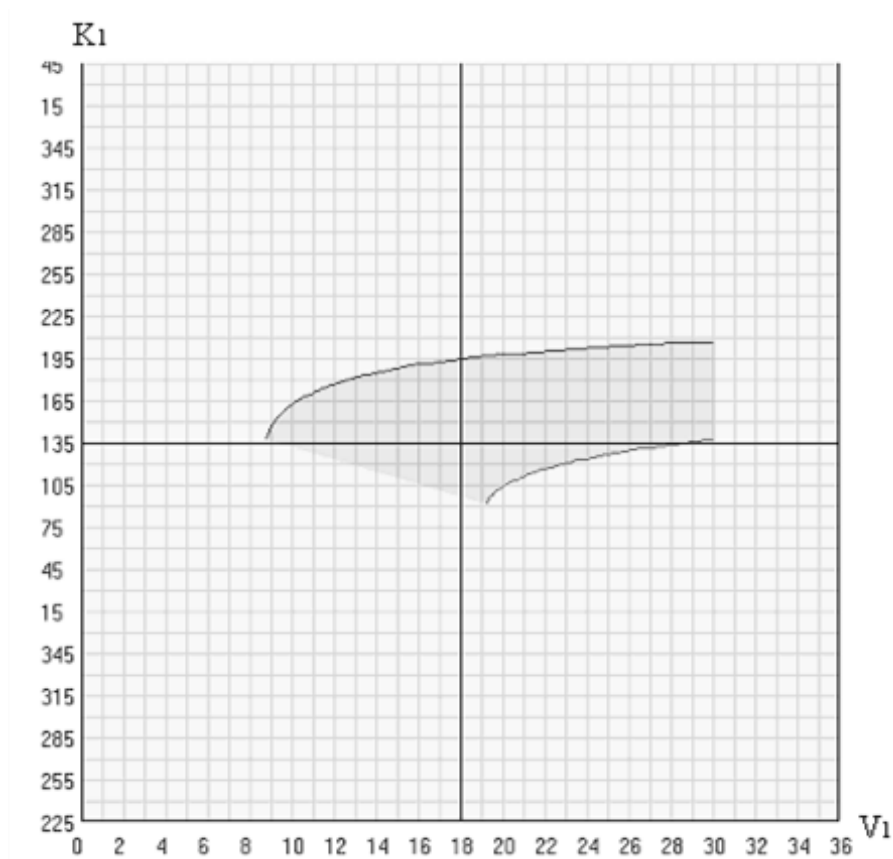


Рисунок 1 – Область Ω_d при сближении судна с целью на встречных курсах

Очевидно, принцип оценки ситуации сближения и выбора безопасного курса уклонения с помощью области недопустимых значений параметров движения судна Ω_d можно применить для ситуации сближения судна с несколькими целями. Для этого рассмотрим ситуацию сближения судна с двумя целями, которая характеризуется параметрами движения судна K_1 и V_1 , параметрами движения первой цели K_2 и V_2 , параметрами движения второй цели K_3 и V_3 , пеленгами на цели α_{12} и α_{13} , а также дистанциями до них D_{12} и D_{13} . Сближение судна с первой целью характеризуется областью недопустимых значений параметров движения судна $\Omega_d^{(1,2)}$, границы которой рассчитываются с помощью формул (1) и (2), причем для расчета принимаются параметры K_2, V_2, α_{12} и D_{12} . Аналогично производится формирование области $\Omega_d^{(1,3)}$ для сближения судна со второй целью, в этом случае границы области $\Omega_d^{(1,3)}$ рассчитываются по параметрам K_3, V_3, α_{13} и D_{13} . Затем производится проверка принадлежности точки параметров движения судна (K_1, V_1) каждой из областей $\Omega_d^{(1,2)}$ и $\Omega_d^{(1,3)}$, в результате которой делается заключение об опасности сближения судна с каждой из целей. В случае

необходимости маневр расхождения судна изменением курса выбирается таким образом, чтобы точка (K_{1y}, V_1) с курсом уклонения K_{1y} не принадлежала областям $\Omega_d^{(1,2)}$ и $\Omega_d^{(1,3)}$, т. е. было справедливо условие $(K_{1y}, V_1) \notin \Omega_d^{(1,2)} \cup \Omega_d^{(1,3)}$. При этом точка (K_{1y}, V_1) должна находится на границе одной из областей.

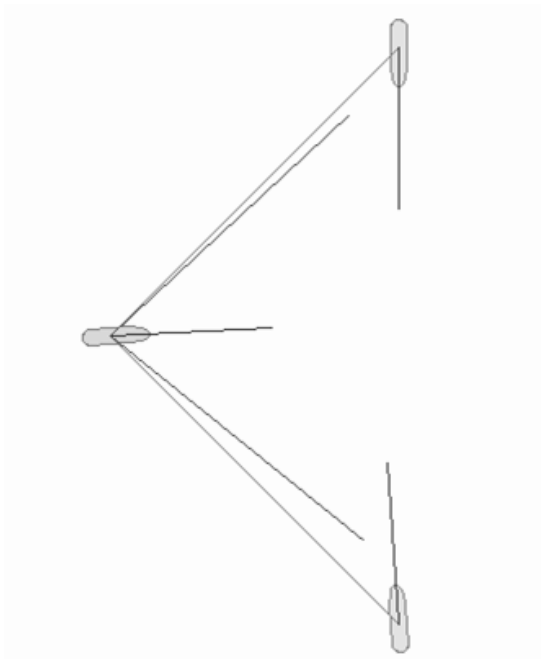


Рисунок 2 – Ситуация сближения судов

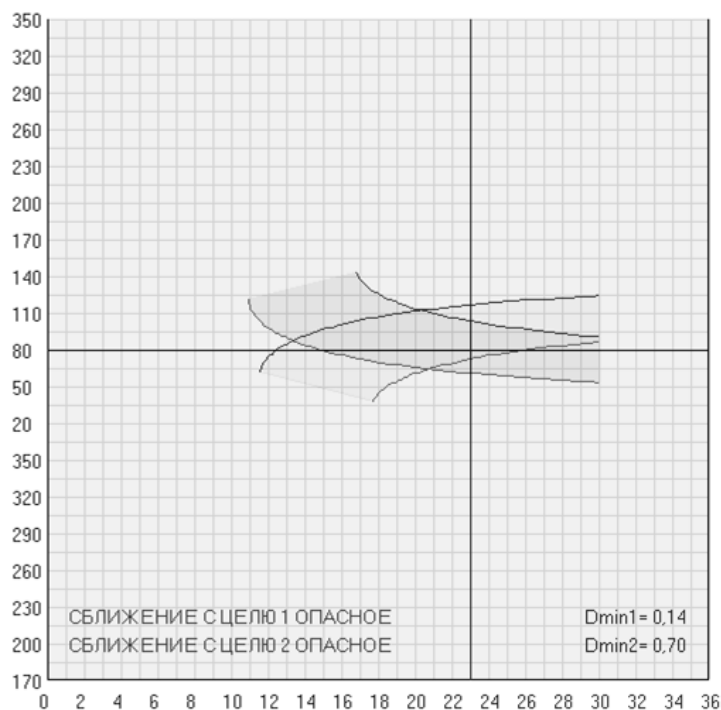


Рисунок 3 – Области $\Omega_d^{(1,2)}$ и $\Omega_d^{(1,3)}$ при первой ситуации сближении

В качестве примера рассмотрим ситуацию сближения судна, следующего курсом $K_1 = 80^\circ$ и скоростью $V_1 = 23$ узла, с двумя целями и произведем анализ на необходимость выбора маневра расхождения изменением курса судна. Ситуация сближения судна с целями показана на рис. 2, а области недопустимых значений

параметров движения судна $\Omega_d^{(1,2)}$ и $\Omega_d^{(1,3)}$, построенные для предельной дистанции сближения $d_d = 1,0$ мили, приведены на рис. 3. Точка с параметрами движения судна принадлежит обоим областям, поэтому судно опасно сближается с первой целью на дистанцию кратчайшего сближения $D_{\min 1} = 0,14$ мили и со второй целью на $D_{\min 2} = 0,70$ мили. Поэтому для безопасного расхождения с обоими целями судно должно отвернуть либо вправо на курс $K_{1y} = 118^\circ$, либо влево на курс $K_{1y} = 58^\circ$ (рис. 3).

Помимо рассмотренного способа расхождения судна с обеими целями общим маневром уклонения может оказаться целесообразным применение двух последовательных уклонений от каждой из целей с использованием областей недопустимых значений параметров движения судна.

Выводы. Таким образом, предложен способ формирования областей недопустимых значений параметров движения судна для ситуации его сближения с двумя целями и получена процедура оценки опасности ситуации сближения относительно каждой из целей, а также показано, что с помощью областей недопустимых значений параметров движения судна возможен выбор маневра расхождения общим уклонением от двух целей.

ЛИТЕРАТУРА

1. 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.
2. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н.Н. Цымбал, И.А. Бурмака, Е.Е. Тюпиков. - Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. 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.
4. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7. - 2002. - С. 115-120.
5. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.
6. Волков Е.Л. Выбор маневра расхождения судна изменением курса с помощью области недопустимых параметров движения / Волков Е.Л. // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, V(14), Issue: 132, 2017.- С. 97 - 101.

ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ НА МІЛКОВОДДІ

Товстокорий О.М., Бурак О.О.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Постановка проблеми в загальному вигляді. При плаванні на мілководді поведінка суден змінюється завдяки впливу нових сил, що обумовлені наявністю близько розташованого дна моря. Так, виявлені закономірності впливу мілководдя на маневрені характеристики суден в залежності від швидкості, в залежності від форми суден та коефіцієнтів їхньої повноти, частково досліджена залежність від запасу води під кілем. З виникненням електронних тренажерів - симуляторів такі експерименти стало можливим проводити з набагато меншими складнощами.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Багато авторів у різних виданнях приділяють увагу цьому питанню.

Так, М.А.Кубачев в [1] вважає, що вибіг судна при вільному гальмуванні на мілководді завжди менший, ніж на глибокій воді завдяки збільшенню опору води. Особливо це проявляється на граничному мілководді та великих швидкостях.

А.В.Ліхачов в [2] стверджує, що при однаковій початковій швидкості гальмівний шлях на мілководді і на глибокій воді відрізняються незначно.

І.С.Clark в [3] заявляє, що мінімальний гальмівний шлях судна при будь-якій швидкості зростає зі зменшенням глибини води. Це стається завдяки збільшенню маси судна завдяки збільшенню приєднаних мас води.

Daniel H. MacElrevey and Daniel E. MacElrevey в [4] вважають, що втрата швидкості при застопореному двигуні на мілководді завжди менша, ніж на глибокій воді і гальмівний шлях більше на мілководді.

Г.М. Шарлай в [5] також стверджує, що при однаковій початковій швидкості гальмівний шлях на мілководді і на глибокій воді відрізняються незначно.

Г.Г. Єрмолаєв в [6] вважає, що на мілководді гальмівні шляхи, як пасивного, так і активного гальмування, збільшуються.

Постановка завдання. Таким чином, в підручниках по управлінню суден існують принаймні три варіанта поведінки судна при пасивному гальмуванні. Нашим завданням буде або підтвердити один з запропонованих варіантів, або знайти свій особливий. Для цього ми використаємо тренажер-симулятор «TRANZAS 5000».

Викладення матеріалу дослідження. Для проведення експериментів використаємо наступні моделі суден, тактико-технічні дані яких зведені в таблицю 1:

Таблиця 1 – Тактико-технічні дані суден, які задіяні в експерименті

№	Назва судна	Водотон. т	T_n , м	T_k , м	C_b	L_{pp}/B
1	Балкер в баласті	44081	7,4	8,0	0,818	6,718
2	Балкер в вантажі	64062	10,9	10,9	0,837	6,718
3	Автомобілевоз	19587	6,6	6,9	0,486	5,882
4	Контейнеровоз MAERSK	191000	13,7	13,7	0,66	6,732
5	Контейнеровоз MSC	32025	9,6	10,0	0,678	7,587
6	Пасажи́рське судно	44000	8,0	8,0	0,647	6,966
7	Судно-постачальник для шельфу	5291	6,6	6,6	0,644	3,85
8	Пасажи́рський пором-ролкер	7797	5,3	5,3	0,552	4,864
9	Танкер для роботи на шельфі	160529	15,9	15,9	0,84	5,696
10	Судно ріка-море СОРМОВСЬКИЙ	4514	3,4	3,6	0,849	8,455
11	Танкер	135000	14,9	14,9	0,879	5,365

Для усіх суден робимо експеримент маневру пасивного гальмування на різних глибинах Н, які співвідносяться до осідання d в пропорціях $H = 1,1d; 1,25d; 1,5d; 2d; 3d; 4d$; гранична глибина, при якій відчувається мілководдя; глибока вода. Початкова швидкість – максимальна швидкість, яку може розвинути конкретне судно на мінімальній глибині. Кінцева швидкість – швидкість, при якій судно ще може утримуватись на курсі. Кермо – в положенні «автостерновий». Замірялася максимальна відстань у морських милях, яку пройшло судно до кінця експерименту. Результати заносилися в таблицю 2.

Таблиця 2 - Гальмівні шляхи пасивного гальмування суден, що задіяні в експерименті, в морських милях

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГГ	ГВ
1	Балкер в баласті	2,378	2,359	2,364	2,331	2,273	2,289	2,549	2,543
2	Балкер в вантажі	3,618	3,576	3,483	3,457	3,445	3,442	3,639	3,722
3	Автомобілевоз	1,862	1,833	1,770	1,745	1,717	1,706	1,758	1,769
4	Контейнеровоз MAERSK	8,797	8,623	7,695	7,111	6,554	6,461	6,71	6,718
5	Контейнеровоз MSC	2,455	2,406	2,293	2,207	2,132	2,124	2,192	2,183
6	Пасажи́рське судно	1,573	1,595	1,929	2,219	2,318	2,414	2,402	2,503
7	Судно-постачальник для шельфу	0,553	0,429	0,443	0,476	0,51	0,549	0,56	0,556
8	Пасажи́рський пором-ролкер	0,381	0,396	0,413	0,436	0,473	0,486	0,485	0,479
9	Танкер для роботи на шельфі	4,075	4,063	4,015	4,004	3,995	3,984	4,21	4,212
10	СОРМОВСЬКИЙ	1,097	1,084	1,074	1,102	1,091	1,09	1,24	1,246
11	Танкер	4,851	4,574	4,513	4,71	5,149	5,499	5,508	5,515

Для того, щоб мати можливість порівняти відхилення величини гальмівного шляху при зменшенні глибини моря від початкового гальмівного шляху пасивного гальмування на глибокій воді, гальмівну відстань для кожного судна на глибокій воді прийемо за 100%. Інші гальмівні шляхи порахуємо у відсотках до гальмівного шляху на глибокій воді. Результати занесемо в таблицю 3.

Таблиця 3 - Гальмівні шляхи пасивного гальмування суден, що задіяні в експерименті, у відсотках від гальмівних шляхів на глибокій воді

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГГ	ГВ
1	Балкер в баласті	94	93	93	92	89	90	100	100
2	Балкер в вантажі	97	96	94	93	93	92	98	100
3	Автомобілевоз	105	104	100	99	97	96	99	100
4	Контейнеровоз MAERSK	131	128	115	106	98	96	100	100
5	Контейнеровоз MSC	112	110	105	101	98	97	100	100
6	Пасажи́рське судно	63	64	77	89	93	96	96	100
7	Судно-постачальник для шельфу	99	77	80	86	92	99	101	100
8	Пасажи́рський пором-ролкер	80	83	86	91	99	101	101	100
9	Танкер для роботи на	97	96	95	95	95	95	100	100

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГГ	ГВ
	шельфі								
10	СОРМОВСЬКИЙ	88	87	86	88	88	87	100	100
11	Танкер	88	83	82	85	93	100	100	100

Проаналізувавши ці данні, можна сказати, що з 11 суден у двох суден гальмівний шлях пасивного гальмування на мілководді збільшився (Контейнеровоз MAERSK – на 31%, Контейнеровоз MSC – на 12%); у чотирьох зменшився (Пасажирське судно – на 37%, Пасажирський пором-ролкер – на 20%, СОРМОВСЬКИЙ – на 12%, Танкер – на 12%) на 5 суднах – зміна не перевищувала 5%, що можна вважати відстань практично не змінилася (Балкер в баласті, Балкер в вантажі, Автомобілевоз, Судно - постачальник для шельфу, Танкер для роботи на шельфі). До того ж треба додати, що у двох суден данні не мають постійної тенденції до зростання або до зниження (Судно-постачальник для шельфу і Танкер).

Для того, щоб провести повний аналіз гальмівних шляхів цих типів суден на тренажері-симуляторі вважаємо за потрібне провести експерименти активного гальмування на цих же суднах в тих же самих умовах.

Результати цих експериментів занесені в таблицю 4.

Таблиця 4 – Гальмівні шляхи активного гальмування суден, що задіяні в експерименті, в морських милях

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГВ
1	Балкер в баласті	0,531	0,511	0,49	0,391	0,314	0,32	0,3
2	Балкер в вантажі	0,653	0,632	0,569	0,5	0,479	0,463	0,459
3	Автомобілевоз	0,444	0,448	0,447	0,443	0,44	0,439	0,449
4	Контейнеровоз MAERSK	0,936	0,925	0,866	0,829	0,825	0,81	0,813
5	Контейнеровоз MSC	0,56	0,546	0,499	0,468	0,473	0,476	0,473
6	Пасажирське судно	0,378	0,376	0,398	0,402	0,401	0,408	0,39
7	Судно-постачальник для шельфу	0,06	0,058	0,062	0,059	0,06	0,055	0,06
8	Пасажирський пором-ролкер	0,099	0,101	0,103	0,107	0,105	0,098	0,099
9	Танкер для роботи на шельфі	0,93	0,925	0,915	0,892	0,884	0,868	0,869
10	СОРМОВСЬКИЙ	0,234	0,226	0,209	0,208	0,196	0,188	0,193
11	Танкер	1,355	1,276	1,233	1,208	1,213	1,22	1,213

Також перерахуємо значення гальмівного шляху активного гальмування у відсотках від гальмівного шляху на глибокій воді і представимо результати у вигляді таблиці 5

Таблиця 5 – Гальмівні шляхи активного гальмування суден, що задіяні в експерименті, у відсотках від гальмівних шляхів на глибокій воді

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГВ
1	Балкер в баласті	177	170	163	130	105	107	100
2	Балкер в вантажі	142	138	124	109	104	101	100
3	Автомобілевоз	99	100	100	99	98	98	100
4	Контейнеровоз MAERSK	115	114	107	102	101	100	100
5	Контейнеровоз MSC	118	115	106	99	100	92	100

№	Назва судна	1,1d	1,25d	1,5d	2d	3d	4d	ГВ
6	Пасажирське судно	97	96	102	103	103	105	100
7	Судно-постачальник для шельфу	100	97	103	98	100	92	100
8	Пасажирський пором-ролкер	100	102	104	108	106	99	100
9	Танкер для роботи на шельфі	107	106	105	103	102	100	100
10	СОРМОВСЬКИЙ	121	117	108	108	102	97	100
11	Танкер	112	105	102	100	100	101	100

При активному гальмуванні майже в усіх джерелах вважається, що гальмівний шлях має збільшитися.

У нашому експерименті з 11 суден у 7 з них гальмівний шлях збільшився до 77%. У двох суден він залишився незмінним і у двох зменшився на 1-3%. Тобто можна вважати, що на 7 суднах гальмівний шлях при активному гальмуванні змінювався таким чином, як передбачалося, а на решті 4 не змінювався або майже не змінювався.

Висновки.

1. Таким чином, про гальмівний шлях активного гальмування при зменшенні глибини на більшості суден можна сказати, що він змінювався, як передбачалося.

2. Що ж стосується гальмівного шляху пасивного гальмування, то можна визначити, що для більшості суден при зменшенні глибини гальмівний шлях не зазнавав суттєвої тенденції до збільшення, або зменшення і або продовжував залишатися в межах початкового шляху на глибокій воді, або змінювався хаотично. Це не зовсім відповідає теоретичним викладкам багатьох авторів.

Тому ми вважаємо, що для визначення законів зміни маневрених характеристик судна на мілководді експерименти слід продовжити.

ЛІТЕРАТУРА

1. Демин С.И. Управление судном/Демин С.И., Жуков Е.И. и др. – М.: Транспорт, 1991. -359 с.с
2. Лихачев А.В. Управление судном. Учебник для морских вузов. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та.2004. 504с.
3. SHIP DYNAMICS FORE MARINER. I.C.Clark BSc MSc MNI. Published by the Nautical Institute 202 lamberth Rd, London SE1 7LQ. The Nautical Institute 2005
4. MacElrevey, Daniel H. Shiphandling for mariners/by Daniel H. MacElrevey and Daniel E. MacElrevey. 4th ed. Cornell Maritime Press. Centerville, Mariland. – 2004 – 386 p.
5. Шарлай Г. Н. Управление морским судном [Текст]: учебное пособие / Г. Н. Шарлай. – Владивосток: Мор. гос. ун-т, 2015. – 566 с.
6. Справочник капитана дальнего плавания/ Л.Р. Аксютин, В.М.Бондарь, Г.Г.Ермолаев и др.; Под ред.. Г.Г Ермолаева – М.; Транспорт, 1988 – 248с.: ил.,табл.. – Библиогр. 35 назв.

АНАЛИЗ ПЛОТНОСТИ СМЕШАННОГО ЗАКОНА ПЕРВОГО ТИПА И ЕЕ ОРТОГОНАЛЬНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ

Фусар И.Ю.

Национальный Университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Получение эффективных оценок обсервованных координат судна требует знания закона распределения погрешностей навигационных измерений, который может отличаться от нормального закона.

В случае недостаточного объема выборки статистических материалов погрешностей с помощью стандартной процедуры не удастся определить закон их распределения, хотя по выборке можно оценить центральные моменты распределения и использовать разложение плотности распределения погрешностей в ряд Грама-Шарлье типа А, не располагая ее аналитическим выражением. При этом существенным обстоятельством является точность соответствия плотности распределения ее ортогональному разложению, чему посвящена данная статья.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций.

В работах [1-4] рассмотрены законы распределений погрешностей навигационных измерений, отличающихся от закона Гаусса «утяжеленными хвостами». В работе [1] анализируется возможность использования распределения Вейбулла в моделях смешанных распределений, а в работе [2] рассматривается математическая модель смешанного распределения. Публикации [3, 4] посвящены плотностям смешанного распределения погрешностей навигационных измерений, которые выражаются в явном виде.

Анализ работы [5] показывает, что разнообразие законов распределения вероятностей случайных погрешностей, особенностью которых является наличие утяжеленных хвостов, может быть унифицировано использованием ортогонального разложения с полученными значениями центральных моментов высших порядков.

Формулировка целей работы (постановка задачи). Целью доклада является анализ степени совпадения плотности распределения вероятностей случайных погрешностей с ее ортогональным разложением и возможность его использования на примере смешанного закона первого типа.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Как показано в работе [5], ортогональное разложение $f(y)$ плотности законов распределения погрешностей навигационных измерений обладает наилучшей сходимостью с самой плотностью при использовании только первого члена ортогонального разложения, т. е.:

$$f(y) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-y^2/2) [1 + (\mu_4 - 3)(y^4 - 6y^2 + 3)/24], \quad (1)$$

где $y = x/\sigma$.

Рассмотрим нормированную плотность смешанного закона первого типа и ее представление с помощью ортогонального разложения (1). В работе [7] показано, что погрешности измерений навигационных параметров подчиняются смешанному закону распределения, стандартная плотность которого имеет вид [1]:

$$f_1(x) = \frac{2^n \alpha^{n+\frac{1}{2}} n!}{\sqrt{2\pi} 1 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (2n-1)} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{n+1}}, \quad (2)$$

где α - масштабный параметр;
 n – существенный параметр.

Для преобразования плотности (2) к нормированному виду использована формула [11]:

$$g(\eta) = \mu_2^{1/2} f(\mu_2^{1/2} \eta),$$

где $\eta = \xi / \mu_2^{1/2}$ - нормированная погрешность с единичной дисперсией;

μ_2 - дисперсия случайной величины ξ ;

$g(\eta)$ - нормированная плотность распределения.

Для плотности смешанного закона распределения первого типа дисперсия равна $\mu_2 = \frac{2\alpha}{2n-1}$ и соответствующая нормированная плотность $g_1(\eta)$ имеет следующий вид:

$$g_1(\eta) = \frac{B_1}{(\eta^2/(2n-1)+1)^{n+1}}. \quad (3)$$

Здесь $B_1 = \frac{2^{2n} [(n)!]^2}{(2n-1)^{1/2} \pi (2n)!}$ - нормирующий множитель.

Центральные четные моменты μ_{2m} нормированной случайной величины η определяются выражением:

$$\mu_{2m}^{(1)} = \frac{(2n-1)^m n! [2(n-m)]! (2m)!}{(2n)! (n-m)! m!}.$$

Для реализации поставленной в докладе цели вначале были рассчитаны значения нормированных плотностей смешанного закона распределения первого типа (3) и соответствующим им ортогонального разложения для значений существенного параметра $n = 4, 6, 8, 10$. Для рассматриваемой плотности в табл. 1 приведены значения нормирующего множителя B_1 и четвертого центрального момента μ_4 .

Таблица 1 – Значения нормирующего множителя B_1

n	4	6	8	10
B_1	0,440213	0,4256591	0,4187223	0,4146626
μ_4	4.2	3.667	3.462	3.353

На рис. 1 показаны кривые нормированной плотности $g_1(\eta)$ для $n = 4, 6$, окрашенные красным цветом. Так как кривые плотностей симметричны, то показана только половина кривой для положительных значений погрешности, принимающих значения в диапазоне шести средне квадратических отклонений. На этом же рисунке синим цветом показаны соответствующие кривые ортогонального разложения.

Кривые нормированной плотности $g_1(\eta)$ для $n = 8, 10$ и кривые ортогонального разложения представлены на рис. 2. Анализ рис. 1 и рис. 2 показывает, что нормированная плотность $g_1(\eta)$ и ее ортогональное разложение при существенном параметре $n \geq 4$ практически совпадают.

Выводы. Таким образом, рассчитаны кривые нормированных плотностей смешанного закона первого типа и их соответствующих ортогональных разложений, анализ которых показал хорошее совпадение плотностей с разложением.

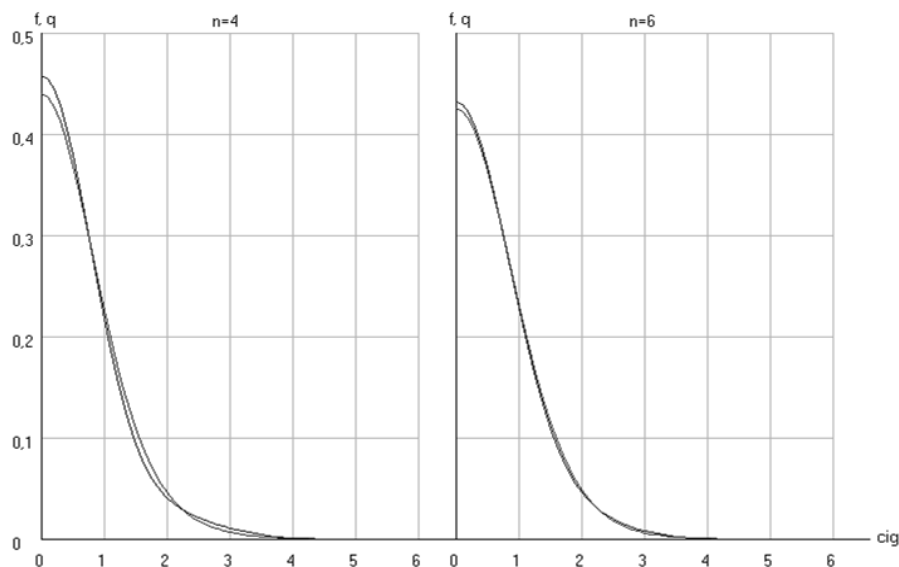


Рисунок 1 – Нормированные плотности $g_1(\eta)$ и их разложения $f(\eta)$ при $n = 4, 6$

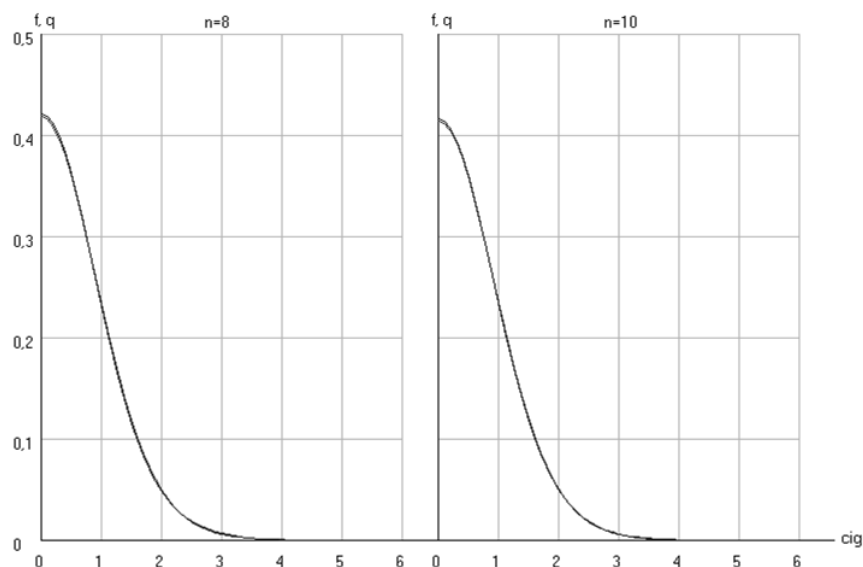


Рисунок 2 – Нормированные плотности $g_1(\eta)$ и их разложения $f(\eta)$ при $n = 8, 10$

ЛИТЕРАТУРА

1. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation // The Journal of Navigation. – Vol. 32.- № 3. – P. 426-429.
2. Кондрашихин В.Т. Определение места судна. – М.: Транспорт, 1989. – 250 с.
3. Ткаченко А.С. К вопросу формирования модели смешанного распределения погрешностей навигационных измерений // Судовождение. – 2005. - № 10 - С. 118-122.
4. Алексишин В.Г. Ткаченко А.С. Требования к плотности распределения среднего квадратического отклонения в модели смешанного распределения // Судовождение. – 2006. - № 11. – С. 9 – 13.
5. Ворохобин И.И. Эффективность применения полиномов Эрмита для ортогонального разложения плотностей распределения навигационных погрешностей/
6. Ворохобин И.И., Сикирин В.Е., Фусар И.Ю.// East European Scientific Journal, №11 (27), 2017, part 1.- С. 24-30.

КОМПЛЕКСНА ВЗАЄМОДІЯ РЕГУЛЬОВАНИХ ТА НЕРЕГУЛЬОВАНИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ РИЗИКІВ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Чепок М.В., Чабан В.О.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Виникнення надзвичайних ситуацій та їх визначення при розгляді складних проблем наштовхується на труднощі непереборного характеру. Зокрема, в деяких випадках виявити рівноможливі випадки може бути неможливо. Навіть у випадку з монеткою, як відомо, існує явна нерівність можливостей випадання «ребра», яку з теоретичних міркувань оцінити неможливо (можна лише сказати, що вона є малоймовірною і то це міркування скоріше практичне).

Актуальність досліджень. Ще на зорі становлення теорії ймовірностей було запропоновано альтернативне «частотне» визначення ймовірності. А саме, формально ймовірність можна визначити як межу частоти спостережень події А, припускаючи однорідність спостережень (тобто однаковість всіх умов спостереження) і їх незалежність одне від одного:

$$P(A) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{n}{N}$$

де N – кількість спостережень, а n - кількість наступів події А.

Постановка задачі. Незважаючи на те, що дане визначення скоріше вказує на спосіб оцінки невідомої ймовірності - шляхом великої кількості однорідних і незалежних спостережень - проте в такому визначенні відображено зміст поняття ймовірності. А саме, якщо події приписується певна ймовірність, як об'єктивна міра її можливості, то це означає, що при фіксованих умовах і багаторазовому повторенні ми повинні отримати частоту її появи, близьку до P (тим ближчу, чим більше спостережень). Власне, в цьому полягає вихідний сенс поняття ймовірності. В основі лежить об'єктивістський погляд на явища природи. Нижче буде розглянутий розрахунок визначення вірогідності настання небажаних негативних наслідків (табл. 1 та 2). В таблиці були використані такі дані: n - кількість реалізацій небезпеки з небажаними наслідками за певний період часу – рік; N – загальна кількість суден, на яких поширюється небезпека – 73518.

Виходячи з підсумків, важливим моментом є визначення кількостей виконуваних операцій для кожного судна індивідуально, враховуючи район плавання, вантаж, кількість заходів в порти, погодні, та інші умови, прикладом для яких взято контейнерне судно «BERNHARD SIBUM»

При врахуванні індивідуальних небезпек було прийнято, що кожна виконувана операція являє собою небезпеку в тій кількості, в якій вона виконується протягом року (таблиця 1), помножена на вірогідність настання такої небезпеки згідно вирахованих даних в таблиці 1 та проценту сумарного впливу сприяючих факторів. Приклад для шторму приведений в таблиці 2.

Формула для розрахунку загальної вірогідності настання небезпеки:

$$P = \sum_{i \rightarrow \infty} P(A_i) * \mu_i$$

де P – загальна вірогідність настання негативного наслідку,

P(A) – індивідуальна вірогідність для кожної операції,

μ_i – процент впливу сприяючих факторів на настання небажаних подій при окремих операціях (таблиця 2).

Таблиця 1 – Вірогідність настання негативних наслідків

Види небезпек	Кількості	Рух тіла під фізичним навантаженням	Рух тіла без фізичного напруження	Поломка, розрив, розщеплення, ковзання, падіння матеріалів	Перелив, виток, виділення, випаровування матеріалів	Електричні проблеми, вибухи, пожежа та інше	Втрата контролю (повна або часткова) над машиною, засобом транспортування або зберігання обладнання, ручним інструментом, об'єктом чи твариною	Падіння осіб - підсковзнувшись - спотикнувшись	Інші причини
Середнє значення кількості	43	100	45	27,3333	6,33333	121,6666667	234,6667	21,6667	
Відносне значення кількості	5,94E-04	1,36E-03	6,12E-04	3,72E-04	8,61E-05	1,65E-03	3,19E-03	2,95E-04	

Таблиця 2 – Приклад розрахунку вірогідностей настання небезпек при штормі

Небезпека	Перекидування / Накренення	Зіткнення	Контакт	Пошкодження судну або обладнанню	Пожежа / вибух	Заполнення / пробойна	Посадка на міль / вм'ятини	Порушення корпусу	Втрата контролю	Поранення/ Смерть
Наявність впливу	так	ні	ні	так	так	так	так	так	так	Так
Загальна вірогідність настання	1,63E-04	-	-	1,90E-03	1,61E-03	4,85E-04	3,29E-03	7,25E-05	4,13E-03	8,16E-03
Кількісна оцінка для даного судна	30	-	-	30	30	30	30	30	30	30
Вірогідність настання для даного судна	4,90E-03	-	-	5,71E-02	4,82E-02	1,46E-02	9,88E-02	2,18E-03	1,24E-01	2,45E-01
З урахуванням сприяючих факторів ($\mu=100\%$)	4,90E-03	-	-	5,71E-02	4,82E-02	1,46E-02	9,88E-02	2,18E-03	1,24E-01	2,45E-01

Так, перемножуючи кількість виконання всіх операцій на вірогідність настання небажаного наслідку отримуємо загальну суму вірогідностей для кожної небезпеки. Старіння морського транспортного судна можна визначити як процес, неминучий і закономірно наростаючий в часі, і такий, що веде до скорочення можливостей, ефективності та безпеки експлуатації судна і в кінцевому підсумку до його утилізації. Скориставшись відомою назвою медичної науки, що вивчає процеси старіння живих багатоклітинних організмів, тему цього пункту роботи можна було б інакше сформулювати як «геронтологія морських суден». Старіння морських транспортних судів

обумовлює необхідність вирішення надзвичайно важливих проблем для всіх суб'єктів морського судноплавства - судноплавних і страхових компаній, класифікаційних товариств, міжнародних організацій, що здійснюють контроль над безпекою мореплавання. Для вирішення цих проблем необхідно чітко кількісне уявлення про те, яким чином вік судна позначається на безпеці і економічній ефективності його експлуатації

Висновки. За результатами досліджень виявлено, що для конкретного судна, існують наступні небезпеки, а саме:

Падіння осіб - спотикання – вірогідність 4,77%/рік для менш серйозної та 1.16%/рік для серйозної пригоди.

Рух тіла без фізичного напруження - 1,48%/рік для менш серйозної та 0,49%/рік для серйозної пригоди.

Втрата контролю (повна або часткова) над машиною, засобом транспортування або зберігання обладнання, ручним інструментом, об'єктом чи твариною – 0,77%/рік для менш серйозної пригоди.

Інші наслідки мають меншу вірогідність, але їх теж можна враховувати. Слід відзначити, що найбільш ймовірним з цих наслідків є Втрата контролю – 0,67%/рік та Зіткнення – 0,44%/рік.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алехин Е.И. Теория риска и моделирование рискованных ситуаций.-Орел.: Орловский гос. универ, 2006. 90 с.
2. Дисс.канд. юрид. наук. Ростов н/Д: РЮИ МВД России, 2009. - 172с.
3. Брушлинский А.В. Соколов С.В. О формировании общей теории рисков и безопасности.// www.political ecology.ru/19.12.2011
4. Буянов В.П. Рискология. Управление рисками. М.: «Экзамен», 2003. -384с.
5. Винников В.В., Быкова Е.Д., Винников С.В. Логистика на водном транспорте. - Одесса: Феникс, 2004. - 222с.
6. Вишняков Я.Д., Радаев Н.Н. Общая теория рисков.- М.: Академия, 2008. 368с.
7. Воронцов Б. В. Взаимосвязь риска и неопределенности: постановка проблемы// Экон. науки. 2009. - № 1. - С. 102 - 109.
8. Екатеринославский Ю. Калькулятор внутренней устойчивости фирмы // Менеджмент и менеджер. 2009. № 9/10. - С.60-63.
9. Емельянов М.Д. Безопасность морского транспорта России//Транспорт РФ. 2008. №2. С.38-43.
10. Ефимов В. Сборник методов поиска новых идей и решений управления качеством Ульяновск: УлГТУ, 2011. - 194 с. 2008.

СЕКЦІЯ:

***ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ***

ДИНАМИКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ПРОЦЕДУРЫ

Абрамов Г.С.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Бражник А.М., Соколов А.Е.

*Херсонский национальный технический университет
(Украина)*

Введение и анализ литературы. Современные информационные технологии во многом основаны на использовании оптимизационных процедур, обеспечивающих высокую эффективность их реализации [1]. При этом сложность и связность решаемых задач вызывает появление существенных затрат времени на проведение оптимизации, что проявляется как эффект динамики процедур оптимизации [2]. Следует учитывать, что с развитием и совершенствованием информационных технологий, задачи поиска наилучших решений будут занимать все большую долю среди всех процессов. Стремление повысить производительность и точность процессов обработки информации привели к пересмотру подхода к определению количества информации и обуславливают необходимость всестороннего анализа и синтеза информационных систем в информационном пространстве [3]. Динамические свойства процедуры оптимизации проявляются с уменьшением шага процедуры. Очевидно, что с развитием информационных технологий оптимизационные процедуры будут приобретать свойства самостоятельного динамического объекта. Как следствие, возникает необходимость построения математических моделей динамики оптимизационной процедуры.

На сегодняшний день существует ряд исследований, посвященных вопросу скорости сходимости той или иной процедуры поиска оптимума [4], однако обоснования методов построения модели оптимизационной процедуры, как динамического объекта, освещен слабо, за исключением нескольких попыток, описанных в работах [3, 4].

Целью работы является разработка методов построения математической модели процесса поиска оптимума, как модели динамического объекта.

Основное содержание исследования.

Для построения модели поведения во времени градиентной процедуры рассмотрим автономный стационарный нелинейный динамический объект первого порядка [5]

$$\frac{dy}{dx} = f(y, x). \quad (1)$$

Выполним линеаризацию правой части уравнения (1). Для этого предположим, что функция в правой части уравнения (1), в окрестности точки y^* , представима степенным рядом [5]

$$f(y, x) = f(y^*) + \frac{1}{1!} \frac{\partial f}{\partial y} \Big|_{y^*} \Delta y + \dots + R. \quad (2)$$

После переноса начала координат в точку y^* получаем в (2) первое приближение функции правой части в (1)

$$f(y, x) \approx \frac{1}{1!} \frac{\partial f}{\partial y} \Big|_{y^*} \Delta y. \quad (3)$$

Следовательно, используя линейное приближение (3) получаем

$$\frac{dy}{dx} \approx \frac{\partial f}{\partial y} \Big|_{y^*} \Delta y. \quad (4)$$

Учитывая (4) и возвращаясь к приращениям получаем

$$\frac{y + \Delta y - y}{\Delta x} \approx \frac{df}{dy}|_{y^*} \Delta y. \quad (5)$$

Перенесём начало координат в точку y^* и перейдём в (5) к приращениям:

$$y^* + \Delta y = y^* + \Delta x \frac{df}{dy}|_{y^*} \Delta y. \quad (6)$$

Или, обозначив в (6) $y^* = y_n$ и $y^* + \Delta y = y_{n+1}$, получаем модель метода Рунге-Кутты первого порядка [6]

$$y_{n+1} = y_n + \frac{df}{dy}|_{y_n} y_n \Delta x. \quad (7)$$

Так как в данном случае линеаризация выполняется в каждой точке траектории, мы имеем случай перехода к новым переменным и произведение $\Delta x y_n = \alpha$ определяет скорость движения для процедуры.

Введя в (7) определенное таким образом α , получаем выражение (7) в виде

$$y_{n+1} = y_n + \alpha \frac{df}{dy}|_{y_n}. \quad (8)$$

Заменяя в (8) производную на $gradf(y)$, что для (1) справедливо, получаем (7) как запись градиентной процедуры [6]

$$y_{n+1} = y_n + \alpha \cdot gradf|_{y_n}. \quad (9)$$

Следовательно, динамике свободного движения объекта, описываемого линейным дифференциальным уравнением (1), соответствует движение градиентной процедуры оптимизации с корректирующим множителем перед градиентом $\alpha = \Delta x y_n$.

Аналогично одномерному объекту (1) рассмотрим многомерный линейный динамический объект

$$\frac{dy}{dx} = Ay, \quad (10)$$

Учтем, что матрицу A в (10) можно рассматривать как матрицу линеаризованного объекта

$$A = \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial y_n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_n}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial y_n} \end{pmatrix}_{y^*} = \begin{bmatrix} gradf_1 \\ \vdots \\ gradf_n \end{bmatrix}_{y^*}, \quad (11)$$

составленную из градиентов функций правой части. Метод Рунге-Кутты первого порядка дает процедуру

$$\begin{bmatrix} y_{k+1}^1 \\ \vdots \\ y_{k+1}^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_k^1 \\ \vdots \\ y_k^n \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial y_n} \\ \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial f_n}{\partial y_1} & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial y_n} \end{pmatrix}_{y^*} \cdot \begin{bmatrix} y_k^1 \\ \vdots \\ y_k^n \end{bmatrix} \Delta x, \quad (12)$$

Процедура (12) в векторной записи имеет вид:

$$y_{k+1} = y_k + A_{y^*} y_k \Delta x. \quad (13)$$

С другой стороны, в задаче поиска минимума функции цели, зависящей от вектора

$$y^* \rightarrow \min f(y), \quad (14)$$

градиентная процедура (9) принимает вид:

$$\mathbf{y}_{k+1} = \mathbf{y}_k + \alpha \cdot \text{grad}f_{y_k}, \quad (15)$$

При покомпонентной записи градиентная процедура (15) имеет вид:

$$\begin{bmatrix} y_{k+1}^1 \\ \vdots \\ y_{k+1}^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_k^1 \\ \vdots \\ y_k^n \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial y_1} & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \cdots & \frac{\partial f}{\partial y_n} \end{pmatrix}_{y^s} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{bmatrix}. \quad (16)$$

Таким образом, процедура Рунге – Кутты первого порядка для системы (12) отличается от градиентной процедуры для задачи (16), во-первых, тем, что матрица A для градиентной процедуры диагональна и, во-вторых, тем, что множитель α в градиентной процедуре выбирается из соображений сходимости, а в (12) - множитель определен. Исходя из этого, можно утверждать, что моделью динамики градиентной процедуры является модель свободного движения несвязного линейного объекта, если выполняется условие

$$\begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_k^1 \Delta x \\ \vdots \\ y_k^n \Delta x \end{bmatrix} \quad (17)$$

В общем случае, с учетом (17), модель динамики градиентной процедуры (16) описывается процедурой Рунге - Кутты первого порядка, причем коррекцию процедуры оптимизации описываем как управление \mathbf{u} с матрицей B

$$\mathbf{y}_{k+1} = \mathbf{y}_k + A_{y^s} \mathbf{y}_k \Delta x + B \mathbf{u}_k \Delta x. \quad (18)$$

Для единичной матрицы управления процедура (18) принимает вид

$$\begin{bmatrix} y_{k+1}^1 \\ \vdots \\ y_{k+1}^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_k^1 \\ \vdots \\ y_k^n \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial y_1} & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \cdots & \frac{\partial f}{\partial y_n} \end{pmatrix}_{y^s} \begin{bmatrix} y_k^1 \\ \vdots \\ y_k^n \end{bmatrix} \Delta x + \begin{pmatrix} 1 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}_{y^s} \begin{bmatrix} u_k^1 \\ \vdots \\ u_k^n \end{bmatrix} \Delta x. \quad (19)$$

Следовательно, динамика простой градиентной процедуры с множителем α , удовлетворяющим условию (17), описывается системой со структурой рис.1

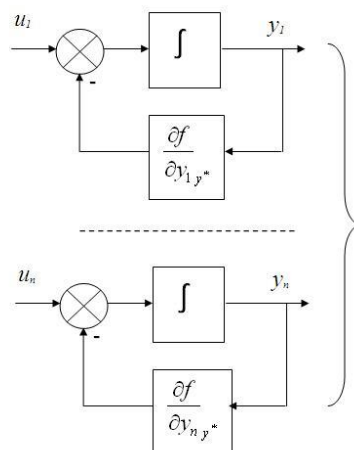


Рисунок 1 – Модель динамики градиентной процедуры.

При этом последовательность переходов градиентной процедуры, определяющей движение системы, связана с переходами в пространстве переменных и изменением состояния – значения функции цели. Собственно, изменение значения функции цели и определяет переходный процесс в модели, рис. 2.

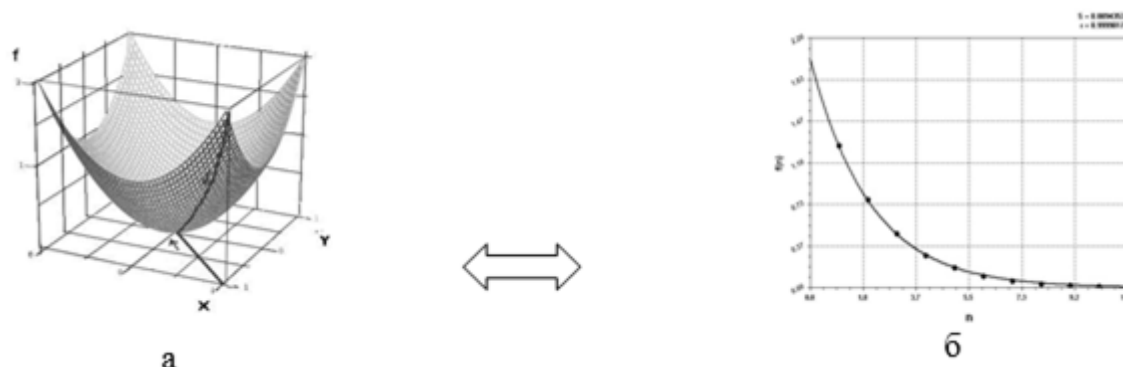


Рисунок 2 – а) процесс минимизации функции, б) переходный процесс динамической модели

Как видно из рис. 2 переходный процесс в динамической системе совпадает с процессом изменения значения функции цели в градиентной процедуре.

Анализ результатов. Анализ сделанных предположений выполним, используя квадратичную существенно выпуклую функцию цели:

$$f(x, y) = x^2 + y^2, \quad (20)$$

Используем градиентную процедуру

$$\begin{bmatrix} y_{k+1}^1 \\ \vdots \\ y_{k+1}^n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_k^1 \\ \vdots \\ y_k^n \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial y_1} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & \frac{\partial f}{\partial y_n} \end{pmatrix}_{y^s} \cdot \Delta \mathbf{x} \quad (21)$$

Для выбранной функции (20) цели и постоянного шага $\Delta \mathbf{x}$ получаем

$$\left. \begin{aligned} x_{k+1} &= x_k - 2x_k \cdot \Delta x \\ y_{k+1} &= y_k - 2y_k \cdot \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

что, в данном случае, дает модель динамики градиентной процедуры в виде дискретной модели Рунге – Кутты первого порядка для автономного движения объекта

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= -2x \\ \frac{dy}{dt} &= -2y \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Решение несвязной системы (23) дает комбинацию экспонент

$$\left. \begin{aligned} x(t) &= e^{-2t} \\ y(t) &= e^{-2t} \end{aligned} \right\} \quad (24)$$

После подстановки координат в (20) получаем траекторию целевой функции

$$f(x, y) = x(t)^2 + y(t)^2 = 2 \cdot e^{-4t} \quad (25)$$

Таким образом, учитывая достаточные условия оптимума [2], для окрестности точки оптимума динамика градиентной процедуры точно описывается свободным движением линейной динамической системы.

С нелинейностью, как следствие, переходный процесс теряет экспоненциальность. Так, для процедуры

$$\left. \begin{aligned} x_{k+1} &= x_k - \frac{\partial f}{\partial x_{x_k}} x_k \cdot \Delta x \\ y_{k+1} &= y_k - \frac{\partial f}{\partial y_{y_k}} y_k \cdot \Delta y \end{aligned} \right\} \quad (26)$$

получаем переходный процесс с его аппроксимацией дробно рациональной функцией а) и экспонентой б)

$$\begin{aligned} a) \quad x = i, \quad f(x) &= \frac{2 - 0.02x}{1 + 0.5x + 0.05x^2}; \\ b) \quad x = i \quad f(x) &= 2e^{-0.3x}. \end{aligned} \quad (27)$$

Графики переходного процесса показаны на рис. 3.

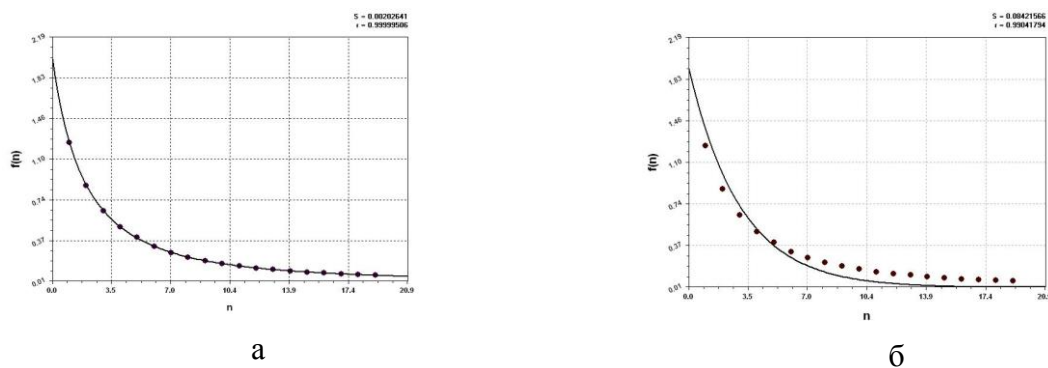


Рисунок 3 – Аппроксимации переходного процесса, а) степенная функция, б) экспонента.

Как видно из приведенных графиков переходный процесс лучше описывается дробно рациональной функцией.

Существенным преимуществом рассматриваемого подхода является возможность определения необходимого количества шагов для достижения заданной точности. Действительно, из (25) следует, что при начальном значении функции цели $f=f_0$ и заданном значении $f=f^*$ при данном λ получаем

$$]i_m [= -\frac{1}{\lambda} \ln \frac{f^*}{f_0}. \quad (28)$$

Полученное выражение позволяет оценить время поиска оптимального решения.

Выводы:

1. Градиентная процедура поиска экстремума функции цели может быть описана автономным движением динамической системы.
2. Для выпуклой функции цели, согласно достаточным условиям оптимальности, процедура оптимизации описывается динамикой автономного движения стационарного линейного не связанного динамического объекта.
3. Выбор множителя для градиента существенно влияет на динамику процесса и для выпуклой функции цели множитель α равен вектору приращений Δx .
4. Использование динамической модели позволяет определить необходимое число шагов для достижения заданной точности, что упрощает организацию вычислительного процесса.

ЛІТЕРАТУРА

1. Есипов Б.А. Методы оптимизации и исследование операций Конспект лекций: учеб. пособие / Б.А.Есипов. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. – 180с.

2. Черноруцкий И. Г. Методы оптимизации в теории управления: Учебное пособие / И. Г. Черноруцкий. — СПб.: Питер, 2004. — 256 с..
3. Ларіонов Ю.І Дослідження операцій. Частина II: / Ларіонов Ю.І., Марченко Л.С., Хажмурадов М.А. Навчальный посібник.- Х.: ВД «ІНЖЕК», 2005. -288 с.
4. Пантелеев А.В. Методы оптимизации в примерах и задачах: Учеб. пособие / А.В. Пантелеев, Т.А. Летова. – М.: Высшая школа, 2002. -544 с.
5. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т.1. Линейные системы / Д.П. Ким. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 288 с.
6. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач: Учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Ф.П. Васильев. – М.: Наука, 1988. -552 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕХОДА ОТ ВНУТРЕННЕГО ОКИСЛЕНИЯ К ВНЕШНЕМУ

Абрамов Г.С.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Абрамов М.Г.

*Херсонский филиал национального университета кораблестроения
(Украина)*

Постановка проблемы. Во многих случаях необходимые эксплуатационные свойства (износостойкость, жаростойкость и жаропрочность) достигаются за счет упрочнения приповерхностного слоя материала. Перспективным способом такого упрочнения является процесс внутреннего окисления, который в теоретическом и экспериментальном отношении изучен недостаточно, что в определенной мере сдерживает его практическое использование. Переход от внутреннего окисления к внешнему наблюдался экспериментально во многих работах [1,2]. Однако, теоретическое описание соответствующего процесса затруднено, так как кинетика внутреннего окисления и структура образующейся двухфазной области, определяются не только условиями проведения процесса, но и величиной многих кинетических и термодинамических параметров [1,2]. Многовариантность сочетаний этих параметров приводит к большому разнообразию возможных распределений параметров структуры и закономерностей их эволюции. Поэтому, в общем случае, практически невозможно проводить прогнозирование процесса внутреннего окисления и перехода к внешнему на основании каких-либо априорных соображений или простых математических моделей.

Анализ достижений и публикаций. Разработанный в работах [3-6] подход, основанный на компьютерной реализации достаточно полной математической модели процесса, позволяет выявить основные закономерности эволюции процесса и прогнозировать структуру зоны внутреннего окисления.

Цель работы. Представляется целесообразным провести качественное сравнение результатов моделирования процесса внутреннего окисления и некоторых экспериментальных результатов по внутреннему окислению сплавов Ni-Cr и Ni-Ti, в том числе выявить закономерности перехода от внутреннего окисления к внешнему.

Основная часть. В монографиях [1,2], в которых приведены экспериментальные наблюдения перехода от внутреннего окисления к внешнему, отмечается, что наиболее важным определяющим фактором перехода от внутреннего окисления к внешнему является увеличение концентрации легирующего элемента в сплаве. Кроме этого, благоприятствуют переходу от внутреннего окисления к окислению поверхности, высокий коэффициент диффузии легирующего элемента (точнее, можно полагать, что склонность к переходу увеличивается с уменьшением отношения $\frac{D_{11}}{D_{22}}$) и низкая

концентрация кислорода на поверхности сплава (низкое парциальное давление кислорода в окисляющей среде).

Эксперименты по внутреннему окислению сплавов Ni-Ti, проведенные в настоящей работе, показали, что переход от внутреннего к внешнему окислению Ti на поверхности наблюдается при увеличении исходной концентрации Ti в образцах выше 4,9%. При этом на поверхности образца формируется сплошная окисная пленка TiO₂.

Характерной особенностью приведенных результатов является то, что под плотной внешней окисной пленкой TiO₂ на образцах с высоким содержанием Ti имеется «подслой» двухфазной области – зона внутреннего окисления. Это указывает на то, что

формирование внешней окисной пленки шло одновременно с процессом внутреннего окисления, т.е. образованию сплошной окисной пленки, блокирующей диффузию кислорода, предшествовал процесс внутреннего окисления сплава, в ходе которого и сформировалась поверхностная окисная пленка, прерывающая процесс внутреннего окисления.

В работе [6] уже показывалось, что увеличение исходной концентрации легирующего элемента ведет к увеличению в процессе внутреннего окисления объема второй фазы, образующейся в приповерхностных слоях пластины и, как следует из рис.1, на котором приведено распределение числа частиц N , их среднего радиуса \bar{R} и объема фазы $V_{\text{ф}}$ для пластин с различным исходным содержанием Ti, это связано и с резким увеличением размера частиц, образующихся вблизи поверхности.

Увеличение размера образующихся вблизи поверхности частиц существенно ухудшает условия диффузии кислорода вглубь образца: вследствие «экранирования» поверхности растущими частицами эффективная площадь поверхности, с которой осуществляется диффузия кислорода, уменьшается.

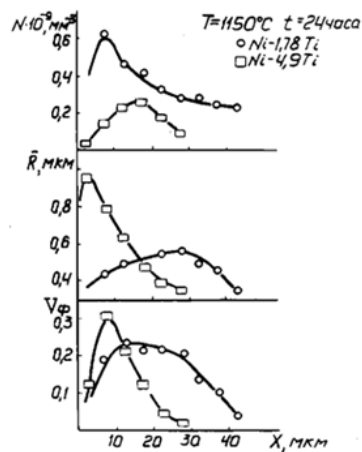


Рисунок 1 – Распределение числа частиц N , их среднего радиуса \bar{R} и объема фазы $V_{\text{ф}}$ по сечению внутреннеокисленных пластин Ni-1,78%Ti и Ni-4,9%Ti.

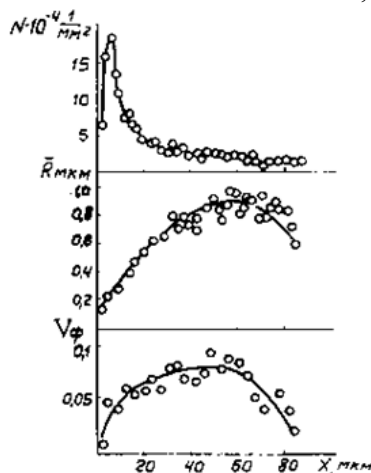


Рисунок 2 – Распределение числа плоских сечений N частиц, их среднего радиуса \bar{R} и объема фазы $V_{\text{ф}}$ внутреннеокисленной зоны сплава Ni-4%Cr. $T=1150^{\circ}\text{C}$, $t=5\text{ час.}$, $l=500\text{ мкм}$.

В то же время, градиент концентрации легирующего элемента для образца с более высоким его содержанием выше, и, следовательно, поток легирующего элемента к поверхности мощнее. Таким образом, с одной стороны, поток кислорода вглубь образца,

идущий на продвижение фронта внутреннего окисления все уменьшается, вследствие ухода кислорода на построение окисной фазы вблизи поверхности и экранирования поверхности растущими крупными частицами фазы.

С другой стороны, поток легирующего элемента к поверхности образца велик, что и приводит к появлению вблизи поверхности новых частиц и еще большему росту уже образовавшихся частиц, а в конечном итоге – к срастанию частиц и образованию на поверхности сплошной окисной пленки, т.е. к переходу от внутреннего окисления к внешнему.

Большинство экспериментальных работ по внутреннему окислению бинарных сплавов отмечает общую закономерность в распределении среднего размера частиц по глубине образца: размер частиц возрастает с удалением от поверхности [1,2]. Кроме того, на многих внутреннеокисленных сплавах наблюдается закономерное изменение формы частиц по сечению внутреннеокисленной зоны: по мере удаления от поверхности правильная округлая форма частиц сменяется неправильной; частицы удлиняются и на большой глубине можно видеть крупные волокнистые образования. Такое закономерное изменение морфологии частиц окислов наблюдалось и на внутреннеокисленных сплавах на основе Ni: средний размер частиц окисла Cr₂O₃ возрастает с удалением от поверхности, при этом число частиц максимально вблизи поверхности и уменьшается к границе двухфазной области. Однако форма частиц с удалением от поверхности заметно не изменяется, частицы сохраняют более или менее правильную округлую форму, хотя она и несколько огрубляется с ростом размера частицы. Аналогичный характер имеет и структура двухфазной области внутреннеокисленных сплавов.

На рис. 2 приведен график распределения числа плоских сечений частиц на единице площади шлифа N , среднего размера плоского сечения \bar{R} и объема фазы V_f по глубине внутреннеокисленной зоны сплава Ni-4%Cr. Анализ распределений параметров двухфазной структуры N , \bar{R} и V_f по сечению внутреннеокисленных образцов сплавов Ni-Cr и Ni-Ti показывает, что они носят экстремальный характер и качественно соответствуют результатам моделирования процесса внутреннего окисления, проведенного в работах [3-6].

На рис. 3 представлены полученные численным моделированием данные о распределении числа частиц N , их среднего размера \bar{R} и объема фазы V_f по толщине пластины. По оси абсцисс отложено относительное расстояние от поверхности пластины. В связи с симметрией, распределения параметров структуры N , \bar{R} и V_f представлены лишь до центра пластины. Из приведенных данных следует, что распределения числа частиц N , их среднего размера \bar{R} и относительного суммарного объема фазы V_f по толщине пластины имеют немонотонный характер: распределения N , \bar{R} и V_f имеют максимум, который с течением времени смещается вглубь пластины. При больших временах максимальные значения N , \bar{R} и V_f находятся в центральном сечении пластины.

На рис. 4 приведены экспериментальные данные распределения числа частиц окислов TiO₂ в тонких ($l = 100\text{мкм}$) пластинах сплава Ni-1,78%Ti, подвергнутых внутреннему окислению при $T = 1150^\circ\text{C}$ различное время. Видно, что кривые N , \bar{R} и V_f имеют экстремальный характер, их вид качественно соответствует результатам моделирования, приведенным на рис. 3.

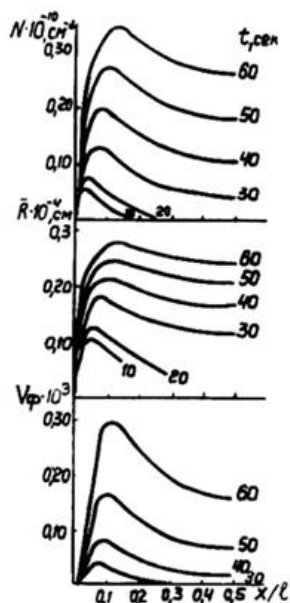


Рисунок 3 – Модельные распределения N , \bar{R} и $V\phi$ по сечению пластины. $C_0^1 = 0,0$; $C_1^1 = 0,01$; $C_0^2 = 0,12$; $C_1^2 = 0,10$; $D_{11} = 0,1 \cdot 10^{-5}$; $D_{12} = -0,5 \cdot 10^{-7}$; $D_{22} = 0,1 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2/\text{c}$

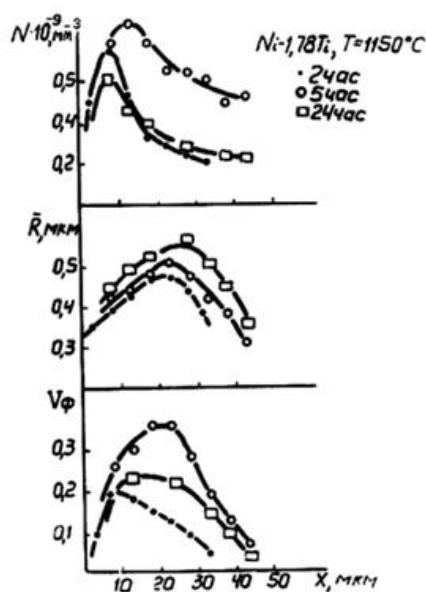


Рисунок 4 – Экспериментальные распределения N , \bar{R} и $V\phi$ по толщине пластины сплава Ni-1,78%Ti. $l=100\text{мм}$, $T=1150^\circ\text{C}$

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными результатами показывает их хорошее соответствие. Использование разработанной математической модели для прогнозирования структуры зоны внутреннего окисления открывает широкие перспективы для целенаправленного получения структур двухфазной области, обеспечивающих оптимальные эксплуатационные свойства сплава. Целесообразность таких исследований особенно очевидна при решении целого ряда прикладных задач, связанных с проведением программированного внутреннего окисления (при изменении условий проведения процесса по определённой программе) для получения композиционных («полосчатых») структур двухфазной области, а также для создания защитных (барьерных) окисных слоёв

при одновременном поверхностном и внутреннем окислении многокомпонентных сплавов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кипарисов С.С., Левинский Ю.В. Внутреннее окисление и азотирование сплавов. – М.: Металлургия, 1979. – 200с.
2. Данелия Е.П., Розенберг В.М. Внутреннеокисленные сплавы. – М.: Метал-ия, 1978. – 232с.
3. Абрамов Г.С. Условия образования двухфазной области в процессе внутреннего окисления.–Физико-технические и технологические приложения математического моделирования. Сб. научных трудов. – НАН Украины. Инст. матем. – Киев, 1998, с.6-8.
4. Абрамов Г.С. Кинетика формирования двухфазной области в процессе внутреннего окисления.–Физико-технические и технологические приложения математического моделирования.: Сб. научных трудов / НАН Украины. Инст. матем., Киев, 1998, с.3-5.
5. Абрамов Г.С. Исследование асимптотической стадии процесса внутреннего окисления тонких пластин бинарных сплавов.–Вестник ХНТУ, 2002, №2(15), с.9-12.
6. Абрамов Г.С., Абрамов М.Г. Основные закономерности формирования структуры диффузионной зоны при одновременном поверхностном и внутреннем окислении сплавов. –Вестник ХНТУ, 2007, №2(24), с.11-16.

ЕКОНОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ І ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Абрамов Г.С.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Абрамов О.Д.

*Херсонський національний технічний університет
(Україна)*

В роботі виконано дослідження потенціалу і стану транспортної галузі України й Херсонської області зокрема. Кінцевою метою такого дослідження можуть бути рекомендації (на основі економетричного аналізу [1]) як по розширенню галузі в областях, де її обсяг недостатній, так і по скороченню її обсягів у перевантажених галузях.

На підставі аналізу статистичних даних витрат і обсягу валової продукції по Україні й Херсонщині були побудовані виробничі функції для країни, регіону й окремих галузей економіки. У даній роботі представлені результати економіко-математичного моделювання за обсягом валової продукції по галузі транспорту й зв'язку Херсонської області й України.

Економетричний аналіз виконано на основі офіційних даних, опублікованих у щорічниках статистичної інформації Головного управління статистики в Херсонській області за період з 2006 по 2014 рік [2-4]. Для аналізу використані також дані з офіційних щорічників статистичної інформації Державного комітету статистики України [5-7].

З використанням методів кореляційно-регресійного аналізу за допомогою функції «ЛІНЕЙН» у редакторі MS Excel побудовано кілька регресійних моделей виробничих функцій: лінійну адитивну (взаємозаміщуючу) модель і мультиплікативну степеневу модель неокласичного типу, які дали найбільш високі показники коефіцієнта детермінації R^2 і найменші значення середньквадратичної помилки регресії σ .

В роботі були побудовані мультиплікативні виробничі функції валового продукту для галузі транспорту й зв'язку по Херсонській області й Україні.

На рис. 1. представлений графік отриманої мультиплікативної виробничої функції для галузі транспорту і зв'язку Херсонської області, рівняння якої має вигляд (1):

$$Y = \exp(3,4926)X_1^{0,3253}X_2^{0,4855} \quad (1)$$

$$R^2=0,941; \sigma=60,5$$

В даній формулі (як і в подальших):

X_1 - капітальні витрати (млн. грн.);

X_2 - витрати на оплату праці (млн. грн.);

Y – валова продукція (млн. грн.).

З рівняння (1) випливає, що коефіцієнт еластичності змінної X_2 (трудові витрати) в 1,5 раз більше, ніж коефіцієнт еластичності змінної X_1 (капітальні витрати) (відповідно 0,4855 і 0,3253), тобто збільшення трудових витрат на 1% побільшає валовий продукт на 0,4855 %, у той час як збільшення капітальних витрат на 1% дасть збільшення валового продукту на 0,3253 %, тобто, фактор X_2 ефективніше, чим фактор X_1 .

Сума коефіцієнтів еластичності дорівнює 0,81, що говорить про спадаючий ефект від масштабу проведення. Це означає, що в цьому випадку виробництво нема рації розширювати, більше того, воно є надлишковим і його необхідно трохи скоротити, тому що збільшення виробничих факторів на 1% дає віддачу всього лише в 0,81%, тобто вкладення матеріальних і трудових ресурсів не окупаються належною мірою.

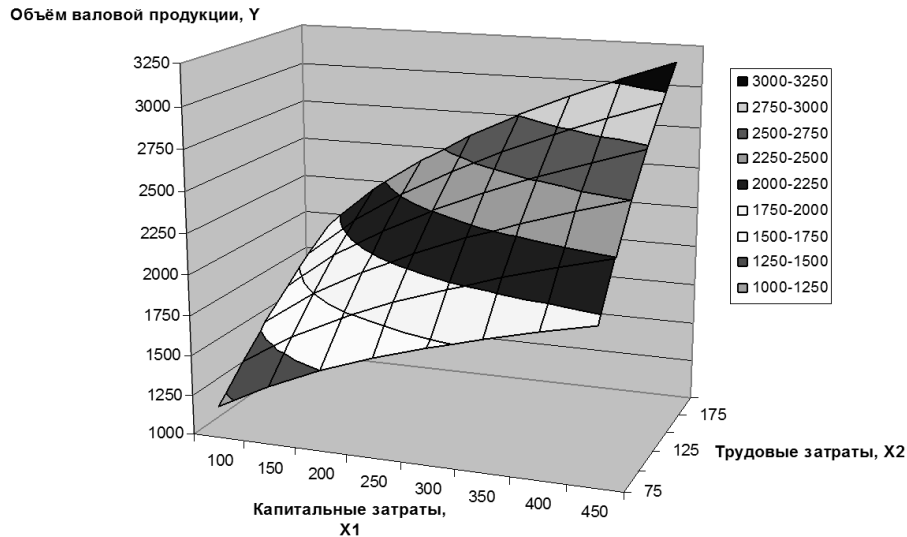
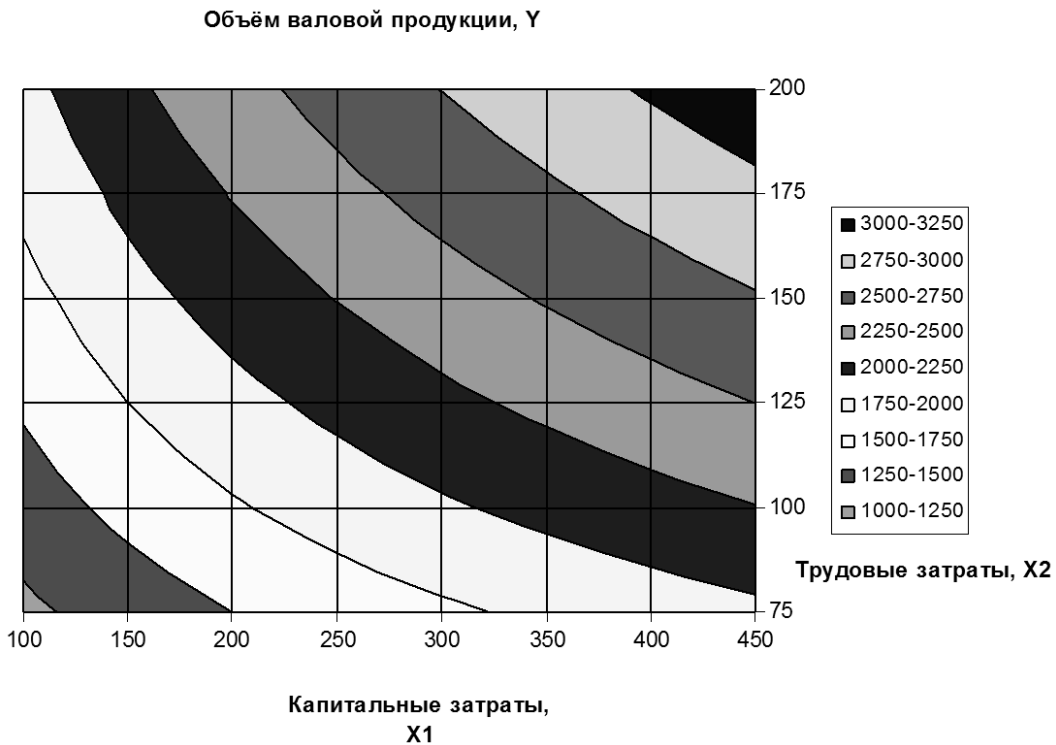


Рисунок 1 – Графік мультиплікативної виробничої функції (1)

На рис. 2 представлені лінії рівня мультиплікативної степеневої виробничої функції виду (1)



Риснок 2 – Лінії рівня мультиплікативної степеневої виробничої функції виду (1)

Також для побудови виробничої функції валового продукту галузі транспорту й зв'язку України був проведений статистичний аналіз відповідних даних. [5-7].

Рівняння отриманої мультиплікативної виробничої функції для галузі транспорту і зв'язку України в цілому має вигляд (2):

$$Y = \exp(2,362821)X_1^{-2,3994}X_2^{3,4778} \quad (2)$$

$$R^2=0,987; \sigma=1402,24$$

Коефіцієнт детермінації $R^2=0,987$ свідчить, що на 98,7 % зміни значення обсягу валової продукції Y визначається зміною змінних X_1 і X_2 .

З рівняння (2) випливає, що коефіцієнт еластичності змінної X_2 - трудові витрати (3,4778), коефіцієнт еластичності змінної X_1 капітальні витрати (- 2,3994), тобто

збільшення капітальних витрат на 1% знизить обсяг валового продукту на 2,399 %, у той час як збільшення трудових витрат на 1% дасть збільшення валового продукту на 3,478 %.

Сума коефіцієнтів еластичності дорівнює 1,078, що говорить про нейтральний (або дуже слабо зростаючий) ефект від масштабу проведення. Це означає, що в цьому випадку виробництво якщо і має сенс розширювати, то насамперед за рахунок збільшення фактору X_2 , як більш дієвого важеля управління.

Порівняння виробничих функцій галузі транспорту й зв'язку Херсонської області й України показує, що нарощувати обсяг виробництва галузі має сенс у цілому по країні. У той час як для даної галузі Херсонщини має сенс трохи скоротити обсяги виробництва.

У результаті аналізу побудованих функцій і графіків встановлено, що в Херсонській області, як і в цілому й по Україні, є потенціал для розширення обсягів виробництва, (насамперед за рахунок збільшення трудових витрат), тому що сума коефіцієнтів еластичності змінюваних факторів (капітальних і трудових витрат) більше 1. При цьому в галузі транспорту й зв'язку Херсонського регіону слід трохи знизити обсяги виробництва (надаваних послуг), у зв'язку з тим, що сума коефіцієнтів еластичності аналогічних факторів менше 1, що говорить про перенасичення ринку й деякої надмірності (надлишковості) цієї галузі виробництва в регіоні. При цьому, в рамках України нарощування обсягів виробництва в даній галузі доцільно провадити за рахунок збільшення трудових витрат.

ЛІТЕРАТУРА

1. Математична економіка на персональному комп'ютері / [Кубонива М., Табата М., Табата С., Хасебе Ю.]; під ред. М. Кубонива - [пров. з япон. Д.М. Демченко, І.В. Белова] – М.: Фінанси й статистика, 1991.- 304с.
2. Статистичний щорічник Херсонської області за 2007 рік: [стат. збірн. / за ред. Вознюка В.А.] – Херсон, 2008. - 512 с.
3. Статистичний щорічник Херсонської області за 2009 рік: [стат. збірн. / за ред. Вознюка В.А.] – Херсон, 2010. - 509 с.
4. Статистичний щорічник Херсонської області за 2011 рік: [стат. збірн. / за ред. Вознюка В.А.] – Херсон, 2012. - 524 с.
5. Статистичний щорічник України за 2007рік: [стат. збірн. / за ред. Осауленко О.Г.] - Київ, 2008. - 573 с.
6. Статистичний щорічник України за 2009рік: [стат. збірн. / за ред. Осауленко О.Г.] - Київ, 2010. - 573 с.
7. Статистичний щорічник України за 2011рік: [стат. збірн. / за ред. Осауленко О.Г.] - Київ, 2012. - 568 с.

МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СТОРОННІХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ЇХ ЗІТКНЕННІ З ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ У ПОЛЬОТІ

Бабенко А.Є., Казак В.М.

*Національний авіаційний університет
(Україна)*

Вступ. Зростання інтенсивності та регулярності польотів, а також природоохоронна політика розвинутих країн в останні роки призвела до значного зростання кількості зіткнень літальних апаратів (ЛА) з біологічними об'єктами – птахами. Зокрема, за даними звіту Федеральної авіаційної адміністрації США [1], було зафіксовано збільшення кількості зіткнень з 10726 у 2012 році до 13795 зіткнень у 2015 для цивільних ЛА США. За 1990-2015 роки сталося близько 170 тис. зіткнень літаків авіакомпаній США з птахами, що призвело до загибелі більш ніж 262 людей та знищення більше 247 літаків.

Актуальність досліджень. Згідно з Федеральними авіаційними вимогами (FAR) Федеральної авіаційної адміністрації США (частина 25, підрозділ 25.571), літак повинен бути здатним успішно завершити політ при зіткненні із птахом вагою 4 фунти, у разі, коли швидкість польоту літака відносно птаха по маршруту літака дорівнює V_c на рівні моря або $0,85 V_c$ на рівні 8000 футів над рівнем моря, залежно від того, яке пошкодження є більш критичним [2].

Розвиток електронних обчислювальних машин та систем автоматичного проектування, таких як Abaqus, Catia, Ansys, Solidworks тощо дозволив проведення обчислювальних експериментів, у тому числі щодо взаємодії моделей матеріальних об'єктів, зокрема зіткнення біологічних об'єктів з ЛА. Це дає змогу виявити основні тенденції характеру поведінки матеріалів моделей об'єктів при взаємодії, і в результаті скоротити час на експериментальні випробування.

Постановка задачі. Для вирішення задачі аналізу моделей та методів моделювання сторонніх біологічних об'єктів при їх зіткненні з ЛА у польоті необхідно:

- проаналізувати існуючі математичні моделі птахів;
- проаналізувати етапи взаємодії моделей біологічного матеріалу птаха з матеріалом зовнішніх обводів ЛА;
- проаналізувати рівняння станів моделей птаха та окреслити коло їх застосування.

Результати досліджень. У значній кількості наукових праць, наведених у роботі [3], зіткнення ЛА з птахом відносять до гідродинамічної взаємодії. У якості аналогу міцності у цьому випадку береться густина матеріалу птаха. При цьому птах розглядається як однорідна рідина з постійною щільністю [4]. У разі зіткнення з літаком на високих швидкостях польоту птах демонструє гідродинамічну поведінку [5]. Таким чином, при моделюванні зіткнення літака з птахом, модель птаха заміщується рівною масою рідини, оскільки птахи переважно складаються з води та повітря. З урахуванням повітря, автори роботи [6] пропонують при моделюванні знизити густину птаха ρ до 938 кг/м^3 . Геометричні форми моделі птаха досить різноманітні, проте у якості класичної моделі використовується циліндр з випуклими напівсферами. Види та аналіз інших моделей птахів можна знайти у роботі [3]. Найчастіше довжина птаха L та його діаметр D вибираються відповідно до наступних рівнянь, які описують тіло птаха [7]:

$$L = 2D_b \quad (1)$$

$$D_b = \left(\frac{2M}{\pi\rho} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2)$$

Ця геометрія досить точно відтворює поведінку справжніх птахів у разі удару, що підтверджено експериментальним шляхом [8].

Одним з найпоширеніших підходів до моделювання поведінки птаха при зіткненні є підхід гідродинаміки згладжених частинок [9], при якому птах моделюється як рідина з визначеними властивостями, яка представлена множиною рухомих частинок, кожна з яких є точкою інтерполяції [10]. Тоді, на основі інтерполяційної функції, яка називається довжиною згладжування, для всіх частинок можна провести розрахунок необхідних величин.

При зіткненні літального апарату з птахом ударний вплив визначається довжиною птаха і початковою швидкістю в момент удару, але не матеріальною силою [11]. Взаємодія птаха зі структурним матеріалом літака при ударі носить нестійкий динамічний характер і може бути умовно розділена на чотири фази [5].

1. Первинна взаємодія – на даному етапі виникають дуже високі ударні хвилі або тиск Гюгонію. На початковому етапі дії ударний тиск, який утворюється всередині птаха, дуже високий, проте триває лише кілька мікросекунд. Оскільки матеріал птаха поводить як рідина, поширення ударної хвилі всередині птаха може бути описано як поширення збурень від удару у рідині в стані спокою. Коли м'яке тіло вражає мішень, в області удару відбуваються процеси, які зумовлюють стрибкоподібне збільшення тиску. На першому етапі значення пікового тиску Гюгонію, може бути розраховано за наступною формулою [3], [4], [8], [11]:

$$p_H = \rho_0 u_s u_0, \quad (3)$$

де ρ_0 – густина стороннього об'єкту, u_s – швидкість ударної хвилі, u_0 – швидкість стороннього об'єкту.

Формула (3) справедлива при зіткненні м'якого тіла з жорсткою ціллю. Проте, реальні авіаційні структури, такі як вентиляторні лопаті двигуна або передні кромки зовнішніх обводів літака, не є жорсткими. Як правило, гідродинамічна відповідь матеріалу моделі птаха може характеризуватися поліноміальною інтерполяцією кривої, що визначає відношення тиску до густини, яке задається рівнянням [11]:

$$p = \rho_0 u_{sp} u_0 \left(\frac{\rho_t u_{st}}{\rho_0 u_{sp} + \rho_t u_{st}} \right) \quad (4)$$

де ρ_t – густина матеріалу зовнішніх обводів літака, u_{sp} – швидкість ударної хвилі птаха, u_{st} – швидкість ударної хвилі літака, u_0 – початкова швидкість птаха.

2. Розсіювання тиску – високий ударний тиск знижується до постійного тиску. Під час цієї фази ударна хвиля поширюється радіально і рухається до центру моделі птаха. Для моделі птаха у вигляді циліндра розглянута проблема є двомірною осесиметричною. Радіальний розподіл тиску можна визначити на основі наступного виразу [4]:

$$p_r = p e^{-\frac{k_r}{R(t)}} \quad (5)$$

p – тиск, який обчислюється на основі рівняння (4), k_r – константа, r – радіальна відстань від центру зони удару, $R(t)$ – максимальний радіус контакту в момент t .

3. Усталений потік біологічного матеріалу птаха по відношенню до зовнішніх обводів. Ця стадія характеризується формуванням стійкого потокового тиску, що має постійну, але значно нижчу величину, ніж на першій стадії. Для стабільної фази течії тиск у центрі удару може бути представлений як:

$$p_s = \frac{1}{2} \rho_0 u_0^2 \quad (6)$$

де p_s – тиск у центрі удару, який також називають тиском стагнації, а ρ_0 – густина матеріалу птаха з нульовою пористістю.

Сила, що прикладається м'яким тілом по відношенню до поверхні зовнішніх обводів під час стійкої фази течії, може бути описана як:

$$F = \rho_0 S u_0^2 \quad (7)$$

де S – площа поперечного перерізу м'якого тіла.

4. Закінчення удару та згасання ударних навантажень та сил.

Загальна тривалість удару може бути наближена до часу, необхідного для того, щоб птах повністю «пройшов» через власну довжину L [12]:

$$t_d = \frac{L}{u_0}. \quad (8)$$

Для моделювання впливу птаха використовується рівняння стану, яке описує взаємозв'язок тиску та об'єму для параметрів рідини як матеріалу моделі птаха при кімнатній температурі. Часто використовувалася поліноміальна форма рівняння стану, де тиск p розраховується як [3]:

$$p = C_0 + C_1\mu + C_2\mu^2 + C_3\mu^3 \quad (9)$$

де C_0 , C_1 , C_2 і C_3 – константи матеріалу, які визначаються експериментально, μ – безрозмірний параметр, який базується на співвідношенні поточної густини матеріалу моделі птаха ρ до його початкової густини ρ_0 :

$$\mu = \frac{\rho}{\rho_0 - 1} \quad (10)$$

В інших дослідженнях використовувалося рівняння стану Мурнагана:

$$p = p_0 + B \left[\left(\frac{\rho}{\rho_0} \right)^\gamma - 1 \right], \quad (11)$$

де p_0 – референсне значення тиску, B та γ – константи матеріалу.

У деяких випадках птах моделюється як нестискувана рідина, для якої швидкість ударної хвилі, як правило, вважається лінійною функцією швидкості об'єкта, що задана формулою [12]:

$$u_s = c_0 + k \cdot u_0, \quad (12)$$

де k – константа (параметр) матеріалу, c_0 – швидкість звуку у матеріалі.

При цьому у якості рівняння стану використовується рівняння Грюнайзена:

$$p = \frac{\rho_0 C^2 \lambda \left[1 + \left(1 - \frac{\gamma_0}{2} \right) \mu - \frac{a}{2} \lambda^2 \right]}{\left[1 - (s_1 - 1)\lambda - s_2 \frac{\lambda^2}{\lambda + 1} - s_3 \frac{\lambda^3}{\lambda + 1} \right]^2} + (\gamma_0 + a\lambda)E, \quad (13)$$

де E – внутрішня енергія, γ_0 – параметр Грюнайзена, a , C , s_1 , s_2 та s_3 – константи, $\lambda = 1 - V/V_0$, де V – поточний об'єм моделі птаха, V_0 – початковий об'єм моделі птаха.

Також у якості рівняння стану може використовуватися лінійне рівняння Мей-Грюнайзена [8]:

$$p = \frac{\rho_0 c_0^2 \eta}{(1 - s\eta)^2} \left(1 - \frac{\Gamma_0 \eta}{2} \right) + \Gamma_0 \rho_0 E_m \quad (14)$$

де $\eta = 1 - \rho/\rho_0$ – номінальна об'ємна компресійна деформація, c_0 і s – константи матеріалу, E_m – внутрішня енергія об'єкта на одиницю маси.

Проте, у роботі [13] зазначається, що рівняння стану Грюнайзена застосовується лише для твердих матеріалів, які залишаються в твердому стані протягом часу ударної взаємодії, і тому повинно використовуватися з обережністю при моделюванні зіткнень ЛА з птахами.

Оскільки вирази (12)-(14) застосовуються для нестискуваної рідини, автори роботи [5] доповнили їх, щоб врахувати ефекти стиснення:

$$p = p_s \left(1 - 3 \left(\frac{r_c}{\zeta_2 a_c} \right)^2 + 2 \left(\frac{r_c}{\zeta_2 a_c} \right)^3 \right), \quad (15)$$

де r_c – радіальна відстань від центру, a_c – початковий радіус циліндричного об'єкта. Рівняння (15) містить дві константи ζ_1 і ζ_2 , які вибираються таким чином, щоб відповідати вимозі, що тиск, інтегрований над площею S , повинен бути таким самим, як осьовий імпульс, втрачений при ударі.

Висновки. У ході дослідження було проаналізовано існуючі математичні моделі птахів. Встановлено, що у якості класичної моделі птаха використовується циліндр з випуклими напівсферами. Зіткнення ЛА з птахом відносять до гідродинамічної взаємодії. При цьому птах може розглядатися як однорідна рідина з постійною щільністю. У цьому випадку застосовуються рівняння стану Грюнайзена та Мей-Грюнайзена. У разі розгляду моделі птаха як стискуваної рідини, наведено модифіковане рівняння стану, яке враховує ефекти стиснення.

Також встановлено, що взаємодія птаха зі структурним матеріалом літака при ударі носить нестійкий динамічний характер і може бути умовно розділена на чотири фази.

1. Первинна взаємодія – на даному етапі виникають дуже високі ударні хвилі або тиск Гюгоніо.
2. Розсіювання осередку тиску – високий ударний тиск знижується до постійного тиску.
3. Усталений потік біологічного матеріалу птаха по відношенню до зовнішніх обводів.
4. Закінчення удару та затухання ударних навантажень та сил.

ЛІТЕРАТУРА

1. Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States, 1990-2015. Available at: https://www.faa.gov/airports/airport_safety/wildlife/media/Wildlife-Strike-Report-1990-2015.pdf
2. Georgiadis S., et al. Bird-strike simulation for certification of the Boeing 787 composite moveable trailing edge// Composite Structures, Vol. 86, 1-3, 2008. — pp. 258-268.
3. Heimbs S. Computational methods for bird strike simulations: A review// Computers & Structures, Vol. 89, 23-24, 2011. — pp. 2093-2112.
4. Orłowski M. Experimental and Numerical Investigation on the Bird Impact Resistance of Novel Composite Sandwich Panels, Cranfield University, PhD thesis, 2015.
5. Wilbeck J.S., Barber J.P. Bird impact loading// The Shock and Vibration Bulletin[J], Vol. 48, 2, 1978. — pp. 115-122.
6. Johnson A.F., Holzapfel M. Modelling soft body impact on composite structures // Composite Structures, Vol.63, 2003. — pp. 103–113.
7. Orlando S., et al. Bird strike assessment for a composite wing flap// International Journal of Crashworthiness, 2017. — pp. 219-235.
8. Smojver I., Ivančević D. Bird strike damage analysis in aircraft structures using Abaqus/Explicit and coupled Eulerian Lagrangian approach// Composites Science and Technology, Vol.71, 4, 2011. — pp. 489-498.
9. Price J. Smoothed Particle Hydrodynamics and Magnetohydrodynamics. Available at: <https://arxiv.org/pdf/1012.1885.pdf>
10. Guida M., Marulo F., Meo M., Grimaldi A., Olivares G. SPH – Lagrangian study of bird impact on leading edge wing// Composite Structures, Vol.93, 3, 2011. — pp. 1060–1071.
11. Grimaldi A. SPH High Velocity Impact Analysis – A Birdstrike Windshield Application, University of Naples Federico II, PhD thesis, 2011.
12. Larsson H. Bird strike analysis: an analytical approach,» Degree project, 2016.
13. Nizampatnam L.S. Models and methods for bird strike load predictions, Wichita State University, PhD thesis 2007.

ДО 25-РІЧЧЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ ПІДВОДНОЇ ТЕХНІКИ

Блінцов В.С.

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

Науковий напрямок «Підводна техніка» було організовано в університеті (тоді Миколаївському кораблебудівному інституті імені адмірала С.Й. Макарова) в середині 80-х років минулого століття з ініціативи тодішнього ректора інституту д.т.н., проф. Александрова М.М. У 1988 році колектив оформився як «Відділення підводної техніки» науково-дослідної частини інституту, його першим керівником був проф. Александров М.М.

У лютому 1993 р. створений проф. Александровим М.М. колектив науковців та інженерів був реорганізований у «Центр підводної техніки МКІ», а у 2003 р. Центр отримав назву «Науково-дослідний інститут підводної техніки» (НДІ ПТ).

Від заснування по теперішній час діяльність НДІ ПТ зорієнтована за наступними напрямками:

- розвиток теорії проектування та експлуатації засобів океанотехніки;
- підготовка наукових та інженерних кадрів у галузі океанотехніки;
- проектування та будівництво підводних апаратів;
- морська експедиційна діяльність.

Визначальну роль у становленні НДІ ПТ у ті роки зіграли провідні доктори наук, професори університету Александров М.М., Боград В.М., Бугаєнко Б.А., Вашедченко А.М., Магула В.Е., Сліжевський М.Б., Ткаченко О.М.

Підготовка наукових та інженерних кадрів з океанотехніки проводиться через докторантуру та аспірантуру НУК, а також через навчальні інститути НУК, де готуються бакалаври, спеціалісти і магістри за переліком спеціальностей: океанотехніка, композиційні матеріали, електромеханіка, автоматика, комп'ютерна наука тощо.

Прикладні наукові дослідження з океанотехніки виконуються в НДІ ПТ з залученням науковців (магістрантів, аспірантів, докторантів, кандидатів та докторів наук) з відповідних кафедр університету. Тут також виконуються проектні роботи по створенню нових засобів океанотехніки, результати яких (проектна документація) передаються до дослідного виробництва НУК, де, власне, і будуються елементи і вузли підводних апаратів та інших засобів океанотехніки.

За 25 років своєї діяльності науково-виробничий колектив НДІ ПТ отримав наступні головні наукові результати:

- розроблено теоретичні основи проектування та побудови нових високопродуктивних засобів океанотехніки – телекерованих підводних апаратів (ТПА) для виконання дослідницьких, інспекційних, аварійно-рятувальних, природоохоронних та спеціальних підводних робіт;

- розроблено математичні основи функціонування ТПА у квазістаціонарній та динамічній постановці як взаємодіючих у потоці води твердих і гнучких тіл в умовах невизначеності власних характеристик та нестационарності параметрів зовнішнього середовища;

- розроблено математичне та програмне забезпечення для дослідження квазістаціонарних і динамічних режимів роботи ТПА методами комп'ютерного моделювання, розроблено та експериментально перевірено за допомогою Інституту гідромеханіки НАН України методи басейнових і морських натурних випробувань створених засобів океанотехніки;

- розроблено теоретичні основи автоматичного керування просторовим рухом нового засобу океанотехніки у складі «малорозмірне судно-носії – ненаселений підводний апарат-робот – кабельна лебідка» на основі застосування елементів штучного інтелекту;

- створено теоретичні основи розрахунку реально досяжних проектних параметрів та експлуатаційних характеристик ТПА;

- розроблено теоретичні основи функціонування та створено принципово нового виду ТПА для екологічно чистого виконання днопоглиблювальних робіт.

- підготовлено та успішно захищено 2 докторські та більше 20 кандидатських дисертацій;

- утворено та успішно впроваджено у навчальний процес нову для України навчальну спеціалізацію 8.092201 «Електрообладнання і автоматика підводно-технічних систем і комплексів».

Запроектовано, побудовано та передано замовникам засобів підводної робототехніки – 30, поставлено на озброєння ВМС ЗС України – 3 підводних апарата, передано у підконтрольну експлуатацію до ВМС ЗС України – 1 підводний апарат.

За допомогою створених засобів підводної техніки колективом НДІ ПТ реалізовано низку нових інноваційних проектів в інтересах цивільних організацій та ВМС ЗС України:

- «Природоохоронне обстеження очисних споруд причорноморських міст»;

- «Картографування й комплексне приладове обстеження стаціонарних морських платформ і морських трубопроводів»;

- «Обстеження причалів морських портів»;

- «Обстеження підводних частин суден на плаву за завданням Морського Регістру»;

- «Контроль стану протекторного захисту морських трубопроводів»;

- «Пошук і обстеження аварійного газопроводу»;

- «Підкригове обстеження трубопроводів та затонулих суден»;

- «Дослідження процесів наморожування льоду на підводний газопровід у період його зимової експлуатації»;

- «Пошук екологічно небезпечних затонулих об'єктів»;

- «Природоохоронне обстеження очисних споруд»;

- «Обстеження акваторій та картографування небезпечних об'єктів»;

- «Віртуальний підводний музей України»;

- «Підводні апарати – на службі Миколаївщини»;

- «Інформаційна безпека захищених акваторій»;

- «Підводна археологія»;

- «Морська геологія»;

- «Знешкодження підводних потенційно небезпечних об'єктів»;

- «Підводний апарат корабельного базування»;

- «Групове застосування підводних апаратів»;

- «Розміщення на морському дні спеціального обладнання».

Створено і впроваджено в морську практику низку нових технологій виконання підводних робіт на базі застосування ТПА, що забезпечило підвищення продуктивності водолазних робіт у 5-7 разів та зменшення експедиційних витрат до 30-40%, а при виконанні робіт на глибинах, які перевищують водолазні, забезпечило зниження експедиційних витрат до 45...50 % у порівнянні з застосуванням населених підводних апаратів (Інститут археології НАН України, Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум», Головне управління ДСНС України у Миколаївській області). Всі побудовані ТПА не мають вітчизняних аналогів і відповідають сучасним світовим тенденціям розвитку океанотехніки, а ТПА проектів «Арго-Буй», «ЕГІР» та «КНПА» за призначенням і технічними характеристиками не мають світових аналогів.

Зовнішній вигляд деяких створених в НДІ ПТ засобів підводної техніки показано на рис. 1.

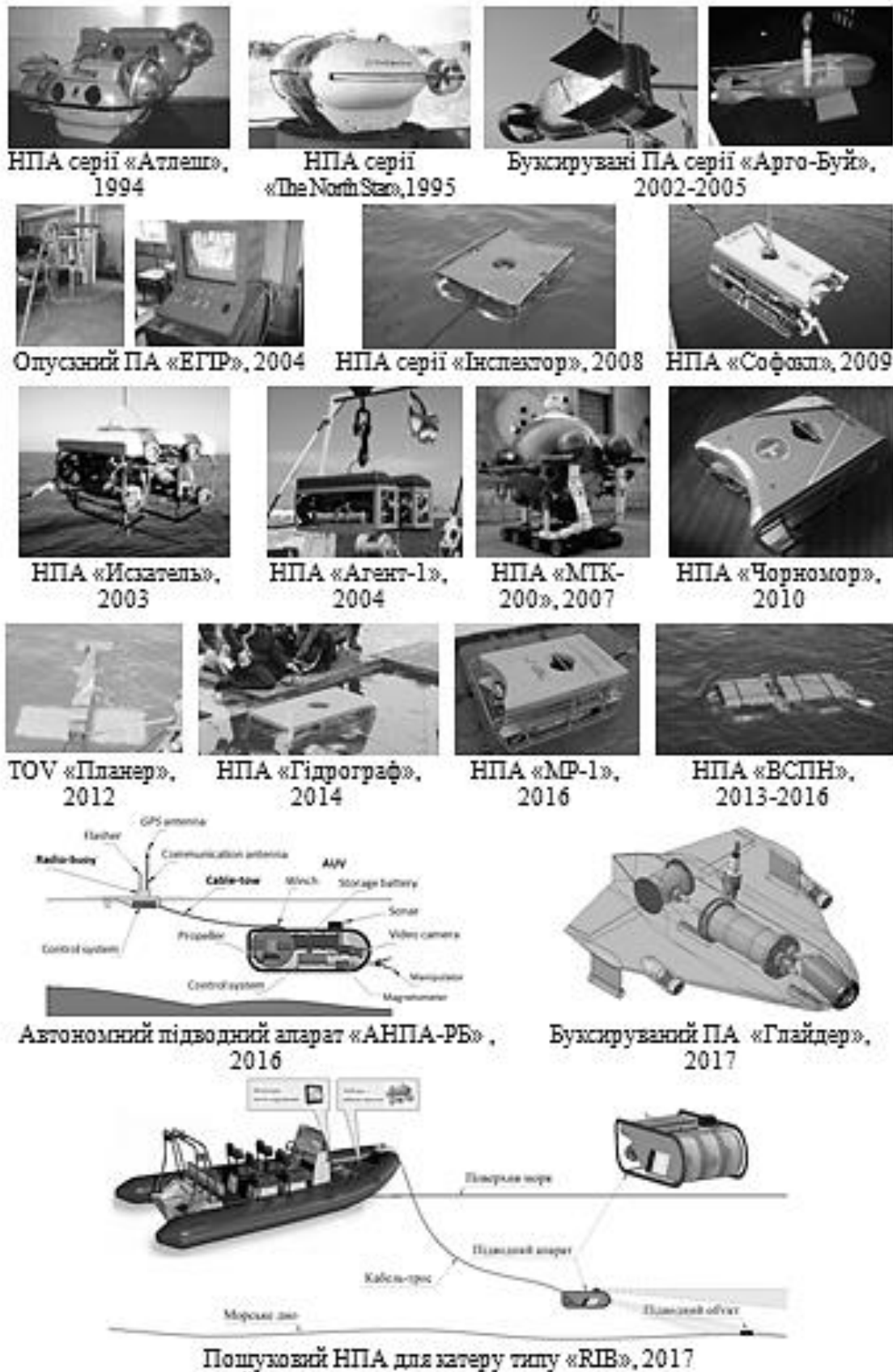


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд створених засобів підводної робототехніки НДІ ПТ

Деякі результати застосування розроблених засобів підводної робототехніки при проведенні морських експедицій в інтересах НАН України, ДСНС України та ВМС ЗС України наведено на рис. 2.

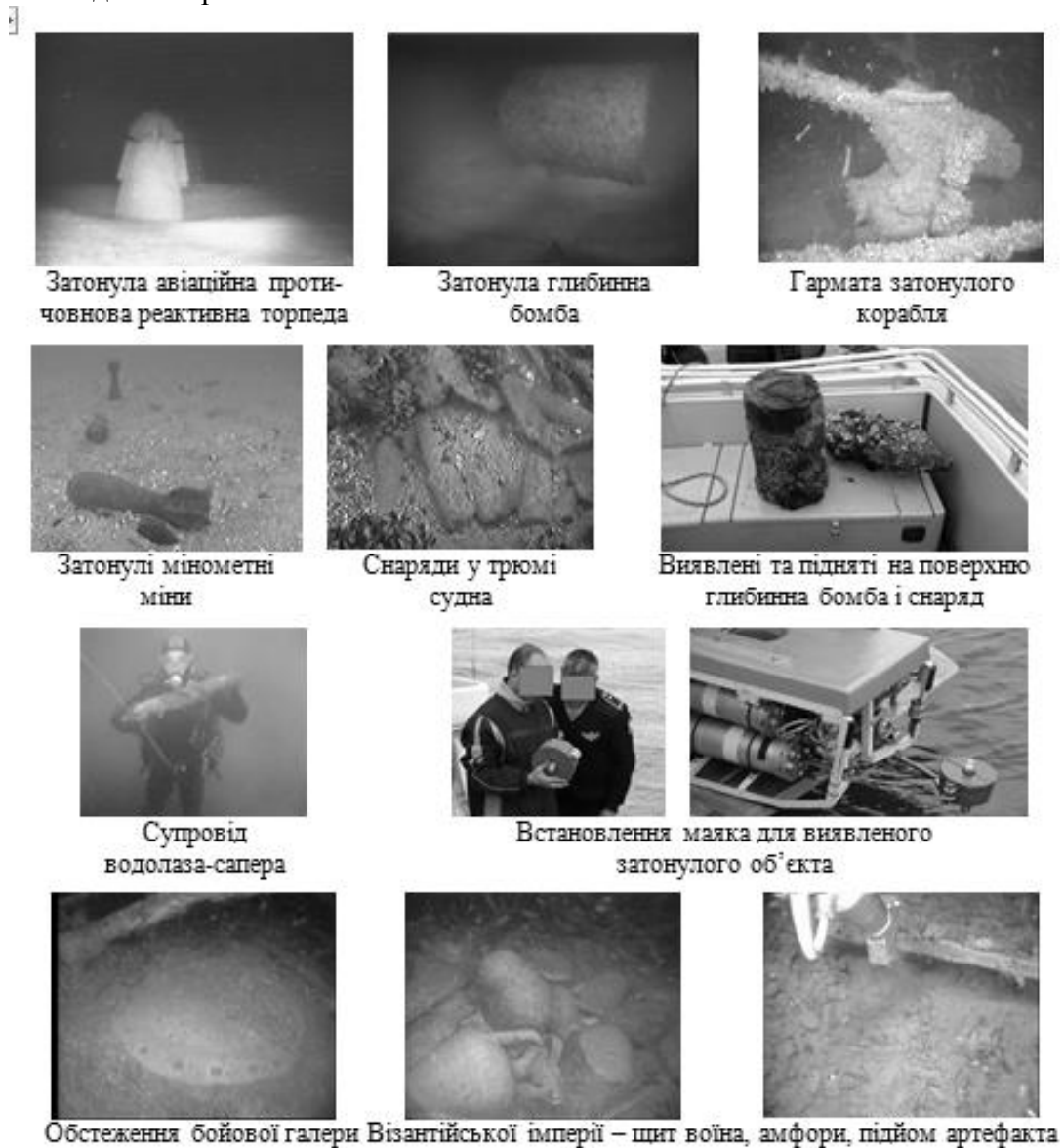


Рисунок 2 – Результати використання створених засобів підводної робототехніки НДІ ПТ

На цей час, незважаючи на світову кризу, колектив НДІ ПТ напружено працює над низкою проектів зі створення нових зразків підводної робототехніки в інтересах організацій України та за замовленнями зарубіжних компаній.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ НЕОБИТАЕМЫМ ПОДВОДНЫМ АППАРАТОМ КАК АГЕНТОМ ГРУППЫ

Блинцов А.В., Алоба Л.Т., Корицкий В.И., Сиричук А.С.

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова,
(Украина)*

Введение. Совместное выполнение задач группой автономных необитаемых подводных аппаратов (АНПА) повышает эффективность подводных работ, используя преимущества параллельного захвата и обработки данных. Особенно эффективным является применение принципа группового управления АНПА при решении сложных задач, например, в процессе аварийно-спасательных операций, при поиске затонувших объектов, выполнении обзорно-поисковых и обследовательских работ и т.д.

Для обеспечения эффективности выполнения миссии группа аппаратов должна обладать свойством самоорганизации, которое обеспечивает защиту от столкновения соседних аппаратов группы (режим адгезии), а также предотвращает рассеивание её составляющих в подводной среде (режим когезии).

Актуальность исследования. Синтез законов управления группой АНПА является сложной задачей, которая сопряжена с разработкой и настройкой соответствующих регуляторов. Эффективным способом исследования работоспособности и точности законов и систем управления как одиночными АНПА, так и в составе группы является компьютерное моделирование.

При модельных испытаниях в лабораторных условиях невозможно достичь полного гидродинамического сходства модели и реального аппарата [11, 18], потому что под водой не контролируется поведение аппарата на стадии синтеза и проверки работы системы автоматического управления (САУ), поэтому для окончательной проверки результатов расчетов и модельных экспериментов проводят натурные испытания.

Постановка натурных экспериментов и обработка их результатов очень часто бывают сложными в реализации, поэтому разрабатываются методики и установки, которые позволяют проводить исследования в условиях, близких к натурным. Примером такой экспериментальной установки является работа по созданию имитационных моделирующих комплексов с появлением первых рабочих подводных роботов, решающих практические задачи [5].

Кроме того, проведение полномасштабного натурального эксперимента для подтверждения работоспособности САУ движением АНПА в составе группы сопряжено со значительными временными и финансовыми затратами. Кроме того, существует риск потери как одного, так и множества АНПА, участвующих в эксперименте, при возникновении различного рода внештатных и аварийных ситуаций. Поэтому натуральный эксперимент целесообразно проводить с использованием двух макетов, функционал которых достаточен для обеспечения режима их согласованного движения. Результаты, полученные в ходе такого эксперимента, затем можно обобщить на группу аппаратов произвольного размера, а составляющие такой группы могут иметь различные аппаратные и программные конфигурации.

Постановка задачи. Целью данной работы является экспериментальная проверка правильности работы САУ согласованным движением АНПА в качестве агента группы, в частности реализации алгоритмов адгезии и когезии.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработана обобщенная схема морского натурального эксперимента согласованного движения двух АНПА общим курсом. В качестве исследуемого АНПА (АНПА-1) использован телеуправляемый необитаемый подводный аппарат в режиме

плоского приповерхностного движения, а в качестве соседнего подводного аппарата группы (АНПА-2) использован радиоуправляемый катер (РУК);

- разработана САУ стабилизированным плоским движением [18] для АНПА-1, которая с помощью, установленных на его мачте поверхностных сенсоров, реагирует на АНПА-2 и обеспечивает функционирование в режимах когезии и адгезии.

Результаты исследования. САУ АНПА включает в себя блок моделирования внешней навигационной среды и блок идентификации навигационных угроз. Задача синтеза блока моделирования навигационной обстановки как элемента системы управления подводным аппаратом является актуальной прикладной научной задачей.

АНПА используются в двух основных режимах: одиночное плавание и групповое плавание. Задача моделирования внешней навигационной обстановки является актуальной для обоих режимов, но наиболее сложно она решается для случая группового управления, потому что аппараты-соседи могут создавать очень быстро меняющиеся угрозы, которые надо своевременно выявлять и устранять в автоматическом режиме.

Допустим, что аппараты управляются только в горизонтальной плоскости и манёвра вертикального движения нет или он применяется в аварийном случае, когда маневры в плоскости недостаточны для безопасного движения АНПА и как вынужденное движение во избежание столкновений с соседними аппаратами.

Поскольку неопределенность в задачах автоматизации обычно увеличивается с увеличением функционального иерархического уровня, возможности подходов нечеткой логики также растут. Нечеткое управление на базовом уровне может быть привлекательным для процессов, в которых доступны только качественные знания и существуют сильно нелинейные свойства.

Необходимо, чтобы каждый АНПА удерживал безопасную дистанцию с соседними аппаратами в заданном диапазоне расстояний. Когда минимальная дистанция между ними не создает угроз аварийного столкновения (режим адгезии), а максимальная дистанция гарантирует сохранность группы и не создает угроз ухода отдельного аппарата с поля зрения сенсоров других членов группы (режим когезии) [1,3].

На рис. 1,а показано, как АНПА, совершающие различные движения, будут маневрировать относительно АНПА1.

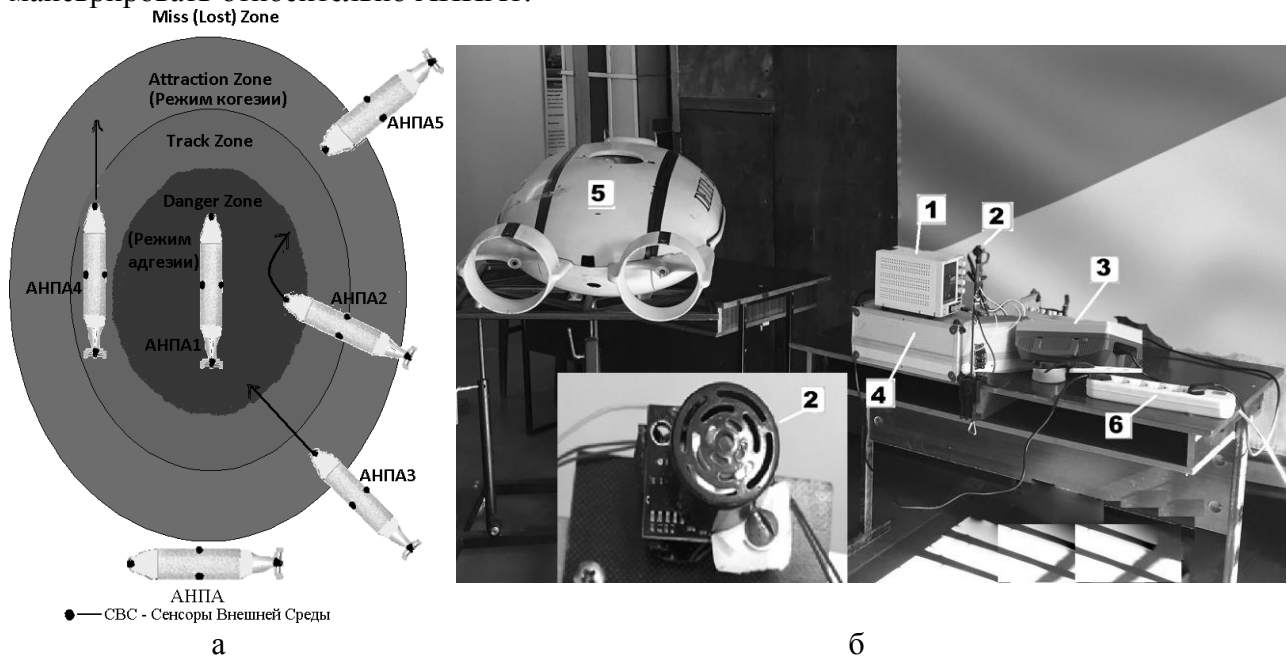


Рисунок 1 – Схема маневрирования АНПА в группе (а) и внешний вид стенда для построения диаграммы направленности ультразвукового дальномера (б)

АНПА2 находится в зоне опасности (Danger Zone), поэтому он отдаляется от АНПА1 (режим когезии). АНПА3 и АНПА5 находятся в зоне притяжения (Attraction Zone) и поэтому должны реализовывать режим адгезии, то есть приближение к АНПА1. АНПА4 находится в зоне следования (Track Zone) и поэтому он должен двигаться с АНПА1 одним курсом.

Если же АНПА-1 находится вне поля зрения датчиков дистанции, установленных в АНПА, то такой аппарат должен двигаться заранее заданным курсом.

Расстояние между двумя АНПА определяется с помощью сенсоров внешней среды (СВС), в качестве которых предлагается использовать ультразвуковые дальномеры. Одной из основных характеристик таких датчиков является диаграмма направленности – графическое изображение области, в которой объект может быть обнаружен датчиком.

С помощью лабораторного стенда (рис. 1,б) были построены диаграммы направленности четырех ультразвуковых дальномеров модели MB1003-EZ0 производства фирмы MaxBotix. На рис. 1.б обозначено: 1 – блок питания; 2 – ультразвуковой дальномер; 3 – осциллограф; 4 – вспомогательное оборудование; 5 – макет АНПА; 6 – удлинитель.

Процесс построения диаграммы направленности выполняется согласно схеме, изображенной на рис. 2.

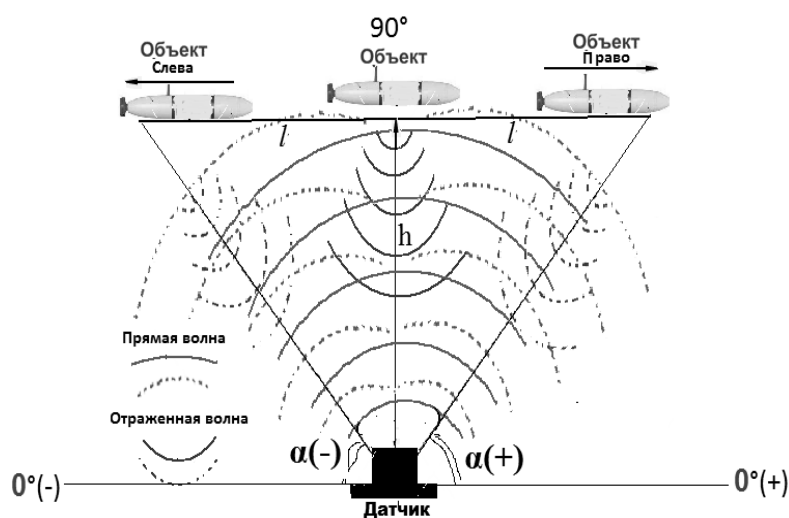


Рисунок 2 – Схема проведения эксперимента для снятия диаграммы направленности ультразвукового дальномера

На рис. 3 изображена структурная схема САУ плоским движением АНПА как агента группы одновременно движущихся подводных аппаратов-роботов..

Входными данными для системы управления являются:

d_{danger} – расстояние до цели, в рамках которой ее нахождения является потенциально опасным, м;

d_{miss} – расстояние, при котором существует возможность потерять цель из виду, м;

d_{or} – расстояние, при котором аппарат потерял цель из виду датчиков дистанции, м;

d_r – расстояние до цели, в рамках которой аппарат должен двигаться заданным курсом, м;

φ_r – заданный курс движения аппарата, град.

В зависимости от скорректированного φ_c и фактического φ значений, регулятор курса формирует сигнал управления \vec{i} для движительно-рулевого комплекса, в результате работы которого к корпусу АНПА прикладываются равнодействующие управляющих сил \vec{F} и моментов \vec{M} .

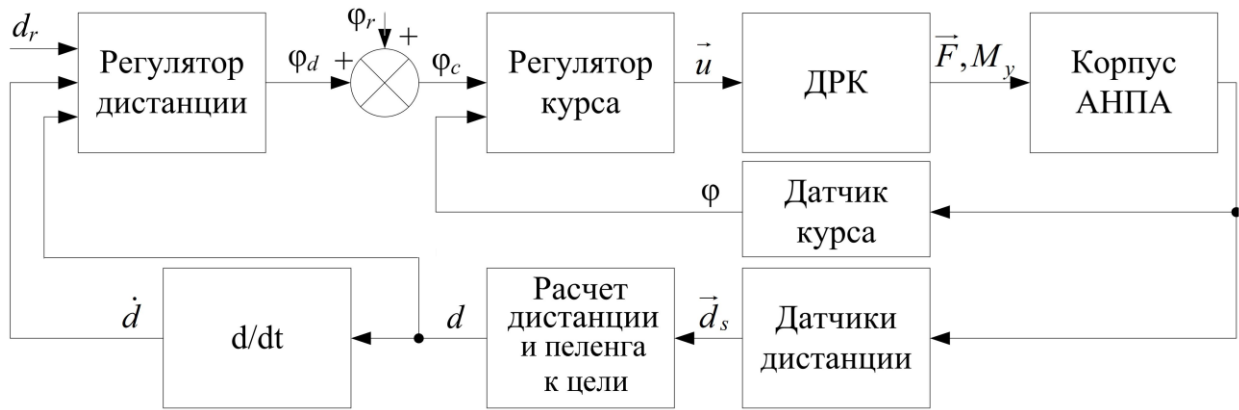


Рисунок 3 – Структурная схема САУ плоским движением АНПА

Входными для регулятора дистанции являются отклонение дистанции $\varepsilon_d = d_r - d$ и производная отклонения $\dot{\varepsilon}_d$. Переменная ε_d представлена следующими термами: выход аппарата из зоны видимости (*OutOfRange*), отдаление аппарата (*Miss*), согласованное движение (*Track*), приближение аппарата (*Danger*). Переменная $\dot{\varepsilon}_d$ представлена такими термами: отрицательная (*N*), нулевая (*Z*), положительная (*P*). Выходом регулятора является отклонение ϕ_d от заданного курса, которое представлено следующими термами: отрицательное большое (*NL*), отрицательное малое (*NS*), нулевое (*Z*), положительное малое (*PS*), положительное большое (*PL*).

Натурное испытание САУ АНПА выполнялось с целью проверки работоспособности режимов когезии и адгезии.

В качестве АНПА-1 использовался телеуправляемый необитаемый подводный аппарат, управляемый программным обеспечением поста энергетики и управления (ПЭУ).

В качестве АНПА-2 использован радиоуправляемый катер (РУК), управляемый оператором вручную с пульта управления (ПУ РУК). ДРК РУК обеспечивает режимы прямолинейного движения и плоской циркуляции, чего достаточно для проведения натурных испытаний САУ АНПА-1.

Натурные испытания подтвердили принципиальную работоспособность синтезированной САУ.

Выводы. Предложена структурная схема системы автоматического управления движением автономного необитаемого подводного аппарата как агента группы. Система автоматического управления обеспечивает стабилизацию скорости прямолинейного движения, курса и глубины погружения аппарата, а также реализует алгоритмы адгезии и когезии для обеспечения согласованного движения двух подводных аппаратов.

Разработан алгоритм и проведены натурные испытания системы автоматического управления согласованным движением двух автономных необитаемых подводных аппаратов. Перерегулирование, возникающее в переходных режимах, не превышает 7 %, находясь в пределах инженерной погрешности. Подобные результаты позволяют сделать вывод о работоспособности предложенной системы.

ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНЫХ ВИРУСОВ ПРОНИКНОВЕНИЯ

Вильский Г.Б., Радов А.А.
Украинская Академия Наук
(Украина)

Глобализация международных отношений стимулирует переход на цифровую экономику. Эти процессы коснулись и морской критической инфраструктуры. Растет компьютерная инженерия стивидорных компаний, морских портов, судов и т.п. Учитывая эту тенденцию, сотрудники морской инфраструктуры отчётливо понимают, что информационная безопасность цифрового обмена данными находится под постоянной угрозой компьютерных вредоносных программ (ВП), наносящих в большинстве случаев серьёзный и значительный ущерб их основной деятельности. Входящие в ВП загрузочные троянские вирусы относятся к компьютерным вирусам проникновения. Множество их разновидностей способно глубоко укорениться в системах с целью хищения данных и других злоумышленных воздействий, Этот тип вирусов обладает уникальными возможностями, при выполнении определённых компьютерных и сетевых процедур, реализовывать на жёстких информационных дисках и в оперативных запоминающих устройствах присутствие исполняемых вредоносных кодов для выполнения функции уязвимости компьютерной системы или сети. Выполнение ВП всех зловредных действий ведётся с обращением к процессору и происходит посредством работы оперативно запоминающих устройства компьютеров, что в конечном итоге приводит к нанесению вреда информационной безопасности компании. Описанная проблематика и связанное с ней решение актуальных задач по развитию современных информационных, коммуникационных технологий, отражено в Постановлении КМУ от 18.10.2017 № 980 «Некоторые вопросы определения среднесрочных приоритетных направлений инновационной деятельности общегосударственного уровня на 2017-2021 годы».

Защищённость цифровой коммуникативной среды, объектов критической информационной инфраструктуры, систем электронно - цифрового управления и коммерции достаточно широко освещается в специализированных научных журналах и трудах конференций, а законодательно представлена в документе [1]. Ретроспектива возникновения и совершенствования вирусных ВП, описана в учебном пособии с отражением акцента на глобальный негативный охват систем и сетей [2]. Классическая теория формирования и обнаружения вредоносного программного кода достаточно полно приведена в работе [3]. Большинство публикаций о троянских вирусах проникновения отмечают их способность к репродуцированию и реализации функции нанесения ущерба путем запуска программ уничтожения доступной информации, переформатирования жёстких дисков и изменения конфигурации компьютеров, что детально отмечается в работах [2,4]. О настоящем состоянии кибер-эпидемии ВП говорится в работе [5]. В ближайшем будущем прогнозируется ускоренное развитие таких эпидемий, с целью нанесения масштабных, существенных ущербов. Такое состояние станет реальным благодаря масштабным результатам изучения и предварительного анализа состояния сетей передачи данных, оформленного в виде списка наиболее уязвимых компьютеров для лавинообразного вирусного заражения других компьютеров. Инструментом противодействия созданию и распространению вирусных ВП представляется разработка методов предсказания заражённостей и моделирование мер противодействия с устранением уязвимостей компьютеров [6]. Возможные и основные математические модели прогнозирования возникновения и распространения ВП в информационных базах вычислительных систем приводятся в [7]. Рассмотренные публикации позволяют сделать вывод о том, что защищённость компьютеров и сетей зависит от чёткости представления

условий виникнення і особливостей проявлення особливо небезпечних троянських вірусів проникнення. Для виявлення науково-практичних підходів усунення проблеми потребується виконання досліджень, направлених на рішення задач суттєвої мінімізації загроз і ризиків ВП комп'ютерним потужностям виробничо-економічних систем. Представлення отримуваних результатів досліджень по оцінці проблем виникнення і особливостям проявлення вірусів проникнення типу троянські коні в комп'ютерних системах і мережах служить важливішою складовою в комплексі заходів кібербезпеки.

В нинішній роботі розглянуті троянські віруси проникнення в ВП, завдаючи шкоду кібернетичному обладнанню в морській критичній інфраструктурі. Дослідження проводилося методами експертних оцінок, описового аналізу і узагальнення власної експериментальної практики захисних заходів по попередженню кібератак і шкідливого впливу таких троянських вірусів проникнення як Backdoor, Trojan-PSW, LNK/Agent, Rootkit, Krepper. Структура і функціональне відповідність цих троянських вірусів відповідає більшості сучасних шкідливих програм.

Зрозумівши, що кожен троянський вірус пишеться спеціально для виконання шкідливої функції в конкретній операційній системі (ОС), робота, виконана в ОС Windows, дозволила сформулювати і систематизувати основні цілі і завдання створення і поширення ВП з троянськими вірусами проникнення.

В шкідливих, корисливих цілях хакери прагнуть до зміни кількісного і якісного стану інформаційного контенту, зберігаючого в кіберпросторі морської інфраструктури. Також ставляться завдання доступу третіх осіб до баз даних (БД) з інформацією конфіденційного характеру, з метою її використання і/або зміни. Це включає організацію несанкціонованого розгляду особистої інформації, збір конфіденційних даних, податкових номерів, банківських рахунків і інших. При цьому хакери, як правило, прагнуть реалізувати дистанційне управління вразливими комп'ютерними засобами. На рис.1 показано найпростішу хакерську реалізаційну схему ВП з троянським вірусом проникнення. На 1-му етапі замовник кіберзлочину (КЗ) ставить завдання спілкувачу-розробнику і фінансує створення вірусної програми, яку намірен продвигати за допомогою сайтів своїх співучасників. Це можуть бути продукти, посилання або інші віруси.

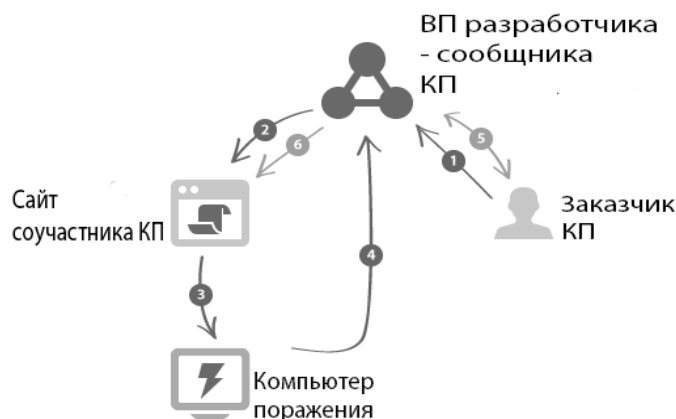


Рисунок 1 – Реалізаційна схема ВП з троянським вірусом проникнення

На 2-му етапі виконують розміщення продуктів, посилань і інших вірусів на сайті, розповсюдженні віруси, для постійного відкриття і представлення до реактивування на данню посилання. На 3-му етапі користувач комп'ютера ураження при завантаженні інформації або переході по посиланням, потрапляє на сайт з заздалегідь запрограмованим шкідливим дією, і починається процес зараження. На 4-му етапі користувач

заражённого компьютера, не подозревая о том, что обеспечивает распространение ВП с реализацией её функциональных заданий, включая выкачивание следующих вирусов и выдачу личных данных. Выдача данных по эффективности ВП передаётся заказчику КП на 5 этапе. Благодаря работе сайтов соучастников КП их собственники получают коммерческую выгоду, отмеченную на 6 этапе.

Особенности проявления троянских вирусов проникновения характеризуются высокой результативностью и жизнеспособностью. Такой вирус, как правило, находится внутри другой внешне безобидной программы, при запуске которой и происходит его инсталляция в систему. Кроме скачивания конфиденциальной информации, троянский вирус может также быть использован в процессе так называемой DoS-атаки, для блокирования работы компьютерных сетей противника.

Одна из основных особенностей проявления троянских ВП состоит в том, что сами они не размножаются, а потому инфицирование компьютерной системы возможно только при запуске вручную. Другая отличительная особенность этих вирусов заключается в том, что после активизации они продолжают поддерживать связь с разработчиком, в то время как вирусы других типов функционируют обособленно.

Существующее множество разновидностей троянских ВП способно глубоко укорениться в компьютерных системах для хищения необходимых данных. Первым признаком поражения вирусом файлов является появление ярлыков вместо существовавших ранее папок. Стоит только их запустить, и угроза начнет распространяться по компьютеру. Проявления троянских ВП разнообразны, а именно:

- диски начинают заполняться оставшимися фрагментами других файлов;
- появляются лишние процессы, потребляющие оперативную память;
- вводимая с клавиатуры информация отправляется на удаленные серверы злоумышленников и др.

Для объектов морской критической инфраструктуры под угрозу автоматически становится безопасность БД. Изменяются уровни доступа для всех клиентов БД, вплоть до неограниченных возможностей, иногда наоборот доступ выборочно блокируется.

Поскольку мгновенное выявление троянских ВП невозможно, то сетевая защита обеспечивается серверами безопасности с облачным принципом действия. При запуске все файлы целиком проверяются несколькими системами безопасности, а вся эвристика компьютеров сети настраивается с такими возможностями: сканирования файлов только целиком; обработка файлов, находящихся как в статическом, так и в динамическом состоянии; копирования файлов сначала на сервер безопасности и последующего распаковывания, сканирования и диагностирования.

Говорить о надлежащей безопасности от большинства вирусов можно только после использования не менее 3-8 видов сканирования и проверок. Даже отсканированный компьютер антивирусной программой Avast Antivirus не может считаться в безопасности, поскольку система безопасности вычисляет сначала активные и самостоятельно копирующийся вирус, а спящие или скрытые обнаруживаются в лучшем случае через 2-3 дня и только после запуска. Полное проявление угрозы от троянских ВП можно увидеть лишь в процессе их действий.

Среди отмеченных выше троянских вирусов проникновения очень опасным и чрезвычайно разрушительным считается вредоносный паразит Kgrpper, который вызывает серьезные проблемы, связанные со стабильностью компьютера. В систему он попадает через ненадежные интернет ресурсы, сети общего доступа или онлайн чатов, работает в скрытном режиме в ожидании указанной даты запуска. В указанную дату, вирус Kgrpper поражает системный реестр Windows, удаляя несколько критических системных папок и иницируя другие деструктивные действия по обнаружению и полному прекращению работы антивирусных программ в компьютерах. Кроме того, этот вирус способен подключить систему к другим вредоносным серверам и способствовать загрузке других подобных вирусных программ. Его проявление отражается в постоянном замедлении работы компьютерной системы или некоторых программ, их сбое без какой-либо видимой причины. Однако проблемы идут глубже, чем может показаться в начале, так как эта троянская ВП будет потреблять много системных ресурсов и уменьшать его

производительность. Он будет собирать различную конфиденциальную информацию о пользователе, например, его идентификационный номер, банковские счета и другие данные, которые могут быть использованы для вредоносных целей. Эта вредоносная программа создана таким образом, что её очень сложно обнаружить и удалить с компьютера раз и навсегда, поскольку она, по-видимому, постоянно обновляется. Более того, ВП с вирусом Креррег подключается к Интернету без разрешения и обращается к веб-сайтам, которые могут быть вредными, и таким образом, продолжает заражать компьютер.

Троянский вирус Креррег повреждает любую папку или файл, на которые он нацелен, и автоматически удаляет их. Поэтому очень легко теряется важная информация, повреждаются некоторые аппаратные компоненты, например, звук или изображения. Кроме того, собранные конфиденциальные данные он может несанкционированно передавать третьим лицам. Он распространяется через зараженные вложения электронной почты, с зараженного USB-накопителя или другого устройства, а также путём связывания различных программных средств вместе с некоторыми бесплатными приложениями в виде приманок. При этом, следовательно, загружаются различные потенциально нежелательные программы, такие как браузеры, рекламные продукты, а также другие вредоносные программы. Это происходит при недостаточном внимании пользователей, когда не проверяется каждый шаг процесса установки и не избегаются подозрительные сторонние менеджеры загрузки. Поскольку данный вирус является опасным и постоянным приложением, то для поддержания компьютера в безопасном состоянии, средством надежной защиты являются антивирусные программы Reimage, Plumbytes Anti-Malware и Malwarebytes Anti Malware.

Проведенные исследования позволили получить результаты оценки проблем возникновения, которые связаны с желанием сообщников КП управлять компьютерными средствами на расстоянии. Особенности проникновения троянских вирусов проявляются в виде технического изменения файловых систем компьютеров, копирования информации по запросу, заложенному в программном коде ВП, или выкачивания из интернет вредоносных кодов с их распаковкой и запуском с жесткого информационного диска компьютера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закон України «Про основні засади забезпечення кібербезпеки України», м. Київ, 5 жовтня 2017 року № 2163-VIII.
2. Монахов, Ю.М. Вредоносные программы в компьютерных сетях : учеб. пособие / Ю.М. Монахов, Л.М. Груздева, М.Ю. Монахов ; Владимирский гос. ун-т. – Владимир : Изд-во Владимирского. гос. ун-та, 2010. – 72 с.
3. Брэгг Р. Безопасность сетей. Полное руководство / Р. Брэгг, М. Родс-Оусли, К. Страссберг. – М. : Эком, 2006. – 912с. – ISBN 5-7163- 0132-0.
4. Гошко С.В. Энциклопедия по защите от вирусов / С.В. Гошко. – Изд. 2-е, стер. – М. : СОЛОН-Р, 2005. – 352с. – ISBN 5-98003-196-0.
5. Касперский К. Компьютерные вирусы: изнутри и снаружи / К. Касперский. – СПб. : Питер, 2005. – 528с. – ISBN 5-469-01282-4.
6. Козлов Д.А. Энциклопедия компьютерных вирусов / Д.А. Козлов, А.А. Парандовский, А.К. Парандовский. – М. : СОЛОН-Р, 2001. – 464с. – ISBN 5-93455-091-8.
7. Собейкис В.Г. Азбука хакера 3. Компьютерная вирусология / В.Г. Собейкис. – М.: Майор, 2006. – 512с. – ISBN 5-98551-013-1.

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ІРИГАЦІЙНОГО КАНАЛУ МЕТОДОМ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ДИНАМІКИ

Воцелка С.О., Рожков С.О.

*Херсонський державний аграрний університет
(Україна)*

Постановка проблеми. Удосконалення сучасних систем управління процесами перерозподілу водних ресурсів іригаційних систем, підвищення їх ефективності неможливо без визначення оптимальних режимів роботи гідроенергетичних і гідротехнічних споруд. Для реалізації такої системи управління необхідно мати відповідну математичну модель відкритого каналу в актуальному стані. Найбільш універсальними для опису процесів руху рідини є гідродинамічні моделі, які дозволяють отримувати характеристики процесів руху води з необхідною деталізацією і прийнятною похибкою, а також які дозволяють інтерполювати і екстраполювати характеристики каналу в широких межах [1 – 3]. В меліоративній практиці все більше застосування знаходить модель течії води у відкритих руслах, яка заснована на одновимірних рівняннях Сен-Венана [4 – 6].

Вихідними даними для рівнянь Сен-Венана є морфометричні та гідравлічні характеристики русла. Морфометричні характеристики меліоративного каналу відомі з проектною та будівельною документації. І хоча вони схильні до змін в процесі експлуатації з причин розмиву, замулення і просадки ґрунту основи, але вони можуть бути уточнені методами інструментальної зйомки. До гідравлічної характеристики русла каналу відноситься коефіцієнт шорсткості n , значення якого залежить від нерівності ложа русла, його замулення і розмиву, наявності рослинності і т.д. Але запропоновані для його визначення рекомендації не завжди дають бажану точність при розрахунках, оскільки не всі фактори, що впливають на нього, вивчені в достатній мірі. Крім того, слід враховувати той факт, що всі розрахункові співвідношення були отримані для умов усталеного потоку води. Не менш важливим вихідним початковим параметром для вирішення системи Сен-Венана є боковий відбір, що характеризує процеси фільтрації, випаровування та інші втрати води, розподілені по довжині каналу.

Більшість іригаційних каналів України є каналами сезонної дії, тому в загальному випадку шляховий відбір q є змінною величиною, яка вимагає періодичного уточнення [3]. З огляду на той факт, що при моделюванні реальних об'єктів, до розподіленого відбору крім втрат відносять ряд дрібних водоспоживачів, інформація про роботу яких найчастіше надходить із значним запізненням, стає безсумнівним важливість вирішення проблеми оперативного уточнення (ідентифікації) цього параметра. Таким чином, необхідно вирішувати задачу одночасної ідентифікації двох параметрів, які не підлягають безпосередньому вимірюванню – коефіцієнта шорсткості та шляхового відбору.

Основна частина. Відомі різні постановки завдань з ідентифікації коефіцієнта шорсткості і шляхового відбору за даними натурних вимірювань рівня вільної поверхні або глибини і витрати несталого потоку, а також спільне рішення цих двох завдань [1, 4 – 6]. Проте всі вони припускають апріорі знання початкового стану потоку по всій довжині каналу, а в реальних задачах відомості про початковий (поточний) стан водного потоку по всій довжині іригаційного каналу відсутні. Тому використання цих методів ідентифікації параметрів і координат в системах управління реального часу, є досить проблематичним. Також відомий новий метод ідентифікації іригаційного каналу [2], розроблений для спільної ідентифікації параметрів розподіленого бокового відбору і коефіцієнта шорсткості, початкових і поточних значень невимірюваних координат, придатний для роботи систем управління б'єфом іригаційного каналу в режимі реального часу.

Нестационарна течія води описується одновимірною нелінійною гіперболічною системою рівнянь Сен-Венана [5]. Для вирішення системи рівнянь Сен-Венана по маршовій (еволюційній) координаті часу t в прямому напрямку необхідно знати початкові і граничні умови. У загальному випадку, граничні умови, це дані телеметрії, а початкові умови та коефіцієнти необхідно знайти. Задача вирішується заміною маршової координати – часу t , при цьому рішення рівняння знаходять в часткових похідних в незамкненій області при заданих граничних і початкових умовах.

В якості маршової координати обираємо просторову змінну x . Виділивши часткові похідні глибини потоку h і витрати Q по координаті x , отримаємо (1)

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} = -B \cdot \frac{\partial h}{\partial t} + q \\ \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{gS \cdot (I_0 - I_f) - \frac{\partial Q}{\partial t} + 2v \cdot B \cdot \frac{\partial h}{\partial t}}{(gS - Bv^2)} \end{cases} \quad (1)$$

На рис. 1. схематично зображено б'єф каналу, який обмежений самопливними підпірно-регулюючими спорудами з затворами, що подають і відводять потік та схема обчислювальних областей моделі.

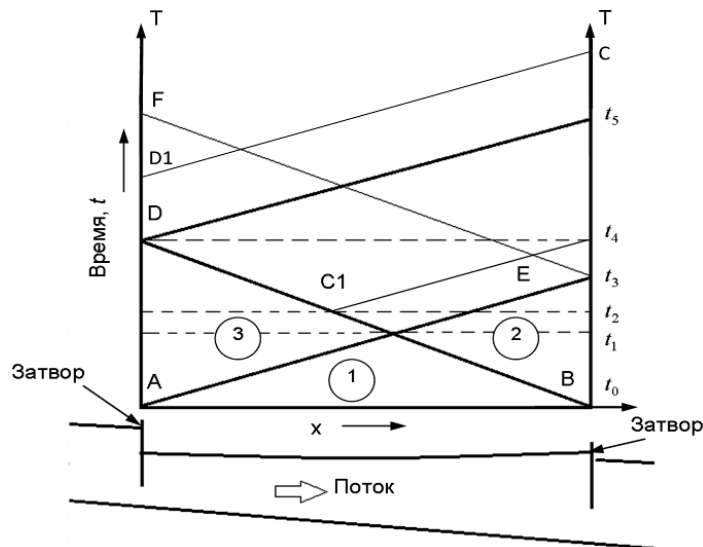


Рисунок 1 – Схема обчислювальних областей моделі відкритого каналу

Зверху, над б'єфом каналу (рис. 1), зображена просторово-часова площина $x-t$, на якій нанесені лінії характеристик системи диференціальних рівнянь (1) для докритичного стану потоку. Характеристики є графіками руху хвилі, які переміщуються вгору за течією $[BD, t_3F]$, або вниз $[AE, Dt_5, Ct_4, D1C]$. Використовуючи визначення «зона впливу», «область залежності» і «характеристичний трикутник» [4], виконаємо рішення системи рівнянь (1). В якості вихідних умов обираємо вісь часу в кінці б'єфу, де відомі значення витрат і глибин потоку за даними телеметрії. Мінімальний інтервал часу, необхідний для рішення, повинен бути не менше часу проходження по б'єфу прямої і зворотної хвилі $[t_0, t_5]$. На рис. 1 область $[t_0, D, t_5]$ – «характеристичний трикутник» з підставою $[t_0, t_5]$. З урахуванням просторової нелінійності і непрямої лінійності характеристик «характеристичний трикутник» доцільно розширити до «характеристичної трапеції» з підставою BC і сторонами BD і $CD1$. Далі, задавшись в першому наближенні допустимим значенням коефіцієнта шорсткості і шляхового відбору, будь-яким чисельним методом вирішуємо систему рівнянь (1) з початковими умовами на інтервалі $[B, C]$, і по

зворотній просторовій координаті $[B, A]$. Враховуючи, що граничні умови відповідають істинним значенням тільки в точках початкових умов B і C , результати розрахунку в області $[ADB]$ і вище характеристики $[D1, C]$ не представляють інтересу. В результаті рішення отримаємо розрахункові (відновлені) значення глибин і витрат в області $[D, D1, C, B]$.

Розрахункові значення глибин і витрат на інтервалі $[D, D1]$ є вихідними даними для обчислення значень двох функціоналів якості оптимізаційної задачі – знаходження коефіцієнта шорсткості і шляхового відбору. Перший функціонал якості (2) являє собою значення суми квадратів відносних відхилень розрахункових значень глибин на інтервалі $[D, D1]$ від даних вимірювань (стандарту), другий функціонал якості (3) – теж, але тільки для витрат. Таким чином, отримуємо багатокритеріальне завдання умовної мінімізації.

$$J(h)|_{n,q} = \int_D^{D1} \left(\frac{h_m - h_i}{h_i} \right)^2 dt, \quad (2)$$

$$J(Q)|_{n,q} = \int_D^{D1} \left(\frac{Q_m - Q_i}{Q_i} \right)^2 dt. \quad (3)$$

Обмежимо діапазон пошуку рішень міркуваннями фізичної можливості реалізованих рішень. Особливістю даного завдання є та обставина, що обидва функціонали обчислюються на одній множині змінних (n, q) , а поверхні, які побудовані за даними значень функціоналів, гладкі і мають пологий (горизонтальний) тальвег – множини Парето.

За умови, що проекції тальвегів на площину, яка утворена множиною вхідних змінних, перехрещуються, тому їх перетин буде рішенням загальної задачі ідентифікації значень коефіцієнта шорсткості та шляхового відбору.

Такі особливості дозволяють вирішити задачу ідентифікації параметрів, звівши рішення багатокритеріальної задачі до однокритеріальної [1, 2, 4].

Інтегральний критерій (4) визначають у вигляді суми власних критеріїв з масштабними коефіцієнтами, значення яких вибирають у кожному конкретному випадку в залежності від морфометричних та інших особливостей модельованого каналу (4):

$$J(hQ)|_{n,q} = J(Q)|_{n,q} + K \cdot J(h)|_{n,q}. \quad (4)$$

Подальше рішення зводиться до вирішення задачі однокритеріальної векторної оптимізації градієнтним методом на інтервалі $[D, D1]$ за критерієм (4) [2]. Важливою властивістю даного метода ідентифікації є той факт, що в процесі ідентифікації параметрів не використовуються значення невимірюваних координат б'єфу каналу.

Попередній аналіз натурних спостережень Північно-Кримського каналу (ПКК) дозволив зробити припущення на наявність похибки у відмітках нуля водомірних рейок. Приймаючи до уваги це припущення, до ідентифікуємих параметрів було включено сім параметрів: осереднений розгалужений відбір $\frac{dQ}{dX}$ [м²/с]; коефіцієнти шорсткості n_1, n_2, n_3 на ділянках ПК000 – ПК282, ПК282 – ПК611, ПК611 – ПК778; зміщення нуля водомірних рейок на ПК000, ПК282, ПК611.

Вищевикладений алгоритм було використано для ідентифікації параметрів першого б'єфу ПКК на відрізку часу $[5 - 10] \cdot 10^4$ [с]. Фрагмент результатів ідентифікації параметрів математичної моделі головної ділянки ПКК – розподіленого по довжині каналу бокового відбору води та коефіцієнта шорсткості на ділянках каналу між контрольованими створами, представлено на рис. 2.

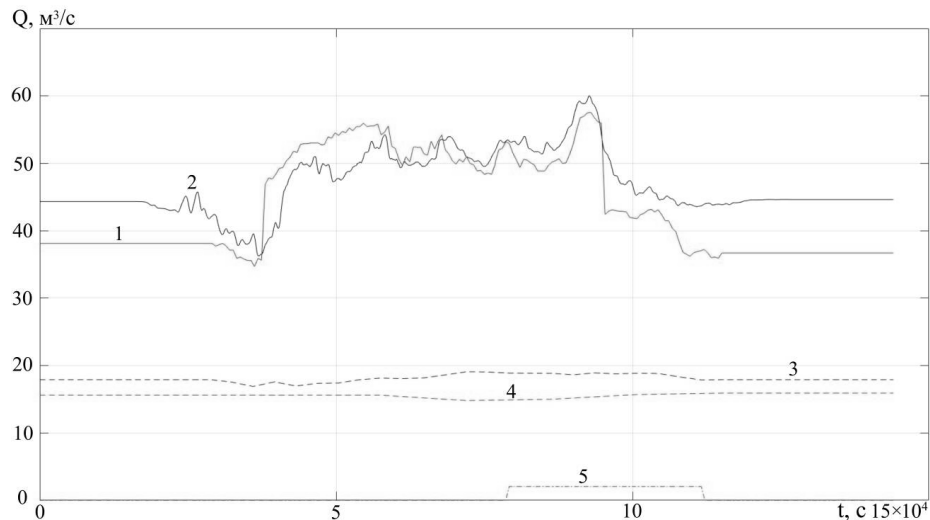


Рисунок 2 – Графіки витрат води на ПКК

1 – графік витрат води Головною водозабірною спорудою (ГС) при проведенні експериментальних досліджень; 2 – графік витрат води отриманий при моделюванні перехідних процесів; 3 – графік витрат води через ГС Чорноморської зрошувальної системи (ЧЗС); 4 – графік витрат води підпірно-регулювальною спорудою (ПС) №1; 5 – графік витрат води насосною станцією (НС)

Висновки. Виконуючи завдання ідентифікації гідравлічних параметрів першого б'єфу ПКК застосовано новий метод ідентифікації параметрів б'єфів іригаційного каналу з використанням розв'язання оберненої задачі динаміки по просторовій координаті [2].

Отримані результати розрахунків підтвердили працездатність і перспективність наведеного методу [2], а його висока чутливість дозволяє вирішувати проблеми оперативної діагностики устаткування в системах оперативного керування водорозподілом;

Для подальшого вирішення проблем управління процесом водорозподілу з використанням оберненої задачі динаміки необхідно уточнювати морфометричні параметри русла ПКК та висотну прив'язку водомірних пристроїв.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воеводин А. Ф., Никифоровская В.С. Численный метод решения некоторых обратных задач гидравлики //Водные ресурсы. 1981. – № 3. – С. 114 – 118.
2. Воцелка С.А. Новый метод идентификации ирригационного канала /С.А. Воцелка, С.А. Рожков //Вісник Херсонського національного технічного університету. – №03(62). – 2017. Т. 1 – С. 132–137.
3. Коваленко П. І. Управління водорозподільними системами за принципами ресурсо– та енергозощадження /П.І. Коваленко, В.М. Попов. – К.: Аграрна наука, 2011. – 368 с.
4. Романов А. В. Обратные задачи математического моделирования неустановившегося движения воды в реках. – М.: Научный мир, 2008. – 184 с.
5. Rivas Perez R., Feliu Batlle V., Castillo Garcia F., Linarez Saez A. (2008). System identification for control of a main irrigation canal pool // Proceedings of the 17th World Congress, The International Federation of Automatic Control, Seoul, Korea, July 6–11. pp.9649 – 9654. Режим доступа: DOI: 10.3182/20080706–5–KR–1001.1459
6. Wylie, E. B. (1969). Control of transient free–surface flow //Journal of Hydraulics, ASCE. pp.347 – 361.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ

Врублевский Р.Е.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Формализация процесса магнитно-импульсной обработки (МИО) как задачи многокритериальной оптимизации предполагает описание всех важных факторов, влияющих на достижение цели, их взаимодействия, ограничительных условий и критерия оценки качества принимаемого решения, на основе которого можно осуществлять выбор между альтернативами. В качестве критерия оценки выступает целевая функция, аргументами которой являются количественные характеристики значений параметров режимов МИО, описывающие состояние факторов, влияющих на достижение наилучших результатов упрочнения обрабатываемой детали. При этом решению, приводящему к наилучшему результату соответствует экстремальное значение целевой функции, то есть точка ее максимума или минимума.

Следовательно, процесс генерации вариантов решений и выбора наилучшей из полученных альтернатив сводится к созданию всех возможных комбинаций значений параметров режимов МИО, влияющих на результат упрочнения обрабатываемой детали, и нахождение такой комбинации, которая приводит к их экстремальному значению. Все возможные комбинации значений режимов МИО при этом образуют пространство поиска задачи, размерность которого определяется числом аргументов целевой функции. А каждая из указанных комбинаций образует точку в данном пространстве.

Таким образом, целью оптимизационной задачи, является выбор наилучшей оптимальной конфигурации значений параметров режимов МИО из множества альтернатив для достижения заданных параметров упрочнения детали после МИО. Под термином «режимы МИО» понимается совокупность числовых значений нескольких параметров, основными из которых являются: напряженности магнитного поля, время импульса в серии, число импульсов в серии, интервал между импульсами в серии, число серий импульсов.

Одним из наилучших методов решения задачи многокритериальной оптимизации являются генетические алгоритмы. Генетический алгоритм работает с популяцией особей, в хромосоме (генотипе) каждой из которых закодировано возможное решение задачи оптимизации режимов МИО.

В начале работы алгоритма популяция формируется случайным образом. Для того чтобы оценить качество закодированных решений используем функцию приспособленности, которая необходима для вычисления приспособленности каждой особи. По результатам оценивания особей наиболее приспособленные из них выбираются для скрещивания. В результате скрещивания выбранных особей посредством применения генетического оператора кроссовера создается потомство, генетическая информация которого формируется в результате обмена хромосомной информацией между родительскими особями. Созданные потомки формируют новую популяцию, причем часть потомков мутирует (используется генетический оператор мутации), что выражается в случайном изменении их генотипов. Этап, включающий последовательность «Оценивание популяции» – «Селекция» – «Скрещивание» – «Мутация», называется поколением. Эволюция популяции состоит из последовательности таких поколений. Выбор способа кодирования является одним из важнейших этапов при использовании эволюционных алгоритмов. Как правило, в хромосоме кодируются численные параметры решения. Для этого возможно использование целочисленного и вещественного кодирования. Для

удобства будем кодировать в гене не целое число, а вещественное. Это позволяет избавиться от операций кодирования/декодирования, используемых в целочисленном кодировании, а также увеличить точность найденного решения.

Таблица 1 – Диапазоны режимов МИО

Материал	Режим МИО					Стойкость, %
	Напряженность поля, кА/м	Число серий	Время импульса, с	Число импульсов	Интервал между импульсами, с	
№ параметра	1	2	3	4	5	-
Разделительные простые штампы	160... 500	1...3	0,3... 0,6	7...10	2...5	120... 160
45, 40X, 45X, 45Г, 50Г2	-	-	-	-	-	120.. 150
65, 70, 60С2, 70С2ХА	-	-	-	-	-	130... 160
СЧ15, СЧ18, СЧ24	-	-	-	-	-	150... 200

Вывод: данный генетический алгоритм использовался в установке «Магнитрон», что позволило нам выбирать оптимальные режимы МИО для различных типов и материалов обрабатываемых изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дистлер Г.И., Каневский В.Н. О влиянии слабого импульсного магнитного поля на реальную структуру твердых тел. – М.: АН СССР, 1983. – Т.268. – № 3. – С. 591–593.
2. Пустовойт В.Н. Алгоритмизация и программа расчета параметров магнитного упрочнения. – Минск: ФТИ АН БССР, 1990. – 115 с.
3. Пустовойт В.Н. Физические и технологические основы термической обработки в магнитном поле. – Минск: ФТИ АН БССР, 1980. – 40 с.
4. Трахтенгерц Э.А. Субъективность в компьютерной поддержке управленческих решений. Серия «Системы и проблемы управления». М.: СИНТЕГ, 2001. – 256 с.
5. Романов В.П. Интеллектуальные информационные системы в экономике: Учебное пособие / Под ред. д.э.н., проф. Н.П. Тихомирова. – М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 496 с.

ДЕЯКІ ПРАВИЛА ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Грешнов А.Ю.

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Активний розвиток сучасного ринку промислової автоматизації обумовлює постійне оновлення асортименту засобів вимірювальної техніки (ЗВТ). До традиційних технологій вибору ЗВТ відносяться: брошура, каталоги, що випускаються спеціалізованими компаніями з виробництва і продажу ЗВТ, довідники, бази даних обладнання та інтернет-сайти. При цьому процес вибору моделі ЗВТ може бути тривалим через великі інформаційні обсяги та існуючий людський чинник в даній технології отримання інформації.

Застосування автоматизованих інформаційних систем (АІС) вибору ЗВТ є найбільш сучасною технологією з точки зору витрат часу на пошуки потрібного варіанту моделі ЗВТ. Однак, оновлення асортименту ЗВТ і розширення номенклатури, зміна операційної бази вимагають модифікації існуючої АІС або розробку нової версії системи, що пов'язано з тимчасовими вартісними та трудовими витратами.

Актуальність досліджень. Вимірювання рівня рідини є ключовою операцією при автоматизації технологічних процесів у багатьох галузях промисловості і особливо на об'єктах морської інфраструктури, тому що саме там вимір рівня безпосередньо пов'язаний з умовами безпечної роботи обладнання, а також питаннями комерційного обліку світлих нафтопродуктів (таких як бензини, дизельне паливо, гас), на частку яких припадає близько 70% продуктів, отриманих з нафти.

В даний час вимірювання рівня світлих нафтопродуктів здійснюють різними методами і приладами, можливості яких визначаються, з одного боку, технологічними вимогами (діапазон, вибухонебезпечність, точність та ін.) і, з іншого боку, наявністю не інформативних параметрів (тиск, щільність, в'язкість, електропровідність і ін.).

Постановка задачі. Розробити аналітичну модель з правилами реалізації процесу вибору ЗВТ (на прикладі приладу для вимірювання рівня рідини).

Результати досліджень. Аналітична модель процесу прийняття рішення щодо вибору рівнеміра може бути представлена наступним кортежем [1]:

$$M = \langle M_1, M_2, M_3 \rangle, \quad (1)$$

де M_1 - модель визначення технології вимірювання рівня; M_2 - модель визначення типу рівнеміра; M_3 - модель визначення марки рівнеміра.

Модель вибору технології вимірювання рівня

$$M_1 = \{T_1(t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}), Y_1(a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}), U_1\} \quad (2)$$

містить параметри:

- технології вимірювання рівня $T_1(t_{11}, t_{12}, t_{13}, t_{14}, t_{15}, t_{16}, t_{17})$,

де t_{11} - ультразвукова; t_{12} - радарна; t_{13} - ємкісна; t_{14} - гідростатична; t_{15} - буйкова; t_{16} - хвильоводна; t_{17} - радіаційна.

- умови вибору $Y_1(a_{11}, a_{12}, a_{13}, a_{14}, a_{15}, a_{16}, a_{17})$,

де a_{11} - температура, a_{12} - тиск, a_{13} - наявність піни, a_{14} - наявність розділу фаз, a_{15} - хімічна активність, a_{16} - діелектрична проникність, a_{17} - наявність обладнання в резервуарі.

- правила вибору U_1 побудовані за схемою: «якщо ... (умови виконуються), то ... (реалізація слідства)».

Деякі правила вибору технології вимірювання рівня представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Правила вибору технології вимірювання рівня

№	Якщо	Тоді
1.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$)	$t_{11} =$ «ультразвукова технологія»
2.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{так} \gg$)	$t_{14} =$ «гідростатична технологія»
3.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll > 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$)	$t_{14} =$ «гідростатична технологія»
4.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll > 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{так} \gg$)	$t_{14} =$ «гідростатична технологія»
5.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{так} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (активність середовища $a_5 = \ll \text{проводить} \gg$)	$t_{14} =$ «ємкісна технологія»
6.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{так} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{так} \gg$) [^] (активність середовища $a_5 = \ll \text{проводить} \gg$)	$t_{14} =$ «ємкісна технологія»
7.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll > 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{так} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (активність середовища $a_5 = \ll \text{проводить} \gg$)	$t_{14} =$ «ємкісна технологія»
8.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll > 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{так} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{так} \gg$) [^] (активність середовища $a_5 = \ll \text{проводить} \gg$)	$t_{14} =$ «ємкісна технологія»
9.	(температура процесу $a_{11} = \ll < 80^\circ \text{C} \gg$) [^] (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) [^] (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{так} \gg$) [^] (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) [^] (активність середовища $a_5 = \ll \text{проводить} \gg$)	$t_{14} =$ «ємкісна технологія»

№	Якщо	Тоді
10.	(температура процесу $a_{11} = \ll 80^\circ \text{C} \gg$) \wedge (тиск в ємності $a_{12} = \ll 3 \text{ бар} \gg$) \wedge (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{так} \gg$) \wedge (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (активність середовища $a_{15} = \ll \text{не проводить} \gg$) \wedge (діелектрична проникність $a_{16} = \ll 1,9 \gg$)	технологія вимірювання рівня $t_4 = \ll \text{радарна} \gg$
11.	(температура процесу $a_{11} = \ll 80^\circ \text{C} \gg$) \wedge (тиск в ємності $a_{12} = \ll > 3 \text{ бар} \gg$) \wedge (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{так} \gg$) \wedge (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (активність середовища $a_{15} = \ll \text{не проводить} \gg$) \wedge (діелектрична проникність $a_{16} = \ll < 1,9 \gg$)	технологія вимірювання рівня $t_4 = \ll \text{радарна} \gg$
12.	(температура процесу $a_{11} = \ll 80^\circ \text{C} \gg$) \wedge (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) \wedge (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (активність середовища $a_{15} = \ll \text{не проводить} \gg$) \wedge (діелектрична проникність $a_{16} = \ll < 1,9 \gg$)	технологія вимірювання рівня $t_4 = \ll \text{радарна} \gg$
13.	(температура процесу $a_{11} = \ll 80^\circ \text{C} \gg$) \wedge (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) \wedge (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{так} \gg$) \wedge (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (активність середовища $a_{15} = \ll \text{не проводить} \gg$) \wedge (діелектрична проникність $a_{16} = \ll < 1,9 \gg$)	технологія вимірювання рівня $t_4 = \ll \text{радарна} \gg$
14.	(температура процесу $a_{11} = \ll 80^\circ \text{C} \gg$) \wedge (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) \wedge (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{так} \gg$) \wedge (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (активність середовища $a_{15} = \ll \text{не проводить} \gg$) \wedge (діелектрична проникність $a_{16} = \ll > 1,9 \gg$)	технологія вимірювання рівня $t_4 = \ll \text{хвильоводна} \gg$
15.	(температура процесу $a_{11} = \ll 80^\circ \text{C} \gg$) \wedge (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) \wedge (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{так} \gg$) \wedge (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{так} \gg$) \wedge (активність середовища $a_{15} = \ll \text{не проводить} \gg$) \wedge (діелектрична проникність $a_{16} = \ll > 1,9 \gg$)	технологія вимірювання рівня $t_4 = \ll \text{хвильоводна} \gg$
16.	(температура процесу $a_{11} = \ll 80^\circ \text{C} \gg$) \wedge (тиск в ємності $a_{12} = \ll < 3 \text{ бар} \gg$) \wedge (наявність піни/пари/турбулентності $a_{13} = \ll \text{так} \gg$) \wedge (наявність поділу фаз $a_{14} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (наявність обладнання в ємності $a_{17} = \ll \text{ні} \gg$) \wedge (активність середовища $a_{15} = \ll \text{не проводить} \gg$) \wedge (діелектрична проникність $a_{16} = \ll > 1,9 \gg$)	технологія вимірювання рівня $t_4 = \ll \text{хвильоводна} \gg$

Висновки. Розроблено інформаційну модель процесу вибору рівнеміра, що відображає дані предметної області у вигляді сукупності моделей методів вимірювань, параметрів середовища, метрологічних характеристик приладів та зв'язків між ними. Розглянуто деякі правила вибору технології виміру рівня.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грешнов А.Ю. Інформаційна модель процесу вибору рівнемірів [текст]: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми автоматики та електротехніки».- Миколаїв: НУК, 2018. – С. 20-21

ДИСТАНЦІЙНЕ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

Грицук І.В., Погорлецький Д.С.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Застосування сучасних систем моніторингу, прогнозування і діагностики технічного стану складних технічних систем (СТС) є необхідним для забезпечення високих економічних показників, а також показників надійності і екологічності на транспорті.

Поняття «Моніторинг» тісно пов'язане з поняттям «Технічне діагностування» [1], в рамках якого вирішуються такі задачі як: визначення технічного стану транспортного засобу (справний/несправний, працездатний/непрацездатний, правильно функціонує/неправильно функціонує); локалізація місця відмови (с точністю до типу обладнання, вузла, деталі); прогнозування працездатності. Слід зауважити, що всі ці задачі систем діагностування є задачами системи моніторингу, що відрізняється від діагностування наявністю часових характеристик процесів і тим, що він передбачає одночасний контроль всіх транспортних засобів, а діагностування стосується зазвичай конкретного об'єкту.

Технічне діагностування і моніторинг стануть більш ефективними, якщо вони будуть здатні заздалегідь передбачати виникнення відмови елементів СТС. Тому сучасне дистанційне оцінювання технічного стану СТС на транспорті забезпечує підвищення надійності систем. Введення в експлуатацію транспортних засобів систем діагностування і моніторингу дозволяє знизити витрати на технічне обслуговування і ремонт, а також скоротити витрати енергоресурсів.

Постановка задачі. Для вирішення задач, що пов'язані з дистанційним оцінюванням технічного стану СТС на транспорті необхідним є дослідження досвіду його реалізації на різних видах транспорту.

Основний матеріал. Наявність своєчасної, повної та достовірної інформації за оцінками ризику відмов систем є визначальним фактором надійності СТС. Така інформація може формуватися системою менеджменту якості проектування і експлуатації СТС відповідно до стандарту ISO 9001:2015 [2], що передбачає заходи щодо забезпечення надійності СТС за умови розвитку комунікацій та вміння управління інформацією. Своєчасне і регулярне надходження інформації про стан обладнання СТС дозволяє обслуговуючому персоналу відстежувати аварійні ситуації, виявляти причини відмов і виробляти заходи, спрямовані на підвищення надійності СТС [3].

Розглянемо реалізацію систем дистанційного оцінювання технічного стану СТС на судових СТС. Для даних систем моніторинг технічного стану не завжди можливо реалізувати через обмежений простір і високу вартість відповідного обладнання. Впровадження системи дистанційного моніторингу, діагностики і прогнозування (ДМДП) технічного стану СТС є одним із способів вирішення даної проблеми.

Використання систем моніторингу і діагностики має враховувати наступну специфіку судових СТС: різноманітність обладнання по використовуваних фізичних принципів (механічні, електромеханічні, гідравлічні, електронні тощо) ускладнює розробку універсальних методів ДМДП; різноманітність конструкцій обладнання вимагає побудови програми діагностування СТС з урахуванням конструкцій пристроїв, що ускладнює розробку універсальних методів ДМДП; наявність як дискретних, так і безперервних об'єктів визначає різні підходи при вирішенні задач діагностування; різноманітність в структурі обладнання (одноканальні і багатоканальні СТС); різний рівень надійності устаткування ускладнює організацію процесу діагностування; різні режими

роботи устаткування на судах (тривалий і короткочасний режими); високий ступінь автоматизації технологічних процесів: А1, А2, А3. Необхідно одночасне автоматизоване діагностування судових об'єктів і діагностування засобів автоматики; обмежені можливості відновлення судового устаткування через недостатню кількість і, найчастіше, невисокої кваліфікації обслуговуючого персоналу і обмеженого обсягу запасних деталей; різноманітність умов діагностування обладнання визначає місце розташування засобів діагностування (не завжди ідеальне).

Технології ДМДП оцінки технічного стану об'єктів транспортного призначення використовується, наприклад фірмами: «General Electric» (США), «Mitsubishi» (Японія), «Siemens» (Німеччина), «Alstom» (Швейцарія) [4]. Системи ДМДП характеризуються єдиною типовою структурою, до якої можна віднести наступні елементи: пристрої збору інформації, комутатор, передатчик, мережу передачі даних, приймач, центр управління, контроль і аналіз інформації, сховище даних. Для забезпечення при ДМДП стійкого зв'язку з наземними службами відповідно до Регламенту радіозв'язку використовуються встановлені на морських і річкових судах системи передачі даних на базі рухомий, фіксованою або радіомовної супутникової зв'язку, наприклад ИНМАРСАТ (стандарти С, М, Fleet, BGAN), Iridium, Globalstar, Orbcomm тощо. Бортові комплекси ДМДП на судні пов'язані з автоматизованим робочим місцем (АРМ), через локальні мережі, мережі ПСС або через наземну стаціонарну станцію (СТ) мережею Інтернет. Система ПСС дозволяє в реальному часі обмінюватися інформацією між бортовими комплексами і диспетчером на березі відповідно до структурної схеми (рис. 1 [5]). Кожен бортовий комплекс містить взаємопов'язані між собою за інтерфейсом блоки, призначені для передачі інформації в центр діагностики. Мобільна частина - це комплекс судового устаткування і програмного забезпечення, що складається з обладнання АРМ капітана судна. Стаціонарна частина розташовується в диспетчерському центрі і пов'язана з мобільного за допомогою супутникової системи передачі даних.

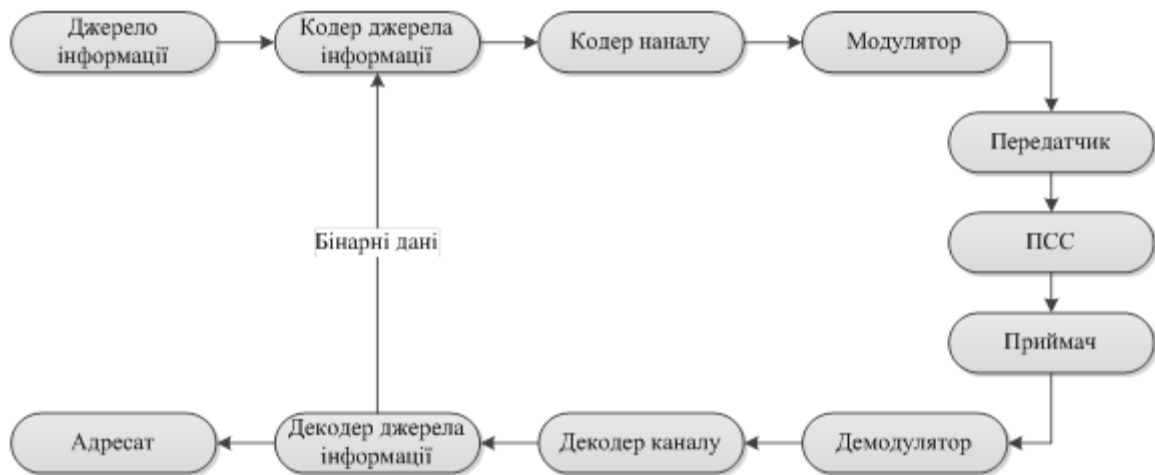


Рисунок 1 – Узагальнена структурна схема системи ДМДП судовими СТС [5]

Комп'ютерні мережі, які використовуються в системах ДМДП мають різноманітні можливості. Наприклад, інтегрована комп'ютерна мережа балкеру «EDELWEISS» дозволяє забезпечити моніторинг: параметрів головного двигуна; параметрів допоміжного котла; параметрів допоміжних дизелів електростанції; електричні параметри поточного стану генераторів; контроль рівнів палива, мастила, води в паливних, витратних, водяних танках і танках питної води; контроль різних напруг судової мережі, а також стану напруги судових акумуляторних батарей; контроль роботи механізмів, що забезпечують роботу ГД (паливних, масляних насосів, насосів охолоджуючої води 1- та 2-го контурів, турбіни) тощо.

Інтегрована система моніторингу та управління суднами [6] є однією з використовуваних систем ДМДП судновими СТС. В ній дані, що відповідають поточному стану систем, передаються від судна на віддалений стаціонарний пункт, команди від якого приймаються для управління СТС. Недоліки системи полягають в тому, що не передбачена можливість фрагментарного зчитування вмісту «чорного ящика», в якому зберігаються зібрані дані від різних пристроїв контролю параметрів СТС з боку пунктів моніторингу по каналах супутникового зв'язку, а також не виділено приймач глобальної навігаційної супутникової системи (GPS) в якості основного компонента моніторингу.

Висновки. Системи ДМДП судових СТС мають ряд загальних недоліків [5]: відсутні прогнозуючі тренди технічного стану систем; не визначаються інтервали зчитування параметрів, що відображають технічний стан систем; відсутня можливість автоматично вибору оптимального режиму роботи СТС в залежності від їх стану для збільшення енергетичного ресурсу, підвищення ефективності експлуатації систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. ГОСТ 20911-89. Техническая диагностика. Термины и определения.- Издательство стандартов, 1989. - 9 с.
2. Международный стандарт ISO 9001:2015. Системы менеджмента качества. Требования. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pqm-online.com/assets/files/pubs/translations/std/iso-9001-2015-fdis.pdf>. - Загл. с экрана.
3. Machinery Planned Maintenance and Condition Monitoring/ Lloyd's Register, Ship Right, 2004.- 354p.
4. Доронін В.В. Радіонавігаційні прилади та системи: посібник для вищих морських навчальних закладів / В.В. Доронін // – Київ : КДАВТ, 2007. – 472 с.
5. Шибаета Н.О. Метод структурной оптимизации характеристик системы дистанционного мониторинга и диагностики судовых сложных технических систем / Н.О. Шибаета, В.В. Вычужанин // Вісник Одеського національного морського університету : сб. статей. – Одесса, 2016. – Вып. 1(47) – С. 69-81.
6. Пат. US 2009/0187297 A1, G 06 F 17/00. Integrated Vessel Monitoring and Control System / Kish L., McBryde L. (США) - № 12/016,110; заявл. 17.01.2008; опубл. 23.07.2009. - 14 с.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ АНПА З ГРЕБНИМ ГВИНТОМ В ПОВОРОТНІЙ НАСАДЦІ

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 досить ефективно зарекомендував себе для автономних ненаселених підводних апаратів. Однак, під час зміни траєкторії руху апарату, змінюються і його гідродинамічні характеристики. Тому дуже важливо мати можливість їх дослідження при математичному моделюванні.

На базі математичних моделей АНПА та РСК типу «гребний гвинт – поворотна насадка» створено Simulink-модель, що імітує рух АНПА у горизонтальній площині на плоскій циркуляції.

Загальний вигляд моделі представлено на рисунку 1.

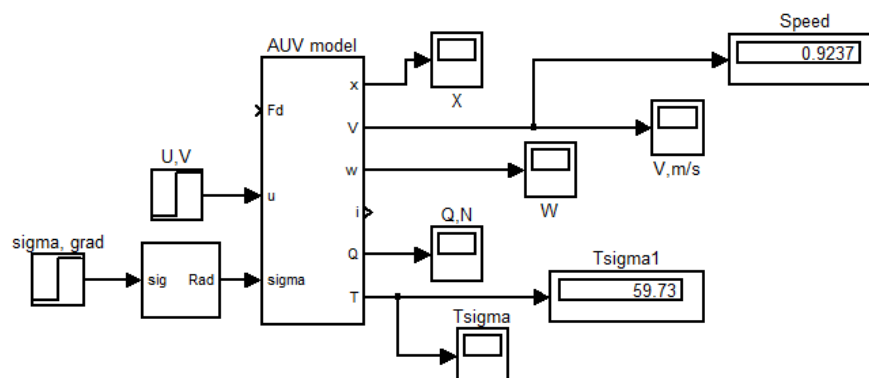


Рисунок 1 – Загальний вигляд моделі АНПА

Для реалізації повороту насадки на будь-який встановлений кут до моделі додано блок «sigma» (рис. 2). Даний блок імітує плавний поворот насадки на заданий оператором кут та утримує її в заданій позиції. Підключення даного блоку надає можливість імітації руху АНПА на плоскій циркуляції у горизонтальній площині.

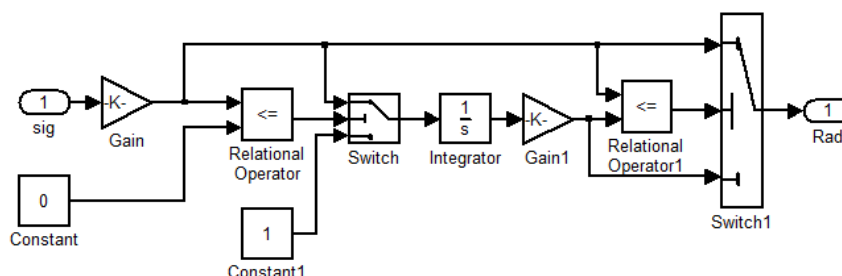


Рисунок 2 – Структура блоку «sigma»

На рисунку 3 представлено структуру головного блоку «AUV model». Блоки «Equation1», «Equation2», «Equation3», у вигляді рекурентних рівнянь, реалізують математичну модель руху АНПА в горизонтальній площині, РСК якого складається з

гребного гвинта, що працює у співвісному потоці. Детальний опис роботи даних блоків представлено в [1], [2]. Структуру блоку «Subsystem1», представлено на рисунку 4.

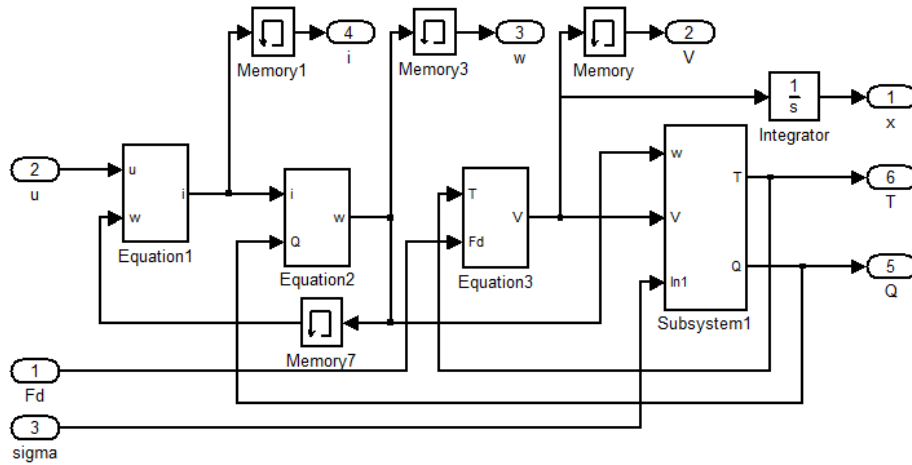


Рисунок 3 – Структура головного блоку «AUV model»

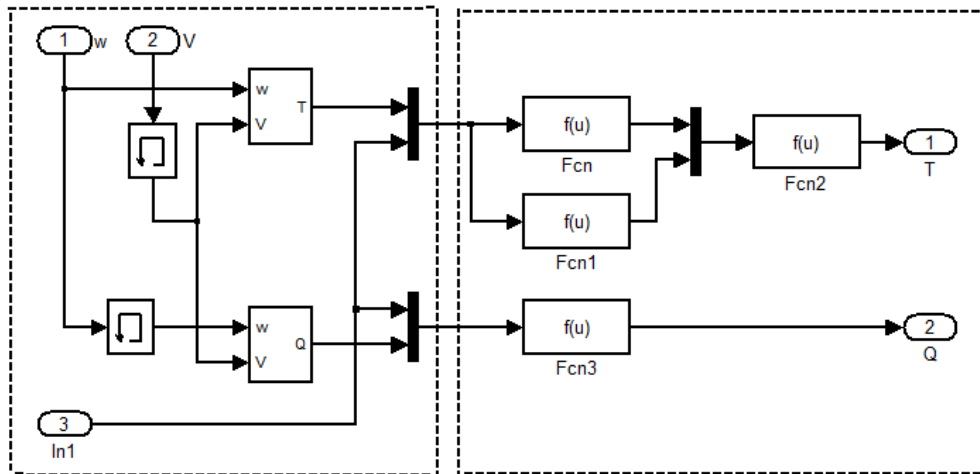


Рисунок 4 – Структура блоку «Subsystem1»

Блок «Subsystem1» умовно поділяється на дві частини (рис. 4). В першій частині реалізуються обчислення значення сили тяги гребного гвинта T у вздовж осі вала та моменту Q на валу за наступними формулами [3]:

$$T = K_T \rho D^4 \frac{\omega^2}{4\pi^2}; \quad Q = K_Q \rho D^5 \frac{\omega^2}{4\pi^2},$$

де ρ – питома густина води; ω – кутова швидкість обертання; D – діаметр гвинта.

Коефіцієнти K_T , K_Q мають назву коефіцієнт упору гвинта та коефіцієнт моменту гвинта відповідно. Дані коефіцієнти представлені у вигляді кривих дії гребного гвинта та характеризують упор і момент при роботі гвинта у співвісному потоці [3].

Друга частина блоку призначена для імітації роботи РСК «гребний гвинт – поворотна насадка». Функції Fcn, Fcn1, Fcn2, Fcn3 визначаються за формулами:

$$\begin{aligned} \text{Fcn: } T_x &= u(1) \cdot (1 - \sin(u(2) \cdot 0,6)^2), \\ \text{Fcn1: } T_y &= u(1) \cdot \sin(u(2) \cdot 0,6) \cdot \cos(u(2) \cdot 0,6), \\ \text{Fcn2: } T &= \text{sqrt}((u(1)^2) + (u(2)^2)), \\ \text{Fcn3: } Q &= u(2) \cdot (1 + (\sin(u(1) \cdot 0,6)^2)). \end{aligned}$$

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 5 представлено результат моделювання руху АНПА на плоскій циркуляції з перекладкою насадки на кут 35° .

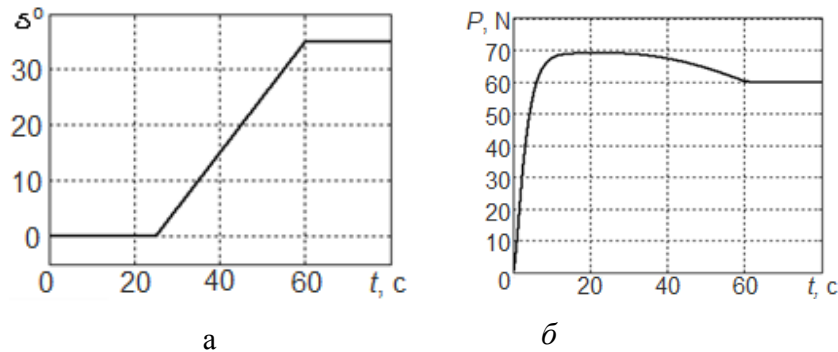


Рисунок 5 – Результати моделювання руху АНПА під час перекладання насадки на кут 35° : а – кут перекладки керма; б – сила упору ГГ

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, є нелінійною залежністю від кута набігання потоку води та швидкості руху АНПА. Отримані залежності можуть бути враховані при синтезі регуляторів систем автоматичного керування плоским маневровим рухом АНПА.

ЛІТЕРАТУРА

1. Блінцов С. В. Теоретичні основи автоматичного керування автономними підводними апаратами [Текст] / Монографія – Миколаїв: НУК, 2014. – 222 с.
2. Блінцов С. В. Математичне моделювання динаміки автономного підводного апарата на плоскій циркуляції [Текст] / С.В. Блінцов, Г.С. Грудініна // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2017. – №4.
3. Ставинський А. А. Удосконалення математичної моделі самохідного підводного апарата для дослідження просторового руху [Текст] / А.А. Ставинський, С.В. Блінцов // Збірник наукових праць НУК. – 2004. – № 3. – 396 с.

МЕТОД РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ

Дулдиер А.П.

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

Введение. Энергетическая эффективность котельных установок (СКУ) во многом определяется степенью использования тепловыделения топлива, а также уровнем экологичности его сжигания в топочном устройстве.

Существует достаточно много методов для анализа эффективности процесса сжигания топлива в топочных устройствах СКУ, однако они не отличаются необходимой надежностью и комплексностью оценок.

Для разработки метода анализа эффективности СКУ, позволяющего объективно оценивать структуру и параметрическое состояние процесса, необходима модель, учитывающая влияние структуры и параметров процесса горения на его энергетическую эффективность.

Такой подход к анализу параметров процесса горения был предложен в [1] и основан на уточнённой модели для расчета параметров процесса в топочных устройствах различных типов.

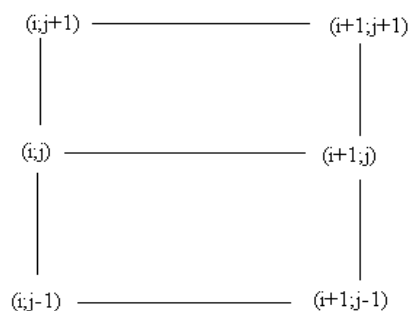
Для решения предложенной в работе [1] системы дифференциальных уравнений описывающих процесс горения применим метод сеток.

Текущие значения шага интегрирования переменных

$$x_i = \delta \cdot i, \quad i = 0, 1, 2, \dots, M \quad (1)$$

$$y_j = h \cdot j, \quad j = 0, 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

Введя $u_k(x_i, y_j) = (u_k)_j^i$ в разностную аппроксимацию дифференциального оператора, используем шаблон вида



Тогда разностный аналог уравнений запишется:

$$(a_1)_j^i \cdot \frac{(u_k)_j^{i+1} - (u_k)_j^i}{\delta} + (a_2)_j^i \cdot \frac{(u_k)_{j+1}^{i+1} - (u_k)_j^{i+1}}{h} = [\tilde{k}_k(\rho, \nu_t, y)]_{j+1}^i \cdot \frac{(u_k)_{j+1}^{i+1} - (u_k)_j^{i+1}}{h^3 \cdot j} - [\tilde{k}_k(\rho, \nu_t, y)]_j^i \cdot \frac{(u_k)_j^{i+1} - (u_k)_{j-1}^{i+1}}{h^3 \cdot j} + (F_k)_j^i \quad (3)$$

где $k = \overline{1, 5}$.

После приведения подобных членов в системе уравнений получаем

$$-\frac{1}{jh^3}(\tilde{k}_k)^{\dot{j}} \cdot (u_k)^{j+1} - \left\{ \frac{1}{h}(a_2)^{\dot{j}} - \frac{1}{\delta}(a_1)^{\dot{j}} - \frac{1}{jh^3} \left[(\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_{j+1} + (\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_j \right] \right\} (u_k)^{j+1} + \left[\frac{1}{h}(a_2)^{\dot{j}} - \frac{1}{jh^3} (\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_{j+1} \right] (u_k)^{j+1} = -(F_k^*)^{\dot{j}}$$

$$(F_k^*)^{\dot{j}} = -\frac{1}{\delta}(a_1)^{\dot{j}} (u_k)^{\dot{j}} - (F_k)^{\dot{j}}, \quad k = \bar{1}, \bar{5} \quad (4)$$

Граничные условия при $y=0$: $\frac{\partial u_k(x;0)}{\partial y} = 0$, аппроксимируются равенством

$$\frac{(u_k)^{\dot{j}+1}_1 - (u_k)^{\dot{j}+1}_0}{\delta} = 0, \quad \text{или} \quad (u_k)^{\dot{j}+1}_1 - (u_k)^{\dot{j}+1}_0 = 0. \quad (5)$$

$$y = h \cdot N \quad (u_k)^{\dot{i}+1}_N = 0. \quad (6)$$

Объединив уравнения (4), (5) и (6) в одну систему, получаем $-(u_k)^{\dot{j}+1}_0 + (u_k)^{\dot{j}+1}_1 = 0$,

$$-\frac{1}{jh^3}(\tilde{k}_k)^{\dot{j}} \cdot (u_k)^{\dot{j}+1} - \left\{ \frac{1}{h}(a_2)^{\dot{j}} - \frac{1}{\delta}(a_1)^{\dot{j}} - \frac{1}{jh^3} \left[(\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_{j+1} + (\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_j \right] \right\} (u_k)^{\dot{j}+1} + \left[\frac{1}{h}(a_2)^{\dot{j}} - \frac{1}{jh^3} (\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_{j+1} \right] (u_k)^{\dot{j}+1} = -(F_k^*)^{\dot{j}}, \quad (7)$$

Система разностных уравнений (7) имеет трехдиагональную матрицу и может быть решена методом прогонки.

Начальные условия для всех неизвестных функций u_k , $k = \bar{1}, \bar{5}$ вычисляются по специальным подпрограммам и получаются в табличном виде в узлах сетки, т. е. таблица $(u_k)^0_j$ $j = \bar{0}, \bar{N}$ известна до начала решения системы (5).

Решения каждого дифференциального уравнения системы для значения времяподобной переменной $x_i = \delta \cdot i$ ($i = 0, 1, 2, \dots, M$) во всех узлах интерполяции $j = 0, 1, \dots, N$ определяется системой разностных уравнений (7).

Для уравнений системы справедливо $a_1(\rho, u_1) = \rho \cdot u$, $a_2(\rho, v_0) = \rho \cdot v_0$.

Поэтому в системе разностных уравнений (7) верны соотношения

$$(a_1)^{\dot{j}}_j = \rho^{\dot{j}}_j \cdot u^{\dot{j}}_j, \quad (a_2)^{\dot{j}}_j = \rho^{\dot{j}}_j \cdot (v_0)^{\dot{j}}_j \quad (8)$$

Систему уравнений (7) можно записать в виде

$$\begin{cases} -C_0 \cdot u_0 + B_0 \cdot u_1 = -F_0, \\ A_j \cdot u_{j-1} - C_j \cdot u_j + B_j \cdot u_{j+1} = -F_j, \quad \text{для } j = \bar{1}, \bar{N} - \bar{1} \\ u_N = 0, \end{cases} \quad (9)$$

где

$$C_0 = 1; \quad B_0 = 1; \quad F_0 = 0 \quad (10)$$

$$A_j = -\frac{1}{jh^3}(\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_j; \quad C_j = -\frac{1}{\delta}(a_1)^{\dot{j}}_j + \frac{1}{h}(a_2)^{\dot{j}}_j - \frac{1}{jh^3} \left[(\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_{j+1} + (\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_j \right] \quad (11)$$

$$B_j = \frac{1}{h}(a_2)^{\dot{j}}_j - \frac{1}{jh^3}(\tilde{k}_k)^{\dot{j}}_{j+1}$$

Прямой ход метода прогонки заключается в исключении элементов A_j в системе (11). Из первого уравнения системы находим

$$u_0 = \frac{B_0}{C_0} u_1 + \frac{F_0}{C_0}. \quad (12)$$

Подставив это равенство во второе уравнение системы (11):

$$A_1 u_0 - C_1 u_1 + B_1 u_2 = -F_1,$$

получим $A_1 \left(\frac{B_0}{C_0} u_1 + \frac{F_0}{C_0} \right) - C_1 u_1 + B_1 u_2 = -F_1.$

Отсюда выразим u_1 через u_2 :

$$u_1 = \alpha_2 \cdot u_2 + \beta_2, \quad (13)$$

где $\alpha_2 = \frac{B_1}{C_1 - A_1 B_0 / C_0}$; $\beta_2 = (A_1 F_0 / C_0 + F_1) / (C_1 - A_1 B_0 / C_0).$

Получено соотношение

$$u_j = \alpha_{j+1} u_{j+1} + \beta_{j+1} \quad (j = 0, 1, 2, \dots, N-1) \quad (14)$$

Понизим в (14) индекс на единицу, получим $u_{j-1} = \alpha_j u_j + \beta_j$ и подставим значение u_{j-1}

в j -е уравнение системы (9) $A_j (\alpha_j u_j + \beta_j) - C_j u_j + B_j u_{j+1} = -F_j.$

Отсюда

$$u_j = \frac{B_j}{C_j - A_j \alpha_j} u_{j+1} + \frac{A_j \beta_j + F_j}{C_j - A_j \alpha_j}$$

Сравнивая это выражение с (14), получим рекуррентные формулы для вычисления α_{j+1} и β_{j+1} в прямом ходе прогонки:

$$\alpha_{j+1} = \frac{\beta_j}{C_j - A_j \alpha_j}; \quad \beta_{j+1} = \frac{A_j \beta_j + F_j}{C_j - A_j \alpha_j}, \quad j = \bar{1}, \bar{N} - \bar{1} \quad (15)$$

Из равенства (12) находим первые значения этих параметров

$$\alpha_1 = \frac{B_0}{C_0}; \quad \beta_1 = \frac{F_0}{C_0} \quad (16)$$

Обратный ход прогонки осуществляется по формуле (14).

Уравнения сводятся к разностным уравнениям при разных значениях $(\tilde{k}_k)_j$ и $(F_k^*)_j$, $k = \bar{1}, \bar{5}$.

При $k=1$ решение этого уравнения справедливо при $(\tilde{k}_1)_j = \rho_j^i \cdot (\nu_t)_j^i \cdot h \cdot j$.

При $k=2$ решение при $(\tilde{k}_2)_j = \rho_j^i \cdot (\nu_t)_j^i \cdot h \cdot j / Sc$, $(F_2^*)_j = -(a_1)_j^i \cdot (z)_j^i / \delta$.

При $k=3$ решение справедливо при $(\tilde{k}_3)_j = \rho_j^i \cdot (\nu_t)_j^i \cdot k_2 \cdot h \cdot j$,

$$(F_3^*)_j = -(a_1)_j^i \cdot e_j^i / \delta - \rho_j^i \cdot (\nu_t)_j^i \cdot \left(\frac{u_{j+1}^i - u_j^i}{h} \right)^2 + \beta_2 (3,333 + \rho_j^i) \cdot |u_{j+1}^i - u_j^i| \cdot e_j^i / h$$

При $k=4$ $(\tilde{k}_4)_j = \rho_j^i \cdot (\nu_t)_j^i \cdot k_3 \cdot h \cdot j$ правые части

$$(F_4^*)_j = -(a_1)_j^i \cdot (\nu_t)_j^i / \delta - 0,09 \cdot \beta_3 \cdot e_j^i \cdot \rho_j^i + \beta_4 \cdot \rho_j^i \cdot (\nu_t)_j^i \cdot \frac{|u_{j+1}^i - u_j^i|}{h}$$

При $k=5$ $(\tilde{k}_5)_j^i = \rho_j^i \cdot (v_t)_j^i \cdot k_1$. Правая часть последнего уравнения

$$(F_5^*)_j^i = -(a_1)_j^i \cdot (\sigma^2)_j^i / \delta - 2\rho_j^i \cdot (v_t)_j^i \cdot \left(\frac{z_{j+1}^i - z_j^i}{h} \right)^2 / Sc + \beta_1 (3,333 + \rho_j^i) \cdot (\sigma^2)_j^i \cdot \left| \frac{u_{j+1}^i - u_j^i}{h} \right|.$$

Описанный выше алгоритм решения системы уравнений в частных производных реализуется программой, разработанной автором.

Выводы. Для повышения эффективности СКУ, позволяющего объективно их оценивать в современных условиях эксплуатации, в статье предложена методика расчета модели горения, учитывающая влияние структуры и параметров процесса на его энергетическую эффективность. Методика может применяться для различных топологических моделей различных типов топочных устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дулдиер А.П., Бурденко А.Ф. Математическая модель турбулентного диффузионного горения в топке котла // Судовые энергетические установки: науч. – техн. сб. – 2000.- Вып. 5.- Одесса: ОГМА. – с.28-30.

ВЕЙВЛЕТ-ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОМПАЖА В КОМПРЕССОРАХ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Енчев С.В.

*Национальный авиационный университет
(Украина)*

Введение. Газодинамическая устойчивость компрессоров авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) является одним из важнейших условий, которое определяет их надежность и уровень безопасности полетов. Неустойчивая работа компрессора в системе двигателя, так называемый помпаж, вызывает интенсивные колебания давления рабочего тела в проточной части или газодинамические удары. Помпаж является причиной выключения двигателей в полете, пожара или обгорания лопаток турбины [1, 2].

Анализ причин возникновения помпажа компрессоров авиационных ГТД свидетельствует о том, что в большинстве случаев в процессе развития этого явления происходят события, которые последовательно усложняют ситуацию в полете. По статистическим данным [1] более 70% авиационных событий возникает в результате совокупности нескольких неблагоприятных факторов. Обычно эта совокупность нескольких различных факторов связана с деятельностью экипажа, функциональной эффективностью ГТД и условиями полета.

Анализ исследований и публикаций. Результаты исследований, представленных в источниках [1-4] показывают, что помпаж в авиационном ГТД приводит к потере тяги, сопровождается ростом температуры газов перед турбиной и повышением уровня вибраций в результате больших амплитуд пульсаций давления и массовых затрат по тракту двигателя. Наличие помпажа является серьезной преградой на пути увеличения надежности ГТД в частности и безопасности полетов в целом [1, 6]. На сегодняшний день разработаны и широко применяются средства антипомпажной автоматики в которых реализованы следующие методы защиты от помпажных явлений:

- полная отсечка топлива (помпаж фиксируется по совокупности параметров работы двигателя);
- частичные воздействия одновременно на несколько управляющих органов силовых установок самолета;
- чередующиеся воздействия на управляющие органы ГТД;
- уменьшение амплитуды помпажных колебаний и увеличение запасов устойчивости с помощью санкционированных воздействий на проточную часть ГТД (поворот лопаток направляющих аппаратов, изменение величины радиального зазора, изменение сечений сопловых аппаратов первых ступеней турбины и т.д.);
- поддержка определенных законов управления.

Отдельную важную задачу составляют методы идентификации помпажа. В статье [1] предложен метод и устройство распознавания помпажа, а в работе [7] показана применимость использования ортогональных разложений в задачах идентификации помпажных явлений в компрессорах авиационных двигателей.

Постановка задачи. Вейвлеты стали необходимым математическим инструментом во многих исследованиях. Общий принцип построения базиса вейвлет-преобразования состоит в использовании масштабного преобразования и смещений. Именно за счет изменения масштабов вейвлеты способны выявить различия в характеристиках на разных шкалах, а путем сдвига проанализировать свойства сигнала в разных точках на всем изучаемом интервале. Таким образом, задачу исследований сформулируем следующим образом: исследование применимости метода вейвлет-анализа для задач идентификации предпомпажных и помпажных явлений в компрессорах авиационных ГТД.

Алгоритм вейвлет-преобразования. Существуют две функции: масштабирующая функция $\varphi(x)$ и вейвлет $\psi(x)$, если вейвлеты ортонормированные. Тогда для каждого $j \in Z$ система функций

$$\varphi_{j,n}(x) = \sqrt{2^j} \varphi(2^j x - n), \quad n \in \mathbb{Z},$$

является ортонормированным базисом пространства $V \subset L^2(\mathbb{R})$. Система подпространств $V_j, j \in \mathbb{Z}$ создает бесконечную в обе стороны последовательность вложенных подпространств $\dots \subset V_{-1} \subset V_0 \subset V_1 \subset V_2 \subset \dots \subset V_j \subset \dots$, причем такую, чтобы

$$\bigcap_{j=-\infty}^{\infty} V_j = \{0\} \quad \text{и} \quad \overline{\bigcup_{j=-\infty}^{\infty} V_j} = L^2 \mathbb{R}.$$

Операторы проектирования дают приближения элементов, все более и более точные с увеличением j

$$P_j(f) = \sum_{n \in \mathbb{Z}} (f, \varphi_{j,n}) \varphi_{j,n}(x).$$

Число j характеризует уровень разрешения. Чем больше j , тем более мелкие носители имеют функции $\varphi_{j,n}(x)$. Тогда коэффициенты более детально отображают свойства $f(x)$. Символом cA_0 обозначается набор коэффициентов разложения:

$$cA_0 = \{a_{j,n}\}, \quad a_{j,n} = (f, \varphi_{j,n}) = \int_{\mathbb{R}} f(x) \overline{\varphi_{j,n}(x)} dx.$$

Коэффициенты $cA_0 = \{a_{j,n}\}$ дают информацию относительно функции $f \in L^2(\mathbb{R})$.

Дальше, чтобы исключить потерю информации $f(x)$ при переходе на низший уровень, каждое подпространство V_j разлагается в прямую сумму ортогональных подпространств

$$V_j = V_{j-1} \oplus W_{j-1}.$$

Это разложение позволяет вместо j -го уровня приближения $P_j(f)$ взять сумму

$$P_j(f) = P_{j-1}(f) + P_{j-1}^w(f).$$

Первое слагаемое является более грубым приближением в пространстве V_{j-1} , а второй отображает детали, которыми $P_{j-1}(f)$ отличается от $P_j(f)$, в базисах пространств V_{j-1} и W_{j-1}

$$P_j(f) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} a_{j-1,k} \varphi_{j-1,k}(x) + \sum_{k \in \mathbb{Z}} d_{j-1,k} \psi_{j-1,k}(x),$$

где $a_{j-1,k}$ - коэффициенты аппроксимации $(j-1)$ -го уровня разрешения

$$a_{j-1,k} = (f, \varphi_{j-1,k}) = \int_{\mathbb{R}} f(x) \overline{\varphi_{j-1,k}(x)} dx.$$

и $d_{j-1,k}$ - детализирующие коэффициенты

$$d_{j-1,k} = (f, \psi_{j-1,k}) = \int_{\mathbb{R}} f(x) \overline{\psi_{j-1,k}(x)} dx.$$

Получены наборы коэффициентов, обозначенные символами cA_1 и cD_1 :

$$cA_1 = \{a_{j-1,k}\}, \quad cD_1 = \{d_{j-1,k}\}.$$

Таким образом, получаются два набора коэффициентов разложения. По построению коэффициенты cA_1 и cD_1 в совокупности дают ту информацию, что и начальный набор коэффициентов cA_0 . Преимущество коэффициентов cA_1 и cD_1 заключается в том, что они несут еще и качественную информацию. А именно, коэффициенты cA_1 описывают более грубое (сглаженное) приближение функции $f(x)$ в пространстве V_{j-1} , а коэффициенты cD_1 характеризуют колебание функции $f(x)$ относительно $P_{j-1}(f)$.

Второе преимущество набора коэффициентов cA_1 и cD_1 заключается в том, что данные, которые представляют сглаженную функцию, можно еще раз разложить на еще более сглаженную часть $P_{j-2}(f)$ и детализированную часть $P_{j-2}^w(f)$.

Здесь:

$$P_j(f) = P_{j-2}(f) + P_{j-2}^w(f) + P_{j-1}^w(f);$$

$$P_j(f) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} a_{j-2,k} \Phi_{j-2,k}(x) + \sum_{k \in \mathbb{Z}} d_{j-2,k} \Psi_{j-2,k}(x) + \sum_{k \in \mathbb{Z}} d_{j-1,k} \Psi_{j-1,k}(x);$$

$cA_2 = \{a_{j-2,k}\}$ - коэффициенты аппроксимации глубины разложения 2;

$cD_2 = \{d_{j-2,k}\}$ - коэффициенты, которые детализируют глубину разложения 2;

$cD_1 = \{d_{j-1,k}\}$ - коэффициенты, которые детализируют глубину разложения 1.

Повтор процедуры N раз приводит к вейвлет-разложению аппроксимации j -го уровня разрешения в виде серии коэффициентов

$$P_j(f) = \{cA_n, cD_n, cD_{n-1}, \dots, cD_1\},$$

где $cA_N = \{a_{j-N,k}\}$ - коэффициенты аппроксимации разложения глубины N ;

$cD_N = \{d_{j-n,k}\}$ - детализирующие коэффициенты разложения глубины $m = 1, 2, \dots, N-1, 2, \dots, N$.

Вейвлет-превращающей функцией $f(x)$ называется нахождение коэффициентов $\{cA_n, cD_n, cD_{n-1}, \dots, cD_1\}$.

Вейвлет-анализ состоит из следующих шагов:

Выбирается достаточно высокий уровень разрешения j , такой, что аппроксимация с нужной точностью отображает функцию $P_j(f)$. Практически здесь проблем не возникает, поскольку функция $f(x)$ обычно задается массивом значений. Эти значения и берутся за начальное приближение $P_j(f)$.

Выбирается глубина разложения N и находим коэффициенты вейвлет-разложения:

$$\{cA_n, cD_n, cD_{n-1}, \dots, cD_1\}.$$

Функция $f(x)$ восстанавливается с использованием (возможно измененных) коэффициентов разложения:

$$f(x) = \sum_{k \in \mathbb{Z}} a_{j-n,k} \Phi_{j-n,k}(x) + \sum_{k \in \mathbb{Z}} d_{j-n,k} \Psi_{j-n,k}(x) + \dots + \sum_{k \in \mathbb{Z}} d_{j-1,k} \Psi_{j-1,k}(x).$$

Выявления предпомпажного состояния компрессора авиационного ГТД. Для выявления факта появления предпомпажного состояния и создания системы антипомпажной защиты в реальном времени на компрессоре авиационного ГТД, необходимо иметь измерительную информацию о состоянии потока рабочей среды (газа) в его проточной части.

Для получения необходимой информации с целью определения состояния потока в проточной части компрессора достаточно провести анализ периодических составляющих пульсаций давления. При этом необходимо иметь в виду неминуемое существование сверхнизкочастотных колебаний (давления) из-за переходных процессов в топливной системе двигателя и флуктуации частоты вращения, а также хаотических пульсаций турбулентного типа и квазидетерминированных макропульсаций в областях (локальных) отрывов. Это обуславливает сложный, в общем случае, мультипликативный характер сигнала, используемого для исследования состояния центробежного компрессора.

Многомасштабный вейвлет-анализ изменения давления в компрессоре авиационного ГТД позволяет обнаружить намного раньше проявляющие себя признаки

неустойчивости и развития помпажа. Сигналы с восьми датчиков, расположенных в разных местах компрессора авиационного ГТД, были записаны, оцифрованы и затем проанализированы при трех режимах работы двигателя (76, 81 и 100% от номинальной скорости вращения) в стационарных условиях с интервалами 1 мс в течение 5...6 с перед началом помпажа. Неустойчивость вызывалась плавной инжекцией добавочного воздуха в компрессор. Выходные сигналы датчиков в интервал времени за 5...6 с перед помпажом были подвергнуты вейвлет-анализу. Так как, сигнал флуктуирует во времени, флуктуируют и вейвлет-коэффициенты. Естественной мерой этих флуктуаций служат дисперсии распределений на разных масштабах. На масштабе $j=5$ было обнаружено заметное резкое падение дисперсии распределения вейвлет-коэффициентов, происходящее за 1...2 с до того, как проявятся нарушения в работе двигателя. Дисперсия распределения вейвлет-коэффициентов вычисляется по формуле:

$$\sigma(j, M) = \sqrt{\frac{1}{M-1} \sum_{k=0}^{M-1} [d_{j,k} - \overline{d_{j,k}}]^2},$$

где M - число вейвлет-коэффициентов на уровне j в заданном временном интервале.

Заключение. В результате проведенных исследований показана возможность применения метода идентификации, основанного на вейвлет-анализе сигналов с датчиков давления газа в компрессоре авиационного ГТД. Разработан алгоритм вейвлет-преобразования устройства противопомпажной защиты. Формирование информационного признака о предпомпажном состоянии производится на основании характера поведения дисперсии распределения вейвлет-коэффициентов – резкое падение, происходящее за 1...2 с до того, как проявятся нарушения в работе двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волянська Л. Г. Методи і засоби підвищення газодинамічної стійкості компресорів газотурбінних двигунів : монографія / Л. Г. Волянська, В. В. Панін, Сунь Гаююн. – К. : НАУ, 2005. – 200 с.
2. Казакевич В. В. Автоколебания (помпаж) в компрессорах / В. В. Казакевич. – М. : Машиностроение, 1974. – 264 с.
3. Васильев В. И. Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов / В. И. Васильев, Ю. М. Гусев, А. И. Иванов и др. – М. : Машиностроение, 1989. – 240 с.
4. Письменный И. Л. Многочастотные нелинейные колебания в газотурбинном двигателе / И. Л. Письменный. – М. : Машиностроение, 1987. – 128 с.
5. Метод и устройство распознавания предпомпажных явлений в компрессорах авиационных ГТД / В. В. Панин, И. Ф. Кинащук, В. И. Орланов // Актуальні проблеми автоматизації та інформаційних технологій. – 2001. – №4. – С.63-69.
6. Панін В. В. Аналіз методів побудови систем протипомпажного захисту авіаційних газотурбінних двигунів / В. В. Панін, С. В. Єнчев // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту. ISDMCI'2010 : міжнар. наук.-техн. конф. : тези доп. / М-во освіти і науки України, Херсонський нац. техн. ун-т. – Херсон, 2010. – Т.2. – С.502-505.
7. Использование ортогональных разложений в задачах идентификации помпажных явлений в компрессорах авиационных газотурбинных двигателей / В. В. Панин, С. В. Енчев, Л. Г. Волянская // Авиационно-космическая техника и технология. – 2010. – №8(75). – С.112-116.

ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Зивенко А.В., Грешинов А.Ю.

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
(Украина)*

Введение. В современной промышленности активно применяют продукты и технологии, позволяющие осуществлять эффективное управление сложными производственными предприятиями. Примерами таких систем могут быть системы, осуществляющие передачу и использование данных об изделиях и связанных с ними процессах на всех стадиях их жизненного цикла (Product Lifecycle Management – *PLM*). Для управления производственными процессами внедрены MES-системы (Manufacturing Execution Systems), часто комбинируемыми вместе с отдельными системами управления производственными активами (Asset Performance Management - *APM*). В то же время для решения бизнес-задач применяются ERP-системы, предназначенные для управления финансово-хозяйственной деятельностью предприятия. Системы имеют различные предназначения и фактически выполняют различные задачи (*PLM* фокусируется на создании информации об изделии и процессах его изготовления, улучшении качества на каждой стадии жизненного цикла, *MES* – на фактическом управлении производственными процессами, *ERP* – на управлении бизнес-процессами). Практически все перечисленные системы базируются на модели управления, в основу которой положены концепции процессного подхода и сквозного обеспечения качества [1,2].

Актуальность и постановка задачи. Использование этих подходов требует применения единого информационного пространства (ЕИП). Для создания ЕИП предприятия применяется глубокая интеграция *PLM/MES* и *ERP* систем [3]. Такой подход фактически уже практикуется ведущими производителями/интеграторами решений (Oracle, Microsoft, Dassault Systems, SAP, AVEVA, IT-Enterprise и т.д.). Однако, на практике приходится наблюдать ситуации, когда одна и та же информация о всевозможных свойствах изделий/процессов предприятия по-разному представлена в соответствующих системах (справочники, номенклатура, описания и т.д.), что приводит к дублированию данных, требует применения специальных инструментов для интеграции/импорта данных различных информационных систем и в целом ведет к издержкам на поддержку связей разнородных систем.

Актуальной задачей является построение такого ЕИП, которое позволит информационным системам, получать все необходимые для обеспечения жизнедеятельности предприятия данные. Кроме того – необходимо иметь историю изменения любых данных ЕИП (как и информации о самом ЕИП).

Результаты исследований. Для большинства отечественных предприятий автоматизация производства (деятельности) и бизнес-процессов - изолированные друг от друга области. Это обусловлено как достаточно высокой стоимостью «готовых» решений, так и сложностями организационного характера: необходимостью полного или частичного реинжиниринга существующих бизнес-процессов, необходимостью обучения пользователей новым методам работы в новых информационных системах (ИС) и т.п. Очевидно, что за счет интеграции разнородных данных достигается снижение затрат и себестоимости продукции; сокращение сроков и затрат на разработку новых изделий/услуг, работ по пусконаладке/текущему обслуживанию; повышение эффективности процесса управления и как следствие – повышение конкурентоспособности и рентабельности предприятия.

Для организации ЕИП все бизнес-процессы должны быть прописаны и согласованы. Это предъявляет требования как к формализации и представлению данных, так и требования к квалификации конечных пользователей. Фактически, наборы данных для ERP-PLM-MES/APM представляют собой сложные многосвязные структуры, в которых и хранятся модели (информация, знания) о: 1) изделиях; 2) процессах (в том числе технологиях); 3) предприятии и его ресурсах (предприятия как таковом, необходимых материалах, персонале, технологиях, подрядчиках и т.д.).

Изделие всегда может быть условно «разбито» на составные части, для которых также хранятся данные о процессах их изготовления/сборки/тестирования/ремонта, субподрядчике, выполняющем работы, поставщике компонентов и составных частей и т.п. Пример связей данных о изделии и процессах в такой системе приведен на рисунке 1.

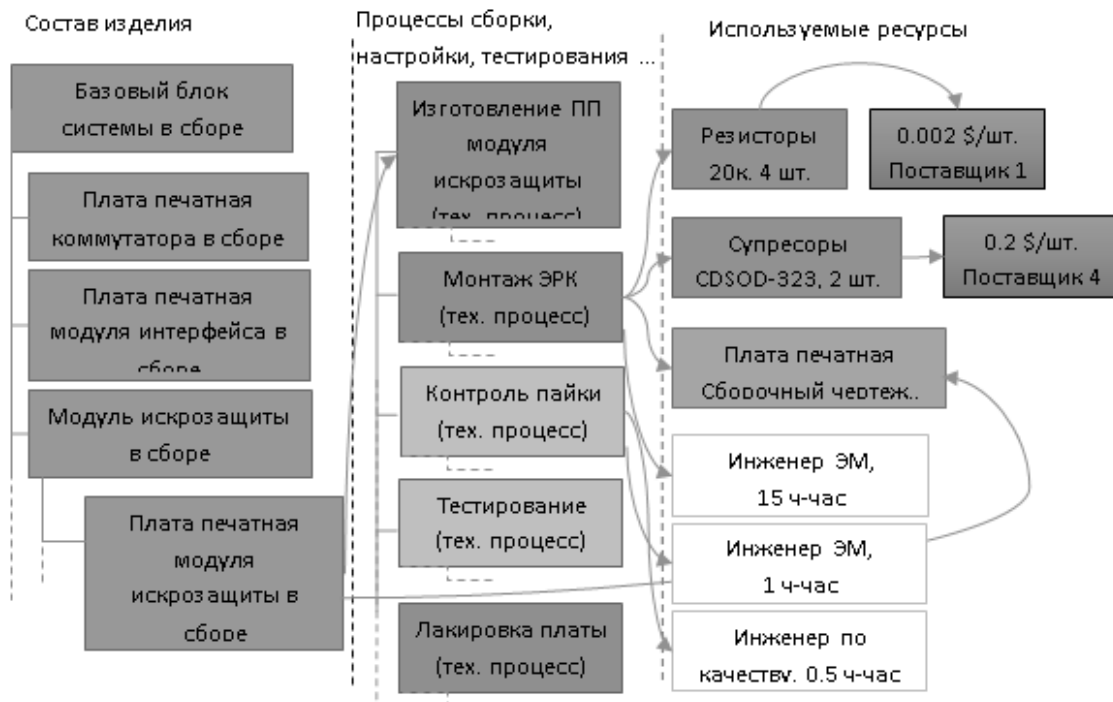


Рисунок 1 – Пример данных о составе изделия, порядке сборки и необходимых ресурсах, комплектующих хранящихся в ИС

При наличии глубокой интеграции ИС предприятие получает возможность выйти на новый качественный уровень – на всех стадиях проектирования/производства/тестирования контролю подлежат множество целевых параметров эффективности. Система, где реализована идея глубоких всесторонних связей данных, не должна содержать копий в данных, а также должна обладать универсальностью с точки зрения описания любых процессов и свойств изделий, возможность добавления и контроля ключевых показателей эффективности, срезов для анализа.

Например, конкурентоспособность изделия по стоимостным критериям может контролироваться частью ИС на основе инженерных данных, строиться и анализироваться цепочка ценности для выявления и сокращения основных издержек и т.д. Дополнительное преимущество такой интеграции состоит в том, что разработчики фокусируются на главном – на инжиниринге и создании ценности, а не на рутинных работах, связанных с вопросами рода – «доступны ли такие детали на складе?» или «возможно ли применение такого технологического процесс на предприятии-подрядчике?» (обеспечение согласованности процессов). Применение такой сквозной структуры сделает процессы в компании более прозрачными (в любой момент времени можно получить срез о текущем

состоянии, бюджетах, данные о ресурсах, прогрессе проекта и т.д.), а значит и контролируемые – увеличивается скорость согласования и принятия решений.

При наличии описанного ЕИП в компании накапливается определенный «опыт» – данные, содержащие знания о процессах внутри компании, взаимодействиях с поставщиками, субподрядчиками и т.п. Использование этого опыта может быть автоматизировано для улучшения текущих систем поддержки принятия решений руководителями, прогнозирования и оперативного управления, управления качеством в частности. Кроме данных о процессах и изделиях накапливаются также данные о самой компании, ее ресурсах, – что позволяет наблюдать за изменениями в компании, ее эволюцией.

Например, при выполнении типового процесса сборки изделия руководитель подразделения на экране видит *workflow*-отчет: занятость подчиненных и ключевые показатели их эффективности (выполняемая операция (пул), время начала, длительность и прогноз продолжительности выполнения). В случае превышения допуска по времени выполнения задачи – руководитель имеет возможность оперативно отреагировать и устранить проблему.

Одной из проблем связанных с построением таких систем является создание исходной модели процесса (выполнения заказа, создания изделия и т.д. – любого бизнес-процесса). Многие процессы сложно формализовать, зачастую реальные процессы отличаются от их формализованного представления. Поэтому очень важно построение объективной модели фактического процесса, что может быть на первоначальном этапе выполнено с помощью современных инструментов Process Mining [4,5] – анализе маршрутов фактического выполнения процессов. Преимущество применения таких подходов очевидно – для их работы необходимы «логи» процесса, по которым можно автоматически восстановить бизнес-процесс (производственный процесс и т.д.) и анализировать данные в автоматическом режиме в различных целях: визуализация хода процесса, оценка производительности и использования ресурсов, выявление «узких мест» процесса и т.д. При этом, как отмечалось выше, сложностью является то, что данные ERP и PLM систем должны быть специально связаны и подготовлены для анализа, что требует высокой степени автоматизации деятельности предприятия.

Таким образом современные ИС для поддержки деятельности предприятия должны содержать в своем составе инструменты Process Mining или иметь возможность экспорта всей необходимой для анализа информации в удобный формат (например, XES). Авторами предлагается упрощенная структура данных, содержащих ретроспективную информацию о любой деятельности предприятия и ее продуктах (рис. 2).

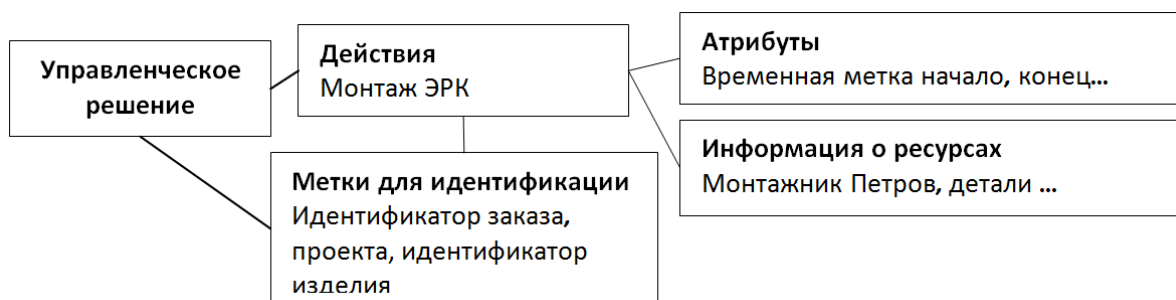


Рисунок 2 – Упрощенная структура данных для хранения информации о деятельности/событиях и последующего анализа

Очевидно, что данные, хранимые в приведенной структуре «расшифровывают» фактическое течение любых процессов в компании (цепочку событий, решений и действий), позволяют применять их для всестороннего анализа и улучшения как процессов, так и отдельных показателей изделий/услуг. Предложенная концепция

позволит легко строить карты процессов, их «временные развертки», вычленять «лучшие практики» и аномалии.

Выводы. Предложена структура ИС, объединяющая инженерные и коммерческие данные с целью повышения эффективности предприятий. Сформированы рекомендации по организации структуры данных о деятельности предприятия для последующего применения инструментов Process Mining. Приведен ряд преимуществ предлагаемой концепции для анализа ключевых показателей эффективности, а также хранения исторических данных о процессах и деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 9000:2015 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів [Текст] // ДП «УкрНДНЦ» - Київ, 2016. - 45 с.
2. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги [Текст] // ДП «УкрНДНЦ» - Київ, 2016. - 22 с.
3. Закомирный В. PLM+ERP: Эффект синергии. Часть 6 [Текст] // Информационные технологии для менеджмента №9, 2013. С. 22-29.
4. Wil van der Aalst Process Mining Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes [Text] // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2011, - 355 p.
5. Wil van der Aalst Process Mining Data Science in Action [Text] // Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016, - 467 p.

СОЗДАНИЕ УПРОЩЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУДНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ

Зинченко С.Н., Гарболинская О.И., Шалаева А.А.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. Говоря о математическом моделировании, нельзя не обратить внимания на эволюционный процесс смены парадигм моделирования, который характерен для многих дисциплинарных областей, где применяются методы теории управления. Сейчас уже можно говорить о трех таких поколениях. Первый этап характеризовался простотой описаний, типичной линейностью уравнений и их малой размерностью. Методы анализа связаны в основном с получением аналитических решений и графическим рассмотрением движения на фазовой плоскости. Второй этап характеризуется появлением моделей, описывающих объект во всей его полноте, в виде системы дифференциальных уравнений. Такие модели отражают структуру и законы, по которым функционирует объект. В дальнейшем модели становятся существенно нелинейными, чисто математический аппарат дополняется логико-семантическим. Возрастает размерность моделей, достигая нескольких десятков. Такие модели называются «сложными», а рабочим инструментом становится вычислительный эксперимент. Дальнейшим развитием стало использование математических моделей, как моделей виртуального мира. Виртуальное моделирование можно определить как воспроизведение трехмерного мира компьютерными средствами. Резко возрастает объем обрабатываемой и воспроизводимой информации, количество визуализируемых деталей достигает нескольких тысяч. Таким образом, модели передаточных функций, восстанавливаемые по входным- выходным характеристикам объектов, сменились системными методами пространства состояний, а последние, в свою очередь - динамическим моделированием в реальном масштабе времени. Вплоть до недавнего времени математические модели использовались для моделирования технических систем на этапе проектирования для оптимизации их структуры и параметров, потом как источник входных данных для систем управления. Развитие техники (прежде всего - появление компьютерных технологий) во многих дисциплинарных областях сделало возможным непосредственное включение моделей в работающие системы. Необходимые для работы данные в этом случае считаются в режиме реального времени на основе динамической модели. Динамическое моделирование характерно для различных задач реального времени, прежде всего, для компьютерных тренажеров [2-4]. Оно осуществляется в реальном времени, что позволяет использовать его результаты в различных технологиях реального времени.

В настоящей работе рассмотрены вопросы создания упрощенной математической модели судна для решения различных прикладных задач управления в бортовом контроллере, в частности, для реализации метода пристрелки [6] в задачах оптимального управления с закрепленными концами [1]. Ввиду большого количества вычислений, необходимых для реализации метода, к математической модели предъявляются требования максимального соответствия, а также минимальных вычислительных затрат на численное интегрирование. С учетом этих требований проведены следующие исследования:

- построена упрощенная математическая модель судна, описываемая 6-ю дифференциальными уравнениями, учитывающая ветровое воздействие и течение;
- проведен выбор оптимального шага численного интегрирования модели;
- работоспособность модели проверена численным моделированием в среде MATLAB в замкнутой схеме с системой управления;

-проведен сравнительный анализ процессов моделирования с использованием полной и упрощенной моделей судна.

Решение задачи. Структурная схема объектов моделирования представлена на рис.1

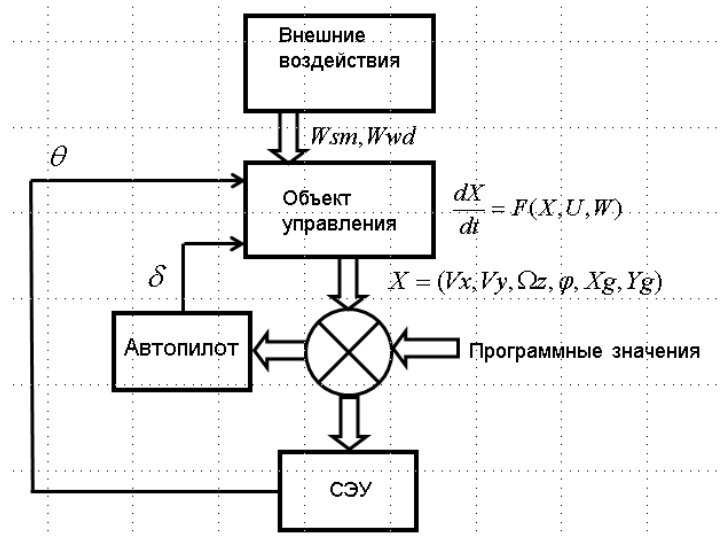


Рисунок 1 – Структурная схема объектов моделирования

Блок «Объект управления» (Рис.1) представляет собой упрощенную математическую модель судна в виде системы 6-ти дифференциальных уравнений, построенных на основе полной системы уравнений, представленных, например, в [3]. Уравнения приведены в системе координат, жестко связанной с объектом управления – связанной системе координат (ССК). Линейные и угловые перемещения ССК записаны относительно географической системы координат (ГСК) $X_g Y_g Z_g$, расположенной в центре масс судна так, что ось X_g направлена вдоль меридиана в сторону севера, Y_g – вдоль параллели к востоку, Z_g – дополняет систему до «правой».

Упрощенная математическая модель «объекта управления» (Рис.1) имеет вид

$$\frac{dV_x}{dt} = [P_x(\theta) + R_x + (m + \lambda_{22})V_y\Omega_z]/(m + \lambda_{11}) \quad (1)$$

$$\frac{dV_y}{dt} = [R_y - (m + \lambda_{11})V_x\Omega_z]/(m + \lambda_{22}) \quad (2)$$

$$\frac{d\Omega_z}{dt} = [M_z + M_z u(\delta) - (\lambda_{22} - \lambda_{11})V_y V_x]/(I_z + \lambda_{66}) \quad (3)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = \Omega_z \quad (4)$$

$$\frac{dX_g}{dt} = V_x \cos \varphi - V_y \sin \varphi \quad (5)$$

$$\frac{dY_g}{dt} = V_x \sin \varphi + V_y \cos \varphi \quad (6)$$

или в векторной форме

$$\frac{dX}{dt} = f(X, U),$$

где $X = (V_x, V_y, \Omega_z, \varphi, X_g, Y_g)$ - вектор состояния математической модели

$U = (\theta, \delta)$ - вектор управления

$f(X, U) = [f_1(X, U), f_2(X, U), f_3(X, U), f_4(X, U), f_5(X, U), f_6(X, U)]$ - вектор-функция правых частей уравнений (1-6)

В уравнениях (1)-(3) приведены силы продольного R_x , бокового R_y сопротивления и возмущающего момента M_z с учетом ветра и течения.

$$R_x = R_x(\beta_{sm}, \delta) + R_x(\beta_{wd}, \delta)$$

$$R_y = R_y(\beta_{sm}, \delta) + R_y(\beta_{wd}, \delta)$$

$$M_z = M_z(\beta_{sm}) + M_z(\beta_{wd})$$

$$R_x(\beta_{sm}, \delta) = C_x(\beta_{sm}, \delta) * \rho_{sm} * \frac{\Delta V_{xsm}^2}{2} S$$

$$R_y(\beta_{sm}, \delta) = C_y(\beta_{sm}, \delta) * \rho_{sm} * \frac{\Delta V_{ysm}^2}{2} S$$

$$M_z(\beta_{sm}) = m_z(\beta_{sm}) * \rho_{sm} * \frac{\Delta V_{sm}^2}{2} S * L$$

$$R_x(\beta_{wd}) = C_x(\beta_{wd}) * \rho_{wd} * \frac{\Delta V_{xwd}^2}{2} F_a$$

$$R_y(\beta_{wd}) = C_y(\beta_{wd}) * \rho_{wd} * \frac{\Delta V_{ywd}^2}{2} F_a$$

$$M_z(\beta_{wd}) = m_z(\beta_{wd}) * \rho_{wd} * \frac{\Delta V_{wd}^2}{2} S * L$$

$$\Delta V_{sm} = V - W_{sm},$$

$$\Delta V_{wd} = V - W_{wd},$$

Регулируемые параметры вектора состояния сравниваются в компараторе с программными значениями и полученные рассогласования подаются на модели управления курсом (Автопилот) и силовой энергетической установки (СЭУ).

Модель автопилота представлена в виде ПИД-регулятора [5]

$\delta = k\varphi * (\varphi - \varphi^*) + k\omega * (\Omega_z - \Omega^*) + kI * \int (Y_g - Y_g^*) dt$, где параметры со звездочками-программные значения.

Модель СЭУ моделирует силу упора винта и реверс, соответствующие нейтральному положению телеграфа, четырем положениям телеграфа вперед (0,+25,+50,+75,+90) град и четырем положениям телеграфа назад (-25,-50,-75,-90) град

Результаты исследований. Работа математической модели проверялась численным интегрированием системы дифференциальных уравнений с учетом ветра (скорость 2 м/с, направление западное) и течения (скорость 1м/с, направление встречное) для участков разгона, торможения и циркуляции. Численное интегрирование проводилось методом Рунге-Кутты 4-го порядка с шагами интегрирования 0.2, 04, 06, 08, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 сек.

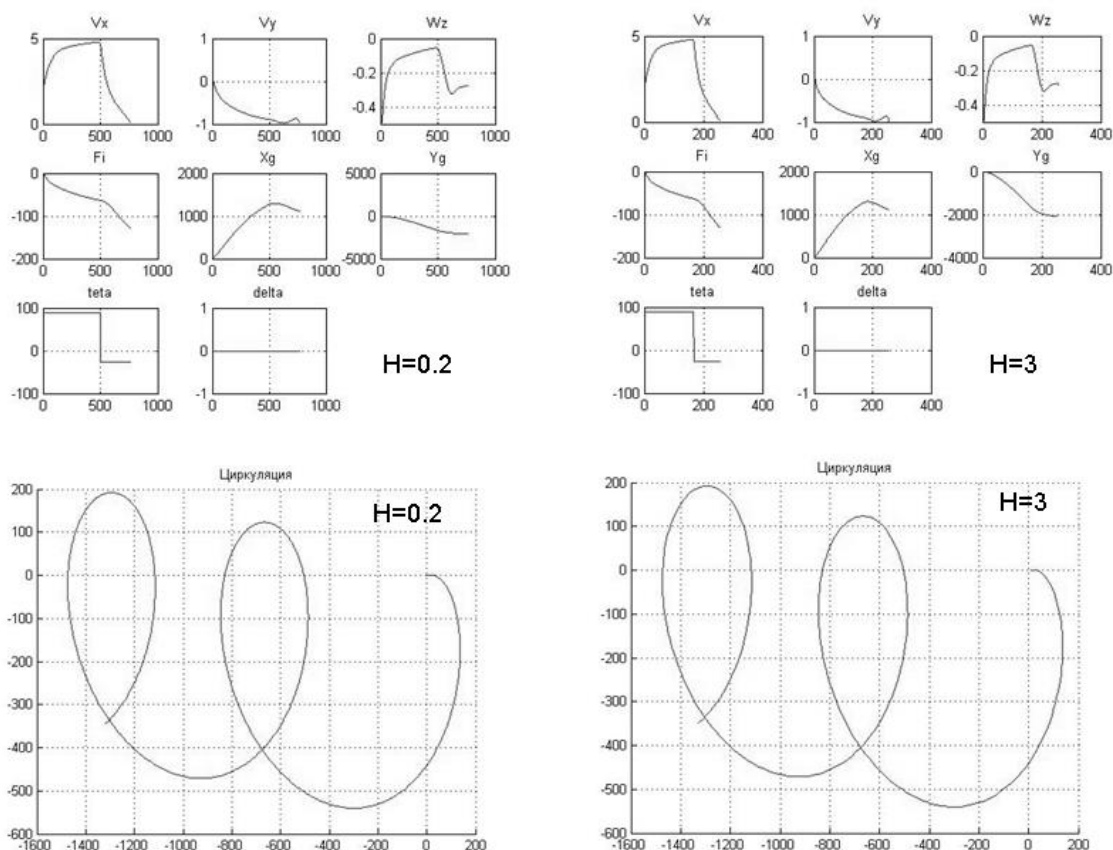


Рисунок 2 – Результати моделювання

На рис. 2 приведені результати моделювання в виді змін параметрів вектора стану, управління, а також траєкторії циркуляції для шагів інтегрування $H=0.2$ сек і $H=3$ сек.

Результати моделювання показують, що параметри вектора стану упрощеної моделі для шагів інтегрування $H=0.2$ сек і $H=3$ сек достатньо хорошою збігаються, а параметри вектора стану упрощеної моделі відрізняються від відповідних параметрів вектора стану точної моделі не більше ніж на 5%. Це обставина дозволяє зробити висновок, що створена упрощена математична модель може бути використана в бортовому контролері для рішення прикладних задач, а час рішення, за рахунок збільшення кроку інтегрування, можна скоротити в 15 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкрелидзе, Е.Ф. Мищенко. Математическая теория оптимальных процессов. М., Наука, 1969.
2. Navi Trainer Professional-5000 (версия 5.35). Руководство инструктора, октябрь 2014.
3. Navi Trainer Professional-5000 (версия 5.35). Навигационный мостик, октябрь 2014.
4. Navi Trainer 4000. Mathematical models//Technical description. Transas Marine Ltd, 2003-104р.
5. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. – 3-е изд., перераб. и доп.- Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
6. И.В.Моршнева, С.Н.Овчинникова. Численное решение краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений. Метод стрельбы. –РнД:УПЛ РГУ, 2003.

АЛГОРИТМ КОНВЕРТАЦІЇ КАРТОГРАФІЧНИХ ДАНИХ З ФОРМАТУ F20S В ФОРМАТ ВІТЧИЗНЯНОГО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ DIGITALS

Касім А.М.

*Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України
(Україна)*

Васюхін М.І., Касім М.М.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України
(Україна)*

Вступ. При розробці прикладних проектів та виконанні ряду науково-дослідних робіт за різними видами тематик – оборонної, екологічної, авіаційної тощо – за участю Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України накопичено величезний масив картографічної інформації, представленої у форматах лінійки F1 – F20S. Ця інформація стала основою для побудови низки комп'ютерних систем, в тому числі й тих, що реалізують функції моніторингу, контролю, навігації та управління різноманітними транспортними засобами у реальному часі [1-4].

Актуальність досліджень. В даних комп'ютерних системах картографічна інформація загальної та спеціалізованої (тематичної) спрямованості зберігається в координатах проекції Гаусса-Крюгера, яка насамперед є зручною при роботі з цифровими картами місцевості (ЦКМ), що складаються з набору пов'язаних номенклатурних аркушів (НА) й отримані шляхом цифрування аналогових карт. Найбільш суттєвим недоліком системи координат Гаусса-Крюгера є непрямокутна (трапецієвидна) форма аркушів карти, що не дозволяє без значних похибок отримати єдине зображення карти на екрані дисплея, сформоване в результаті «зшивання» окремих аркушів карти.

Крім того, при відображенні на екрані декількох суміжних НА електронної карти, особливо під час її скролінгу, можуть виникати проблеми іншого характеру, спричинені неточностями відцифрованих даних. Так, на границях аркушів може мати місце нестиковка зображень, що в цілому ще більше ускладнює задачу автоматичної точної візуалізації проранжованих за важливістю об'єктів, які складають карту.

Для сучасних цифрових картографічних моделей місцевості, що застосовуються в зазначених предметних областях і базуються на принципах пошарової організації даних, з огляду на жорсткі вимоги до їх точності, характерним є уникнення спотворень картографічних об'єктів за рахунок розвиненої системи виправлень, яка використовується з початкового етапу створення таких моделей в процесі цифрового аерознімання [1, 2, 5].

Постановка задачі. Щоб забезпечити можливість актуалізації за цифровими аерознімками акумульованої в розроблених комп'ютерних системах картографічної інформації на базі формату F20S, критичних до точності збережених об'єктів, вважається необхідним перехід до формату DMF, що підтримується програмним продуктом DigitalS, виготовленим в Україні. Таке рішення зумовлене тим, що формат DMF, з одного боку, дозволяє представити карту квадратами однакового розміру, а з другого – орієнтує розробника системи на підтримку вітчизняного виробника програмних продуктів.

Результати досліджень. Дуже важливе значення при автоматизованому вирішенні прикладних задач предметних областей, що потребують наявності повної, точної та актуальної картографічної інформації, має вибір формату її представлення. Формат подання картографічної інформації являє собою свого роду мову, яка задається правилами, що зчитуються й обробляються комп'ютерними програмами. Інформація, представлена в такому форматі має метричний і семантичний характер.

Картографічні формати подібно графічним форматам символів рухомих об'єктів, що складають основу символічної бази даних, є фундаментом картографічних баз даних геоінформаційних систем (ГІС), призначених для бортового і диспетчерського моніторингу підконтрольних рухомих об'єктів [3, 6]. Обидва типи систем повинні працювати у режимі реального часу, тому до баз даних, що належать до їх складу та

маніпулюють великими масивами інформації, пред'являються доволі жорсткі вимоги щодо продуктивності. Причому поряд з вимогою мінімізації часу пошуку потрібного запису в базі й часі доступу до неї, без втрати інформативності має бути забезпечена мінімізація обсягу оперативної пам'яті. Остання вимога, передусім стосується бортових комплексів, які часто обмежені в апаратних ресурсах.

Ефективність доступу до даних, окрім вибору моделі для їх організації, опису і представлення, залежить також від вибору методу пошуку елементів [7, 8]. Відомо, що довільний доступ до даних при послідовному розташуванні файлів є неефективним. Тому, щоб гарантувати роботу комп'ютерної інформаційної системи в режимі реального часу, краще використовувати метод двійкового пошуку або індексацію методом В-дерева [1].

Одним з найбільш зручних і рекомендованих на той час для застосування у дослідницькій роботі був формат зберігання F20S, на базі якого системи генерували динамічні сцени поточної обстановки в районах руху об'єктів дистанційного спостереження.

Кожен аркуш цифрової карти в цьому форматі представляється трьома файлами:

- файлом довідкової інформації;
- файлом метричного опису картографічних об'єктів;
- файлом семантичного опису об'єктів.

Посилання на ці файли, які вказують шляхи їх читання, містяться у відповідних записах окремого файлу-паспорта, що характеризує ЦКМ у цілому. На відміну від форматів зберігання картографічної інформації сучасних закордонних ГІС, таких як ArcGIS, MapInfo, AutoCad Map та ін., у форматі F20S реалізовано поділ картографічної інформації на метричну й семантичну на файловому рівні.

Характерною рисою та достоїнством формату F20S є наявність такої структури як запис. Запис розглядається як окрема лінгвістична одиниця F20S, що присутня у всіх файлах, які представляють ЦКМ. Запис містить вказівник на інформацію, що перебуває в підлеглому файлі. Структура записів вибудовується в ієрархію даних, вершина якої розташовується у файлі-паспорті, далі через довідковий файл інформація адресується у семантичний та метричний файли, записи яких містять інформацію, необхідну для візуалізації конкретного шару. Тому бази даних, побудовані на такому форматі, досить повно відповідають пред'явленим вимогам до створення картографічних баз даних ГІС реального часу. Їхня головна перевага – це доступність до будь-якої інформації, що зберігається в межах цих баз, та можливість її актуалізації й модернізації.

Враховуючи уможливлення подальшої модифікації даних без втручання фірми-виробника, цифрові карти місцевості, представлені у форматі зберігання F20S, послугували основою для створення сучасних картографічних БД у форматі DMF, що генерується у середовищі Digitals [9, 10].

Звісно, імплементація точних обчислень координат, кутів і відстаней елементів картографічних об'єктів можлива нейтралізацією спотворень (перекручувань) програмним способом. Подібні операції над об'єктами карти, як варіант, можуть бути інтерактивними, тобто виконуватись в процесі діалогу операторів з системами бортового і диспетчерського призначення. Тому час обчислень, навіть при використанні емуляції за допомогою математичного співпроцесора, не буде критичним [1]. Під емуляцією мається на увазі точне виконання комп'ютером програми або її частини, записаних в системі команд іншого комп'ютера.

У цьому випадку необхідна конвертація такого формату даних у дані формату DMF. Функцію конвертації з формату у формат реалізовано програмою-конвертором, алгоритм роботи якої представлено на рис. 1. Програмну реалізацію виконано за допомогою об'єктно-орієнтованої мови програмування Object Pascal [1, 3, 6].

Суть запропонованого алгоритму полягає в тому, що для кожного аркуша карти послідовно зчитуються дані, представлені у форматі F20S, по кожному картографічному об'єкту, які потім перетворюються у файли довідкового, метричного й семантичного опису, а також в індексний файл географічних назв.

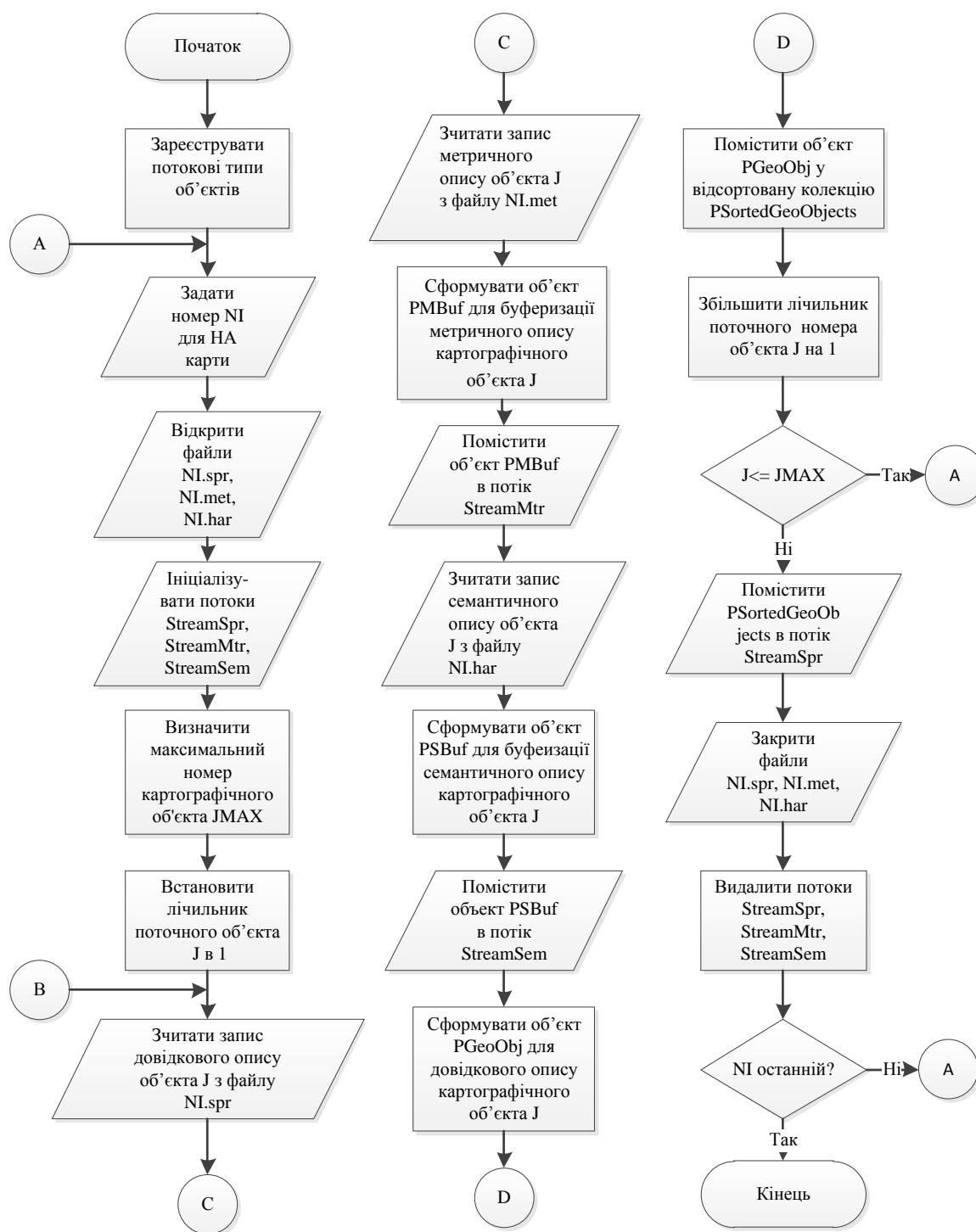


Рисунок 1 – Алгоритм програми конвертації картографічних даних з формату F20S у формат DMF

При цьому записи у файлі довідкового опису містять покажчики на файли метричного й семантичного описів та впорядковуються відповідно до запропонованого методу, робота якого ґрунтується на наступній ідеї. Процедура сортування записів довідкового опису об'єктів за елементами змісту (інформаційними шарами) передбачає розташування в пам'яті комп'ютера об'єктів у порядку їх значущості (важливості) для розв'язання конкретної прикладної задачі. Наприклад, для задач, що оперують морськими картами, в пам'яті спочатку розташовуються об'єкти гідрографії, потім населені пункти і т.д. (промислові об'єкти; дорожня мережа), а насамкінець – кордони. При цьому в межах одного елемента змісту об'єкти сортуються по координатах центроїда (центра ваги)

габаритної рамки: спочатку розміщуються записи з меншою ординатою, а об'єкти з однаковим значенням ординати відсортовуються за зростанням значення абсциси.

Висновки. Конвертація даних у формат *DMF* дозволяє здійснити зшивку аркушів карти в автоматичному режимі, що не допускає спотворень, при відображенні на одному екрані відразу декількох аркушів, а також забезпечити підвищену точність визначення місцеположення рухомих об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васюхін М.І., Головка Б.Б., Касім А.М. Навігаційно-керувальні геоінформаційні системи реального часу: монографія. – Київ: Видавництво ТОВ «НВП» Інтерсервіс», 2015. – 279 с.
2. Касім А.М. Вимоги до програмного комплексу системи відображення динамічних об'єктів на території аеропорту і прилеглих до нього зон / А.М. Касім, М.М. Касім, С.С. Нахмедов, С.О. Ясенев // Наукоємні технології: матеріали науково-технічної конференції студентів та молодих учених. – К.: НАУ, 2011. – С. 61.
3. Васюхина И.М. Метод организации динамической сцены, выводимой на экран геоинформационных комплексов реального времени / И.М. Васюхина, А.М. Касим, А.Е. Кулик, С.А. Пономарев // Вестник Херсонского национального технического университета. – 2005. – №1 (21). – С. 207–210.
4. 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.
5. 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 // Проблемы інформаційних технологій. – №2 (022). – 2017. – С.26–35.
6. Касім А.М. Склад і структура клієнт-серверної системи моделювання поведінки навігаційно-моніторингових комплексів змінного призначення / А.М. Касім // Математичні машини і системи. – 2016. – № 4. – С.54–67.
7. Васюхін М.І. Проблеми картографічної підтримки автоматизованої системи комплексного захисту аеропорту / М.І. Васюхін, О.І. Запорожець, В.Д. Гулевець, А.М. Касім, Н.М. Чукаріна // Проблеми інформатизації та управління. – 2010. – № 3 (31). – С. 30–38.
8. Касім М.М. Уніфікована модель організації картографічних даних для геоінформаційних систем реального часу / М.М. Касім, А.М. Касім // Проблеми інформатизації: тези доповідей восьмої Міжнародної науково-технічної конференції (11 – 12 квітня 2017 року, Київ). – К.: ДУТ, 2017. – С. 171-172.
9. Васюхин М.И. Организация структуры базы картографических данных в пакете прикладных программ «Digitals» / М.И. Васюхин, А.М. Касим, В.В. Долинный, Л. Пюшки // Глобальні та регіональні проблеми інформатизації в суспільстві та природокористуванні '2013: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 13-14 червня 2013). – К.: НУБіП України, 2013. – С. 38–39.
10. Васюхін М.І. Обґрунтування доцільності створення баз картографічних даних мультимасштабних карт реального часу інтерактивних геоінформаційних систем / М.І. Васюхін, А.М. Касім, М.М. Касім // Інформаційні технології: економіка, техніка, освіта '2015: збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (Київ, 19-20 листопада 2015). –К.: НУБіП України, 2015. – С. 223–224.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ВИНТОРУЛЕВУЮ КОЛОНКУ

Колесник Д.В.

*Морское инженерное бюро
(Украина)*

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-х-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.

СЕМИОТИКО-АГЕНТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

Косолапов А.А.

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

Введение. Современный этап развития информационных систем характеризуется переходом в область интеллектуальных систем, которые характеризуются следующими особенностями: - работа со слабоструктурированными, неформализуемыми данными; - территориально и функционально распределённые ресурсы с сетцентрической моделью хранения больших объёмов данных; - работа в режиме реального масштаба времени с жёсткими ограничениями на время принятия решений; - интеграция систем на основе ВЕБ-технологий с достижением нового качества за счёт синергии; - создаваемые системы переходят в класс больших, сложных систем, в которых (по Гельфанду-Цетлину [3]) существенным параметром, влияющим на их эффективность, является структура системы; - современные системы являются мультиструктурными образованиями (см. рис.1); - отмеченные особенности систем порождают проблемы неполноты данных и неопределённости в процессе принятия решений; - реализация интеллектуального интерфейса требуют организации баз знаний и построения «гибридных систем искусственного интеллекта» с применением взаимосвязанных моделей нечётких множеств, генетических алгоритмов и нейронных сетей [4; 5; 7; 9; 10; 11; 12].

Проектирование и развитие существующих систем сдерживается проблемой описания видов их обеспечения в условиях проклятия размерности [6]. Это особенно важно в процессе системного проектирования, что возвращает нас к основам семиотики, которая в последнее время получила развитие в новых методических подходах к созданию интеллектуальных систем [1; 13; 14]. В данной работе представлена архитектура агентно-семиотического подхода на основе онтологической базы знаний к созданию систем искусственного интеллекта.

Интеллектуальную систему управления будем описывать в виде девятки множеств $SM = \langle A, R_c, R_s, R_p, K_c, K_{cs}, K_{csp}, R_v, K_{cspv} \rangle$, где $A = \{z_i\}_{i=1, N}$ - множество базовых атомарных символов (знаков, термов, агентов), используемых для построения синтаксических конструкций; $z_i = (\bar{a}_i; \tilde{a}_i)$ комплексный атомарный агент, состоящий из статической \bar{a}_i и динамической \tilde{a}_i частей; $(\forall i \in cj)(\bar{a}_i) \xrightarrow{R_c} K_{cj}$ множество синтаксически правильных конструкций K_{cj} , построенных из статических атомарных символов с помощью множества правил синтактики R_c ; $(\forall i \in cj)(K_{cj}, \tilde{a}_i) \xrightarrow{R_s} K_{csm}$ множество семантически правильных конструкций K_{csm} , полученных из синтаксически правильных конструкций K_{cj} и динамической составляющей атомарных агентов \tilde{a}_i с помощью множества правил семантики R_s ; $(\forall m) K_{csm} \xrightarrow{R_p} K_{cspm}$ множество прагматически правильных конструкций K_{cspm} , построенных из семантически правильных конструкций K_{csm} с помощью множества правил прагматики R_p ; $(\forall m) K_{cspm} \xrightarrow{R_v} K_{cspvm}$ множество новых, выводимых правильных конструкций K_{cspvm} с помощью набора правил вывода R_v .

Предложенное агентно-семиотическое описание любой системы позволяет организовать её мультиструктурную схему и определить все виды структур и их ресурсное обеспечение в соответствии с принятым в [6] понятием архитектуры информационной системы (рис. 1).

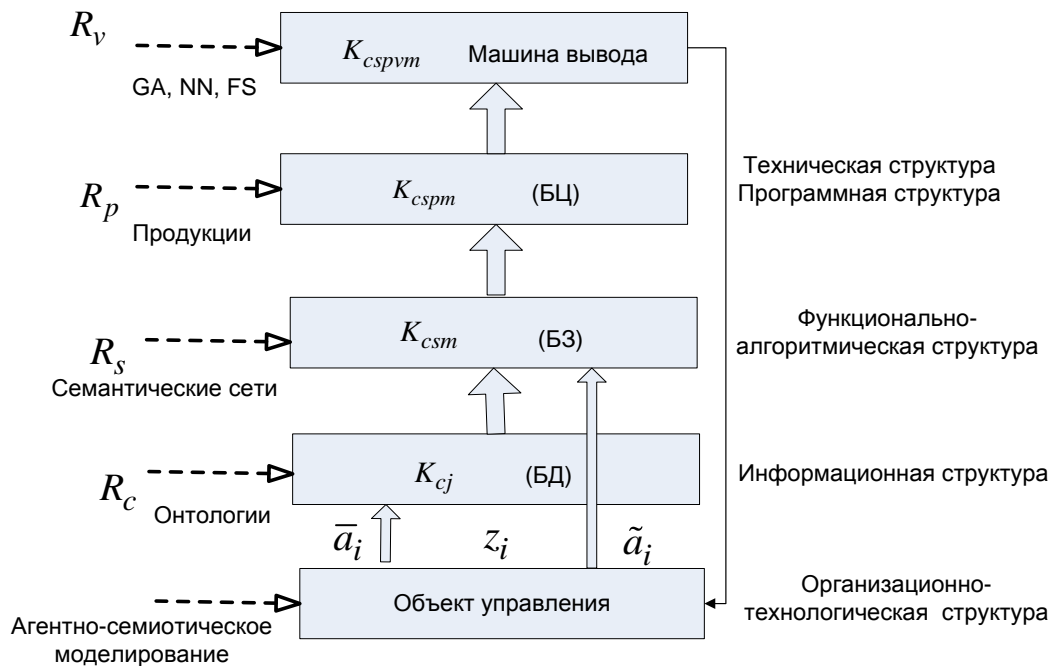


Рисунок 1 – Мультиструктура интеллектуального управления

Предложенная схема опирается на интеллектуальный банк данных, включающий иерархию баз знаний: базу фактов, или данных (БД), базу знаний или правил (БЗ) и базу целей (БЦ), которые в семиотике соответствуют синтактике, семантике и прагматике. Банк знаний реализуется на основе онтологий - эксплицитных спецификациях концептуализации [2]. На нижнем уровне структуры располагается онтологическая база знаний, которая описывает технологический макроуровень системы.

На рис. 2 для сортировочной станции изображена одна из составляющих макроуровня - сортировочная горка. В свою очередь «Сортировочная горка» имеет такие структурные элементы как «Надвижная часть», «Перевальная часть», «Спускная часть» (элементы класса «Схема горки»). В состав спускной части входит: «Скоростной участок», «Участок первой тормозной позиции», «Промежуточный участок», «Участок второй тормозной позиции», т.д.

Другим важнейшим компонентом базы знаний является класс «Технологический участок», описывающий различные типы технологических участков, характерных для сортировочной горки.

Важным преимуществом онтологии является тот факт, что все ее элементы могут быть детализированы. Таким образом, можно расширить структуру сортировочной горки вплоть до конкретного технологического участка, устройства, сигнала.

Детализация описываемых в онтологической базе знаний элементов может иметь огромные масштабы, но при этом соблюдается принцип иерархичности и систематизации

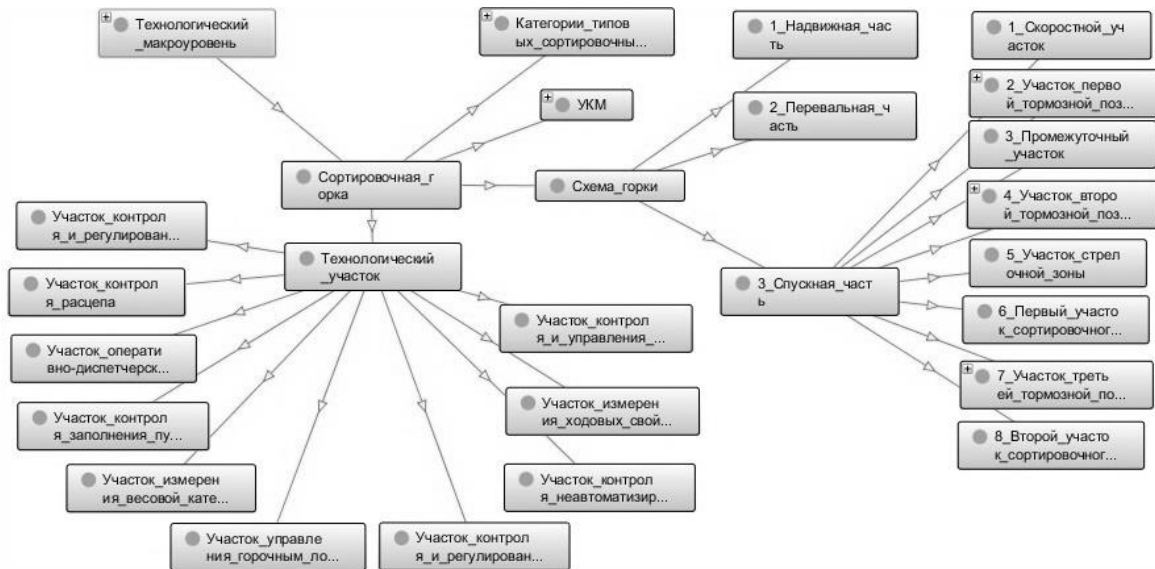


Рисунок 2 – Обобщенная онтологическая модель сортировочной горки

информации. Составляющие структурных частей и технологических участков сортировочной горки имеют различные характеристики и свойства. Они могут быть количественно и качественно описаны с помощью разнообразных программных средств для работы с онтологиями. Например, можно задать точное количество технологических участков каждого типа, или полностью описать технико-эксплуатационные характеристики сортировочной горки.

На нижнем уровне системы (рис. 1) используется агентно-семиотическое моделирование с целью формирования набора базовых агентов. Основу моделирования составляет гибридное дискретно-событийное и агентное имитационное моделирование [8]. Фрагмент описания сортировочной горки на грузовой станции с помощью статических агентов приведен на рис. 3.

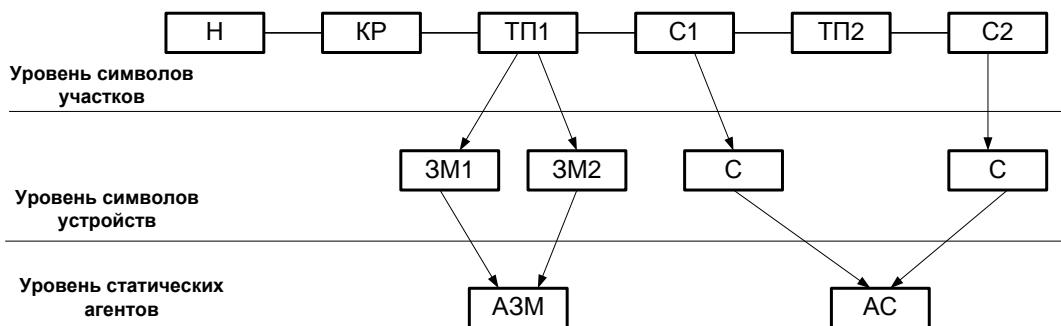


Рисунок 3 – Фрагмент символического описания сортировочной горки

Предложенный агентно-семиотический подход опирается на разработанные на кафедре ЭВМ Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта (ДНУЖТ) под руководством профессора Косолапова А.А. методику и автоматизированный комплекс системного интегратора - КСИ [5].

Выводы. Были рассмотрены особенности современного этапа перехода к системам интеллектуального управления и предложен способ их описания в виде девятки множеств $SM = \langle A, R_c, R_s, R_p, K_c, K_{cs}, K_{csp}, R_v, K_{cspv} \rangle$. На базе этой модели построена мультиструктура интеллектуального управления, которая основывается на интеллектуальном банке знаний. На нижнем уровне используются онтологии для

описания организационно-технологических структур объектов управления и их элементов как агентов, состоящих из статической и динамической части. Для формирования вариантов структур предлагается использовать гибридное агентно-семиотическое и дискретно-событийное моделирование.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инжиниринг предприятий и управление знаниями (ИП&УЗ-2016) // Сборник научных трудов XIX научно-практической конференции. 26-27 апреля 2016 г. / под науч. ред. Ю. Ф. Тельнова - 420 с. 2016.
2. Kosolapov A., Pshinko U.O. Ontological models in automation marshalling yards // Искусственный интеллект. 2013. № 4(62). — С. 344-352.
3. Гельфанд И.М. О некоторых способах управления сложными системами [Текст] / И. М. Гельфанд, М.Л. Цетлин // Успехи матем. наук. 1962. Т. 17. № 1 (103). — С. 3-25.
4. Косолапов А.А. Информатизация общества: философско-антропологические проблемы [Текст] / А.А. Косолапов // Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ . 2015. Т. 4. № 58. — С. 213-223.
5. Косолапов А.А. Комплексный подход к анализу и проектированию систем автоматизации сортировочных станций [Текст] / А.А. Косолапов // // Збірка матеріалів VIII Міжнар. науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2016)». ХДМА, Херсон. 2016. — С. 235-239.
6. Косолапов А.А. Резервы архитектуры автоматизированной системы управления грузовыми перевозками Украинских железных дорог [Текст] / А. А. Косолапов, И. В. Жуковицкий // Залізничний транспорт України. 2013. № 1. — С. 10-13.
7. Косолапов А.А. Эпоха интеллектуальных транспортных систем [Текст] / А.А. Косолапов // Наукові записки Міжнародного гуманітарного університету : [збірник] - Одеса : Фенікс. 2015. № 24. — С. 128-131.
8. Макаров В.Л., Бахтизин, А. Р. Новый инструментарий в общественных науках — агент-ориентированные модели: общее описание и конкретные примеры. // ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ. 2009. Т. 12. № 50. — С. 13-25.
9. Осипов Г.С. Интеллектуальное управление транспортными средствами: стандарты, проекты, реализации // Авиакосмическое приборостроение. 2009. Т. 6. — С. 34-43.
10. Поспелов Д.А. Прикладная семиотика и искусственный интеллект // Программные продукты и системы. 1996. Т. 3. — С. 10-13.
11. Розенберг И.Н. Интеллектуальное управление // Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. 2017. Т. 4. № 76. — С. Дата публикации: 2017-04-10 . Режим доступа: <http://sovman.ru/article/7608/>.
12. Скалозуб В.В. Интеллектуальные транспортные системы железнодорожного транспорта (основы инновационных технологий) [Текст] : пособие / В.В. Скалозуб, В.П. Соловьёв, И.В. Жуковицкий, К.В. Гончаров. — Днепропетровск : Изд-во Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. В. Лазаряна, 2013. — 207 с.
13. Koutsabasis P., Darzentas, J. Methodologies for agent systems development: underlying assumptions and implications for design // AI & Soc. 2009. Т. 23. — С. 379–407.
14. Березкин Д.В. Семиотический подход к построению информационных систем в области обеспечения безопасности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Сер.: Физико-математические и технические науки. 2016. Т. 3. — С. 47—54.

СИСТЕМНО – МОРФОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПОШУКУ ІДЕЙ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПУЧИХ ВАНТАЖІВ ВОДНОЮ АКВАТОРІЄЮ

Кузнєцов Ю.М.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»
(Україна)*

Розвиток і розробка нових технічних рішень і наукових ідей безпосередньо пов'язана зі створенням технічної бази народного господарства майбутнього і, зокрема, транспортної мережі перевезення вантажів від одного пункту (порту, причалу, гавані, бухти) до другого водною акваторією (морською, річковою, озерною, каналною), де глибина впливає на завантаження – розвантаження різного вантажу, пересування судна, його врівноваження або переобладнання.

Метою досліджень є використання системно-морфологічного підходу [1,2] при розв'язанні задач пошуку інноваційних технологій на транспорті водної акваторії з ілюстрацією на прикладах.

Перший приклад присвячений пошуку раціональних операцій водною акваторією (ОВА) перевезення вантажів, представлений у вигляді морфологічної моделі:

$$M_{\text{ова}} = M_{\text{сс}} \wedge M_{\text{пз}} \wedge M_{\text{тр}} \wedge M_{\text{пш}},$$

де $M_{\text{сс}}$ – матриця суховантажного судна; $M_{\text{пз}}$ – матриця додаткових плавучих засобів; $M_{\text{тр}}$ – матриця транспортування сипучого вантажу; $M_{\text{пш}}$ – матриця пришвартування.

Морфологічна модель в розгорнутому закодованому вигляді з міркувань конфіденційності така:

$$M_{\text{ова}} = \begin{array}{c|c|c|c|c|c|c|c} 1.1 & 2.1 & 3.1 & 4.1 & 5.1 & 6.1 & 7.1 & 8.1 & 9.1 & 10.1 \\ \hline 1.2 & 2.2 & 3.2 & 4.2 & 5.2 & 6.2 & 7.2 & 8.2 & 9.2 & 10.2 \\ \hline 1.3 & 2.3 & 3.3 & 4.3 & \cdot & 6.3 & 7.3 & \cdot & 9.3 & 10.3 \\ \hline 1.4 & 2.4 & 3.4 & 4.4 & \cdot & 6.4 & 7.4 & \cdot & 9.4 & 10.4 \\ \hline \cdot & \cdot & 3.5 & 4.5 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 9.5 & 10.5 \\ \hline \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 10.6 \\ \hline \cdot & \cdot & 3.6 & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & 10.7 \\ \hline \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \hline \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{array}$$

Для наведеної моделі запропоновано 1 075 200 варіантів сполучень альтернатив, серед яких є можливі і неможливі. Кількість варіантів зменшиться і буде залежати від конкретно сформульованої задачі з точки зору техніко-економічної, соціальної, екологічної та іншого привабливання.

Для $M_{\text{сс}}$ морфологічними ознаками прийняті: 1. Тип судна. 2. Стан конструкції судна. 3. Спосіб зміни стану по вантажопідйомності. 4. Спосіб зміни стану по осадці при навантаженні – розвантаженні і транспортуванні. Для $M_{\text{пз}}$ морфологічні ознаки: 5. Наявність додаткових плавучих засобів. 6. Форма (конструктивне виконання) додаткових плавучих засобів. Для $M_{\text{тр}}$ морфологічні ознаки: 7. Стан транспортування. 8. Умови

транспортування. 9. Маршрут (шлях) транспортування. Для Мпш ознака 10. Спосіб пришвартування.

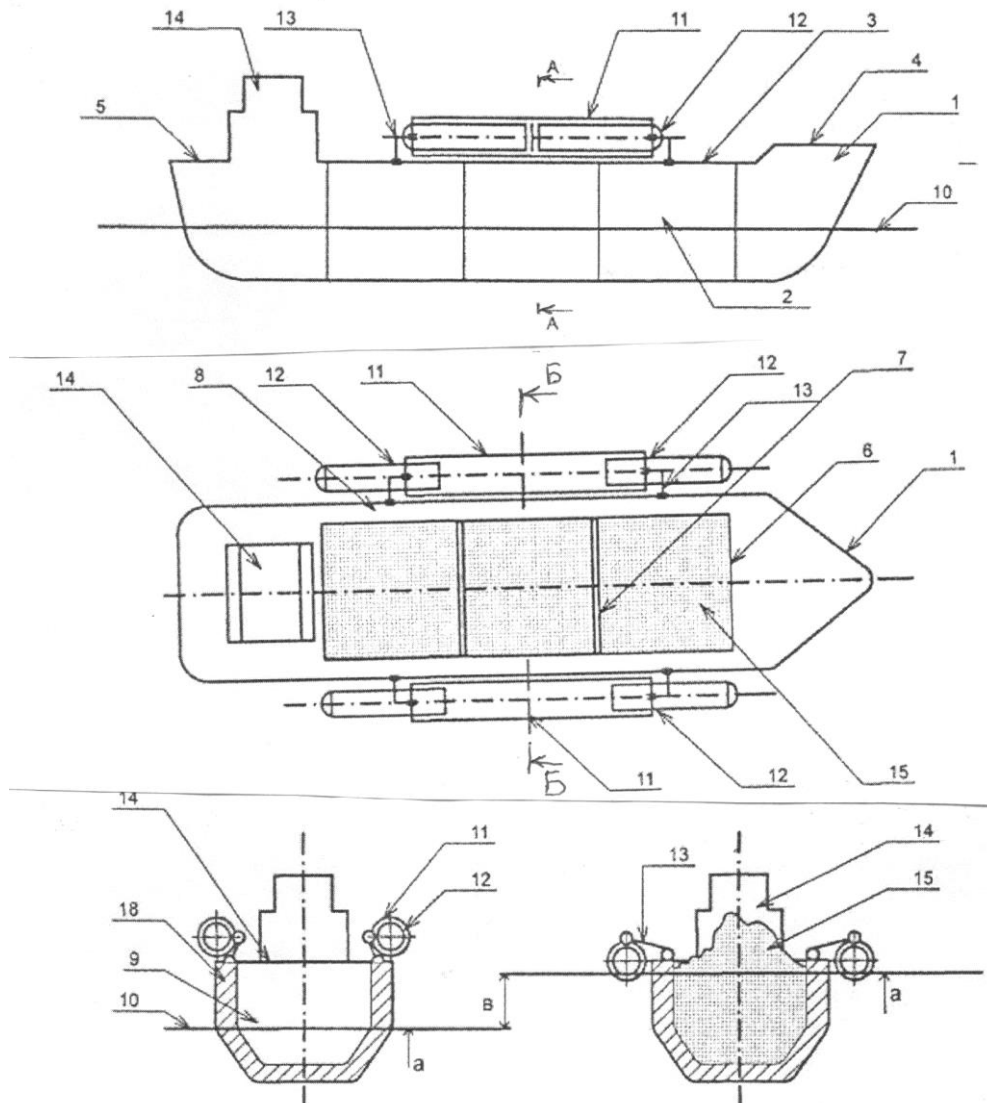


Рисунок – Судно для транспортування сипучих вантажів з переобладнанням

Одним із синтезованих варіантів ідеї є винахід №102484 «Спосіб переобладнання судна» (рисунок), згідно якому під час транспортування незавантаженого судна від місця розвантаження до місця завантаження елементи плавучості розміщують всередині корпусних елементів і разом розташовують вздовж бортів, перед швартуванням ці елементи пересувають поза зовнішню поверхню бортів, потім елементи виводять зсередини корпусних елементів, а після завантаження і виходу з порту з мілким фарватером плавучі елементи заводять всередину корпусних елементів і разом повертають у вихідне положення, розташовуючи їх вздовж бортів.

Другий приклад присвячений пошуку ідей і способів зрівноваженості судна при приливів – відливів з морфологічними ознаками: 1 – тип судна; 2 – вид засобу зрівноваженості (конструктивне виконання); 3 – місце розташування засобу

зрівноваженості при приливі; 4 – місце розташування засобу зрівноваженості при відливі; 5 – спосіб контактування засобу зрівноваженості з землею. При запропонованих альтернативах для кожної морфологічної ознаки отримано 6720 варіантів рішень, кількість яких зменшується для конкретного судна до 1344 варіантів, а з визначенням місця розташування засобу до 420 варіантів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кузнецов Ю.Н. Морфологический синтез станков и их механизмов: монография /Ю.Н. Кузнецов, Герра Ж.А. Хамуйела, Т.О. Хамуйела; под ред. Ю.Н. Кузнецова.-К.: ООО «ГНОЗИС», 2012. – 416 с.

2. Настасенко В.А. Морфологический анализ - метод синтеза тысяч изобретений: монография, изд. 2-е, перераб. и доп./В.А. Настасенко. - Херсон: Изд-во Айлант, 2015. – 100 с.

MODEL CONSTRUCTION OF INDIVIDUAL SCENARIOS FOR THE ELIMINATION OF THE HUMAN FACTOR

Nosov P.S, Ben A.P.

*Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)*

Safonov M.S.

*Odessa National Polytechnic University
(Ukraine)*

Introduction. One of the causes of catastrophic situations in maritime transport is the human factor [1]. The human factor weakly lends itself to formalization, in contrast to technical factors. This is because the characteristics and parameters of the problem are not definite. It's practically impossible to determine the mathematical expectation of manifestations of the human factor when the watch is carried by the boatmaster. Practice shows that such manifestations are associated with stresses and the presence of sudden random factors. At such moments it is important to have instant reaction, concentration of attention, as well as a great experience of the boatmaster [2-4].

The relevance of research. It's important to develop approaches to eliminate the negative human factor. This is obvious for a number of reasons: a new approach is needed in predicting the actions of the boatmaster; an intelligent analysis of the boatmaster's actions is necessary; the mechanism of identifying his behavior model; methods of improving qualifications are needed; increase of the persistence of the boat's psychological qualities in problematic situations. Of course, these proposals are aimed at a positive result. However, consistency and coherence of decisions are required.

The use of computer simulators will make it possible to use information and intellectual means. These funds will allow reliable identification of dangerous factors. These factors negatively affect the behavior of the boatmaster. They are individual and require detailed study. This indicates the relevance of the study.

Means are needed to eliminate identified hazards. These funds will increase the level of attention of the boatmaster. In this case, there is an opportunity to improve safety during a non-emergency situation. This will ensure successful navigation for the shipping company.

Formulation of the problem. A special training simulator is proposed. Special training will allow forming experience in the most complex operations and maneuvers. All this will reduce the risk of catastrophic situations and save lives.

A model must be built at the first stages of the study. The model will allow to form individual scenarios. These scenarios will increase the experience in the most complex operations and maneuvers. Part of the model will be the method that forms a special map. The map will reflect the behavior and response of the boatmaster in extraordinary situations.

Results of the research. To create behavioral matrices, it is necessary to create an information mechanism. This mechanism will allow to extract and process data from the server of the navigation simulator «Navi-Trainer Professional 5000» (NTPRO 5000). Experiments are already being conducted at the Kherson State Maritime Academy (Ukraine). This navigation simulator allows creating scenarios for passing locations. The training of boatmasters allows to obtain the necessary data. The system will be able to determine the individual characteristics of boatmasters [5-6].

The proposed model will allow settling important processes. Processes in the course of training, practice and real conditions are a cycle. To resolve these processes it is proposed to use the Shuhart-Deming cycle. This cycle will be modernized due to the features of processes that will be repeated. The model for constructing individual scenarios looks like a 3D spiral and consists of 7 stages (рис.1).

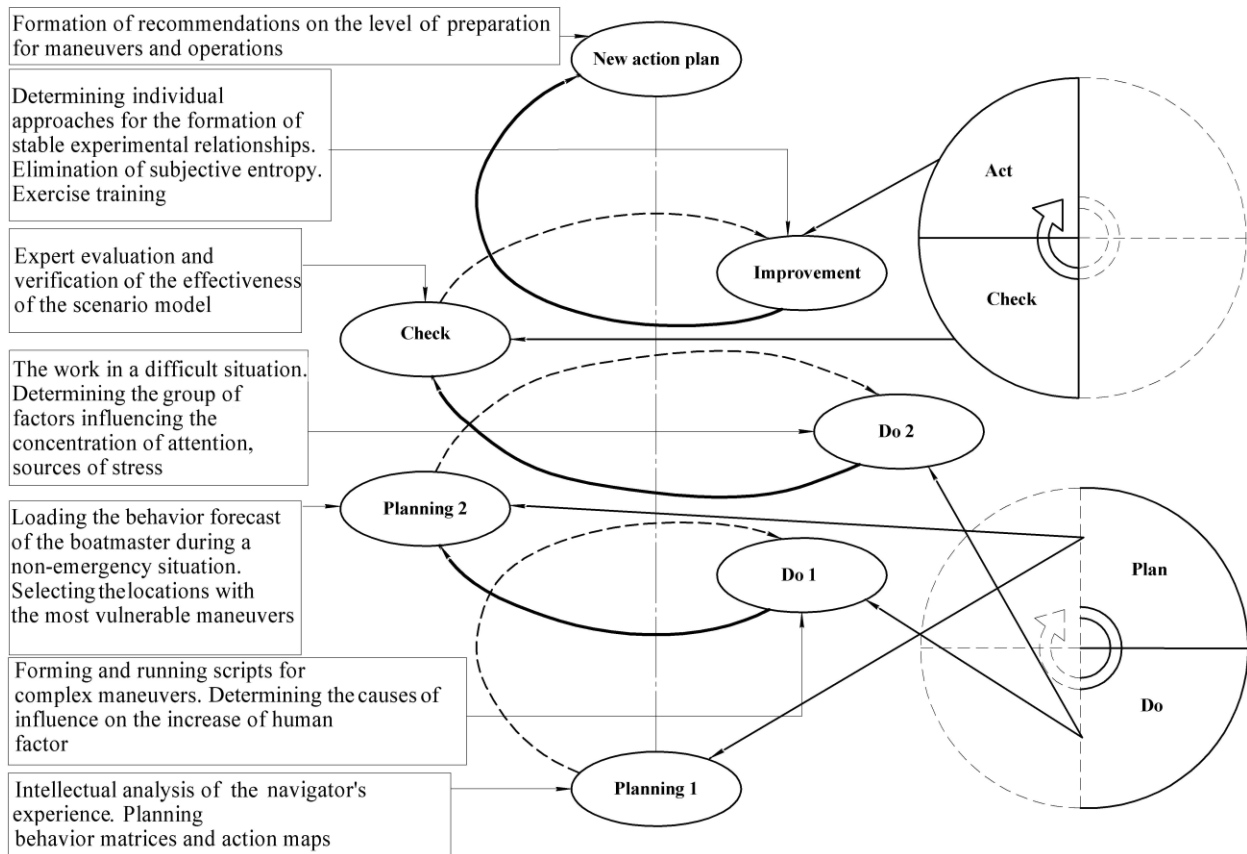


Figure 1 - Model of building individual scenarios

Conclusion. The proposed model will provide an intelligent analysis of the boatmaster's experience. Next, scenarios for complex operations will be generated and implemented. The developed cycle of processes will allow to systematically influence the human factor of the boatmaster. Any abnormality in of the navigation simulator and in the real world will not be dangerous. The intellectual system will carry out the forecast and will prevent risks on sea transport.

REFERENCES

1. 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.
2. Charles A. O'Reilly I. Variations in Decision Makers' Use of Information Sources: The Impact of Quality and Accessibility of Information. *Journal Academy of Management – ACAD MANAGE J* December 1, 1982 vol. 25 no. 4 p. 756-771
3. Corović B., Djurovic P., 2013. Research of Marine Accidents through the Prism of Human Factors. *Promet Traffic&Transportation*, Vol. 25, 2013, N. 4, p. 369-377.
4. Håvold J.I. Safety culture and safety management aboard tankers. *Reliability Engineering & System Safety* Volume 95, Issue 5, Pages 511-519 (May 2010)
5. Scenario Editor Transas Evaluation and Assessment System (e-Tutor) 5000 / URL: <http://www.mecys.com/en/index.php?main=2&sub=4>
6. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S. Increased of efficiency in the automated training of fuelling machine operators using iterative simulation learning // *World Applied Sciences Journal*. 2013. V. 22. N 2. P. 70–75. doi: 10.5829/idosi.wasj.2013.22.tt.22142

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ТЕОРІЇ СКІНЧЕННИХ АВТОМАТІВ ТА МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ

Мельник І.В., Богданова Н.В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»
(Україна)*

Вступ. Сьогодні для розв'язування завдань, пов'язаних із моделюванням та оптимізацією транспортних потоків, широко використовуються методи теорії ймовірностей та дискретної математики. Серед цих методів для моделювання транспортних потоків та розв'язування задач їхнього регулювання особливо важливе значення мають теорія систем масового обслуговування [1 – 3], теорія скінченних автоматів [4 – 6] та теорія нечіткої логіки [6, 7].

Методи теорії систем масового обслуговування дозволяють забезпечувати ефективно керування транспортними потоками та оптимізувати їх у часі. Для оптимізації нерегулярних транспортних потоків із довгостроковими часовими залежностями особливо важливе значення мають сучасні методи фрактального аналізу [3, 5, 8, 9].

Моделі теорії скінченних автоматів є важливими для аналізу перебігу подій та для регулювання транспортних потоків. Вони мають особливо важливе значення для регулювання руху транспорту на перехрестях великих міст та для організації роботи світлофорів. Одна із можливих таких моделей наведена у навчальних посібниках [5, 6]. Часто для аналізу подій у транспортних потоках з використанням методів теорії скінченних автоматів для наочного подання цих подій використовують математичний апарат мереж Петрі [3, 6, 10].

Моделі теорії нечіткої логіки є важливими для аналізу транспортних потоків та для регулювання ними за невизначених умов, які впливають на рух транспорту. В таких моделях головним є визначення функцій належності для нечітких змінних та нечітких правил, які визначають закони регулювання. Способи розв'язування таких задач з використанням сучасної електронної керувальної апаратури наведені у навчальних посібниках [6, 7].

Постановка задачі. Задачею даної роботи є узагальнений аналіз методів математичного моделювання, які використовуються для аналізу та оптимізації руху транспорту.

Методи теорії систем масового обслуговування. У загальному випадку основний закон теорії масового обслуговування записується у вигляді [1 – 3]:

$$\lambda_3 = \frac{1}{t_3}; \quad \mu_{об} = \frac{1}{t_{об}}; \quad t_3 > t_{об}; \quad \lambda_3 < \mu_{об}, \quad (1)$$

де λ_3 – швидкість надходження замовлень, t_3 – час надходження замовлень, $\mu_{об}$ – швидкість обробки замовлень, $t_{об}$ – час обробки замовлень.

Фізичний зміст формули (1) полягає у тому, що швидкість обробки замовлень повинна бути більшою, ніж швидкість їхнього надходження, у протилежному випадку система масового обслуговування через певний час починає працювати нестабільно. Під час розв'язування транспортних задач цей закон має обов'язково виконуватись для організації роботи станцій технічного обслуговування. Для звичайних умов руху транспорту виконання співвідношення (1) полягає у тому, що вхідний потік транспортних засобів для будь-якої ділянки траси або її відрізка має перевищувати вихідний. Під час розв'язування таких задач для описання розподілу транспортних потоків зазвичай використовуються методи теорії ймовірностей та математичної статистики [1, 3]. На практиці, у разі аналізу незалежних

подій у потоці, зазвичай використовується або модель найпростішого потоку, якій підпорядковується закону розподілу Пуассона, або модель потоку Ерланга [1 – 3]. Для найпростішого потоку зазвичай використовують такі усереднені оцінки [1 – 3]:

$$\Lambda(t) = \frac{\bar{n}}{t} = \lambda, \quad \sigma = \sqrt{\lambda \cdot t}, \quad (2)$$

де $\Lambda(t)$ – середнє значення інтенсивності потоку у часі, \bar{n} – кількість об'єктів, які надходять, або для транспортного потоку – транспортних засобів, σ – середнє квадратичне відхилення значення інтенсивності потоку. У загальному випадку закон розподілу Пуассона записується наступним чином [1 – 3]:

$$P(n) = \frac{(\lambda \cdot t)^n \cdot \exp(-\lambda \cdot t)}{n!}. \quad (3)$$

Потік Ерланга формується із найпростішого потоку подій через періодичне викреслювання окремих точок, при цьому кількість точок, які викреслюються, характеризує порядок потоку Ерланга. Приклад формування потоку Ерланга другого порядку наведений на рис. 1 [1, 3].

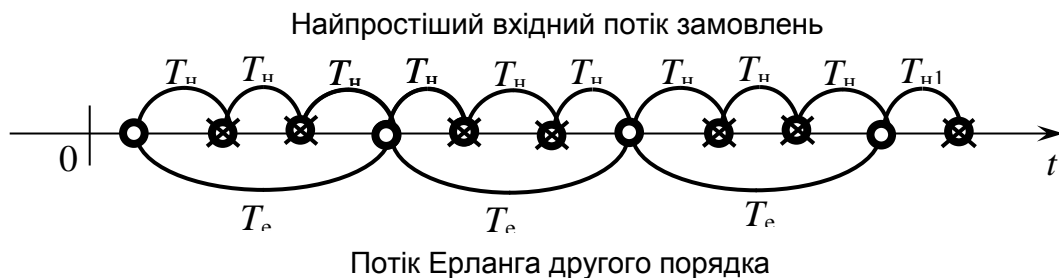


Рисунок 1 – Наочна ілюстрація способу формування потоку Ерланга другого порядку

Для оцінки інтенсивності потоку Λ_k Ерланга порядку k , середнього квадратичного відхилення σ_k та середнього часу між подіями \bar{T} використовуються наступні співвідношення, які є наслідком способу формування потоків Ерланга та доводяться як відповідні теореми теорії черг [1, 3]:

$$\Lambda_k = \frac{1}{m_k} = \frac{\lambda}{k+1}, \quad \sigma_k = \frac{\sqrt{k+1}}{\lambda}, \quad \bar{T} = \frac{T_{ек}}{k+1}, \quad (3)$$

де λ – інтенсивність найпростішого потоку.

У теорії систем масового обслуговування для потоків Ерланга також вводяться поняття щільності потоку α та відносної пропускної здатності системи q , які визначаються наступним чином [1 – 3]:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu}, \quad q = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{\alpha^i}{i!} - \frac{\alpha^n}{n!}}{\sum_{i=0}^n \frac{\alpha^i}{i!}}. \quad (4)$$

У задачах регулювання транспортних потоків параметр α характеризує усереднену щільність транспортного потоку, а параметр n – кількість можливих альтернативних маршрутів. Математична модель (5) також широко використовується для аналізу роботи систем купівлі квитків, зокрема електронних та Інтернет-систем [3]. У цьому випадку λ – вхідний потік замовлень, μ – швидкість їхнього обслуговування. Залежності $q(\alpha)$ для різних значень n , отримані з використанням засобів програмування системи науково-технічних розрахунків MatLab, наведені на рис. 2. Зрозуміло, що за умови $\alpha < 1$ відносна пропускна здатність системи масового обслуговування завжди дорівнює 1, проте працездатність системи падає за експоненціальним законом за умови $\alpha > 1$ [1]. За умови

$q = 0$ система стає непрацездатною і починає відхиляти всі замовлення на обслуговування. За умови $0 < q < 1$ параметр q характеризує кількість замовлень, які обробляються, у відносних одиницях [1]. У транспортних задачах стан $q = 0$ відповідає простою транспортних засобів, а значення q характеризує зниження швидкості руху транспорту. Для систем електронного продажу квитків стан $q = 0$ означає припинення обслуговування із-за надмірно високого потоку замовлень, а значення q характеризує збільшення швидкості обробки замовлень [1, 3]:

$$t_{об} = \frac{1}{q\mu_{об}}. \quad (5)$$

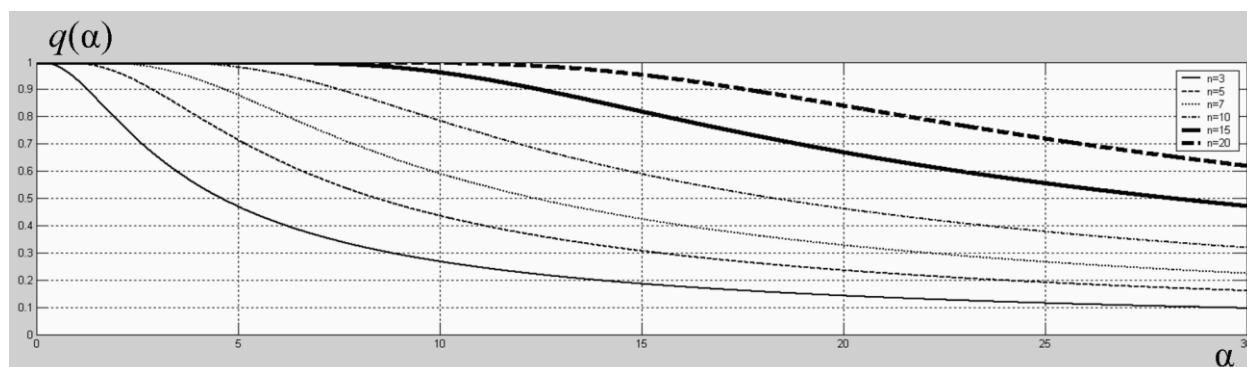


Рисунок 2 – Залежності $q(\alpha)$ для різних значень n

Окремо у теорії систем масового обслуговування розглядаються задачі із довгостроковими часовими залежностями, коли час надходження замовлень безпосередньо впливає на швидкість обслуговування [2, 3, 8, 9]. Принцип самоподібності потоку у загальному вигляді записується як:

$$y(t) = a^\alpha \cdot y\left(\frac{t}{\alpha}\right), \quad (6)$$

а кореляційна функція самоподібного процесу визначається степеневою залежністю:

$$r(k) = k^{-\beta}, \quad \beta = \frac{1-H}{2}, \quad (7)$$

де k – номер відлікової точки, β – параметр самоподібності. Приклади самоподібних залежностей наведені у роботах [2, 3, 9].

Теорія скінченних автоматів та мережі Петрі. Іншим розділом дискретної математики, який може бути ефективно використаний для регулювання транспортних потоків, є теорія скінченних автоматів. Основа цієї теорії полягає у тому, що аналізуються можливі події у системі, яка розглядається, та стан системи після того, як відбудеться відповідна подія [4 – 6]. Особливість роботи скінченного автомату полягає у тому, що наступний стан автомату залежить не лише від поточного стану та від події, яка відбувається, але і від історії розвитку системи, тобто, від її попередніх станів. У разі розв'язування задачі моделювання транспортних потоків теорія скінченних автоматів може бути використана для регулювання руху на перехрестях через аналіз зміни інтенсивності транспортного потоку, або трафіка транспорту. Моделі перехрестя, яке регулюється світлофором, були розглянуті у роботах [3, 5]. Часто для моделювання потоків подій з використанням методів теорії скінченних автоматів використовується математичний апарат мереж Петрі [2, 6, 10]. Вони являють собою орієнтовані графи, на яких вузлами позначаються події, а напрямленими стрілками – переходи між подіями. Умови, за якими виникають відповідні події, на мережі Петрі позначаються прямокутниками [2, 6, 10]. У теорії графів та у теорії скінченних автоматів розрізняють також розфарбовані мережі

Петрі, на яких поточний стан системи помічається точкою. Приклад розфарбованої мережі Петрі показаний на рис. 3.

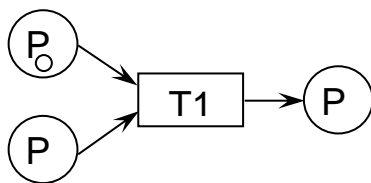


Рисунок 3 – Приклад розфарбованої мережі Петрі [6]

Для комп'ютерного моделювання послідовностей подій з використанням теорії скінченних автоматів може бути використаний пакет програм StateFlow, який є складовою частиною системи науково-технічних розрахунків MatLab [6].

Теорія нечіткої логіки. Іншим потужним апаратом сучасної дискретної математики, який може бути ефективно використаний для розв'язування транспортних задач, є теорія нечіткої логіки. Сутність цієї теорії полягає у формуванні нечітких множин, нечітких змінних та нечітких правил, які визначають закон керування об'єктом. Наприклад, у навчальному посібнику [10] розглянута модель нечіткої системи керування вантажним краном. Нечіткими змінними для цієї системи є відстань від крана до вантажу R , кут положення стріли крана відносно вантажу W та потужність, P , яку споживає кран. На основі цих змінних формуються нечіткі правила. Наприклад:

$r_2 =$ «Велика відстань», $w_3 =$ «Нульовий кут», $p_4 =$ «Додатна середня потужність»,

ПРАВИЛО 1: ЯКЩО « $R = r_2$ » ТА « $W = w_3$ » ТОДІ « $P = p_4$ ». (8)

За умови заданих значень відстані до вантажу та кута направлення стріли крану нечіткі правила дозволяють знайти необхідну потужність електричного двигуна. Для проведення відповідних математичних обчислень використовуються алгебраїчні дії над нечіткими множинами, які описуються функціями належності [6, 7].

Для комп'ютерного моделювання систем нечіткої логіки широко використовується пакет програм fuzzy, який також є складовою частиною системи науково-технічних розрахунків MatLab [6].

Висновки. З використанням математичного апарату теорії систем масового обслуговування, теорії скінченних автоматів та нечіткої логіки можна розв'язувати складні практичні завдання, пов'язані із аналізом та оптимізацією транспортних потоків, а також із ефективним керуванням ними.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Задачи и упражнения по теории вероятностей. Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 448 с.
2. Крылов В.В., Самохвалова С.С. Теория телетрафика и её приложения. – СПб.: «БХВ – Петербург», 2005. – 288 с.
3. Денбновецький С.В., Мельник І.В., Писаренко Л.Д. Кодування сигналів в електронних системах. Частина 2. Математичні основи теорії кодування. Том 2. Основи теорії ймовірностей, математичної статистики, теорії систем масового обслуговування та статистичної радіотехніки. Електронний навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом 171 «Електроніка» спеціалізації електронні прилади та пристрої. Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського, протокол №4 від 21 грудня 2017 р. Режим доступу: ftp://77.47.129.53/pub/KURSY_EPP/ТІК/PART_II/ТОМ_II.pdf.
4. Хопкрофт Дж. Э., Мотвани Р., Ульман Дж. Д. Введение в теорию автоматов, языков и вычислений. 2-е изд. Перевод с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 528 с.

5. Карпов Ю.Г. Теория автоматов. – СПб.: Питер, 2003. – 208 с.
6. Денбновецький С.В., Мельник І.В., Писаренко Л.Д. Кодування сигналів в електронних системах. Частина 2. Математичні основи теорії кодування. Том 3. Теорія систем штучного інтелекту. Електронний навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямом 171 «Електроніка» спеціалізації електронні прилади та пристрої. Рекомендовано Методичною радою КПІ імені Ігоря Сікорського, протокол №4 від 21 грудня 2017 р. Режим доступу: ftp://77.47.129.53/pub/KURSY/ТІК/PART_II/ТОМ_III.pdf
7. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
8. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. I Модели многоагентной самоорганизации. – Известия РАН «Теория и системы управления», 2012, №2. – С. 92 – 120.
9. Мельник И.В., Гайдамака В.В. Долгосрочные зависимости и фрактальный анализ. – Вестник херсонского национального технического университета, вып. 3 (62), том 1. – Херсон, 2017. – С. 143 – 150.
10. Спиридонов А.М. Сети Петри в моделировании и управлении. – Л.: Наука, Ленинградское отделение. – 1989. – 133 с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ СИЛЫ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ

Настасенко В.А.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Работа относится к области квантовой физики и основ материального мира, в частности – к волнам гравитационного поля, связанного с Планковскими величинами длины l_p , времени t_p и массы m_p , полученными на базе 3-х фундаментальных физических констант: гравитационной постоянной G , постоянной Планка h и скорости c света в вакууме [1, 2]. Решение данных задач является актуальным для развития физики и других естественных наук в условиях постоянной потребности расширения знаний о материальном мире и Вселенной.

Анализ состояния проблемы и постановка задачи. Физические параметры гравитационного поля в настоящее время относятся к малоизученным, поскольку его единственной строго определяемой характеристикой является сила F_G гравитационного взаимодействия двух физических тел (1), вытекающая из закона всемирного тяготения, открытого Ньютоном [1, 2]:

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2} (H), \quad (1)$$

где m_1, m_2 – массы (кг) двух точечных объектов, размещенных на расстоянии r (м) между ними;

G – гравитационная постоянная [3]:

$$G = 6,67408 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{\text{кг} \cdot c^2} \right). \quad (2)$$

Однако сила (1), найденная Ньютоном, относится к взаимодействию точечных объектов, поэтому для гравитационного поля, представляющего пространственную структуру, охватывающую весь объем наблюдаемой Вселенной, применение данного закона является некорректным.

Цель выполняемой работы – устранить указанный недостаток.

Научная новизна – обоснование физической закономерности, позволяющей на строгой основе определять параметры силового воздействия гравитационного поля.

Обоснование возможности достижения поставленной цели.

В рамках поставленной цели необходимо определение волновых параметров гравитационного поля. Эта возможность вытекает из представления Планковской частоты ν_p , как обратной величины Планковского времени t_p , и гравитационной постоянной G через другие фундаментальные физические константы материального мира: h, c , которые дополнены частотой колебаний волн гравитационного поля $\nu_G = \nu_p$:

$$G = \frac{t_p^2 c^5}{h} = \frac{c^5}{\nu_p^2 h} = \frac{c^5}{\nu_G^2 h}. \quad (3)$$

Из найденной зависимости (3) частота колебаний волн гравитационного поля ν_G может быть получена на строгой основе, в рамках зависимости (4):

$$\nu_G = \nu_p = \sqrt{\frac{c^5}{Gh}} = \sqrt{\frac{\left[0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c} \right) \right]^5}{6,67408 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{\text{кг} \cdot c^2} \right) \cdot 6,62607004 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot c)}} = 7,39995 \cdot 10^{42} (c^{-1}). \quad (4)$$

На базе $\nu_G = 7,39995 \cdot 10^{42} \rightarrow 7,4 \cdot 10^{42} (c^{-1})$ может быть получена длина колебаний волн λ_G гравитационного поля, которая совпадает с Планковской длиной l_p (5):

$$\lambda_G = \frac{c}{\nu_G} = \frac{0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c}\right)}{7,4 \cdot 10^{42} (c^{-1})} = 4,051249 |432| \cdot 10^{-35} (M) = l_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 4,05126 \cdot 10^{-35} (M). \quad (5)$$

Также может быть определена волновая энергия гравитационного поля E_G , которая совпадает с Планковской энергией E_p [1, 2]:

$$E_G = h\nu_G = 6,626070040 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot c) \cdot 7,4 \cdot 10^{42} (c^{-1}) = 4,9032918296 \cdot 10^9 (Дж) =$$

$$= E_p = \sqrt{\frac{hc^5}{G}} = \sqrt{\frac{6,626070040 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot c) \cdot \left[0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c}\right)\right]^5}{6,67408 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{\kappa z \cdot c^2}\right)}} = 4,90325 \cdot 10^9 (Дж). \quad (6)$$

Из волновой энергии колебаний гравитационного поля E_G , в рамках закона Эйнштейна $E = mc^2$ [1, 2] о связи полной энергии и массы, которая совпадает с Планковской массой m_p , может быть определен ее массовый эквивалент m_G (7):

$$m_G = \frac{E_G}{c^2} = \frac{h\nu_G}{c^2} = \frac{6,626070040 \cdot 10^{-34} \left(\frac{\kappa z \cdot M^2}{c}\right) \cdot 7,4 \cdot 10^{42} (c^{-1})}{\left[0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c}\right)\right]^2} = 5,4556478961 \cdot 10^{-8} (\kappa z) =$$

$$= m_p = \sqrt{\frac{hc}{G}} = 5,45560 \cdot 10^{-8} (\kappa z). \quad (7)$$

Полученные вещественно-полевые параметры гравитационного поля (4)...(7) позволяют приступить к определению его силового действия.

Строгое определение силового действия гравитационного поля

Исходным является закон Ньютона (1). При этом суммарную массу m_2 волн гравитационного поля заменяет ее эквивалент:

$$m_2 = Nm_G, \quad (8)$$

где N – количество длин волн λ_G гравитационного поля на расстоянии r до любого объекта массой m_1 :

$$N = r/\lambda_G. \quad (9)$$

Полученные значения (8), (9) позволяют найти новую строгую физическую зависимость для силы F_G :

$$F_G = G \frac{m_1 N h \nu_G}{r^2 c^2} = G \frac{m_1 r h \nu_G}{\lambda_G r^2 c^2} = G \frac{m_1 h \nu_G}{\lambda_G r c^2} = \frac{G h \nu_G}{\lambda_G c^2} \times \frac{m_1}{r} (N). \quad (10)$$

Поскольку константы G , h , c , ν_G , λ_G в рамках их размерности могут быть выражены через Планковские величины длины l_p , времени t_p и массы m_p , получим:

$$\frac{G h \nu_G}{\lambda_G c^2} = \frac{\left(\frac{l_p^3}{m_p t_p^2}\right) \times \left(\frac{m_p l_p^2}{t_p}\right) \times \left(\frac{1}{t_p}\right)}{\left(l_p\right) \times \left(\frac{l_p}{t_p}\right)^2} = \left(\frac{l_p}{t_p}\right)^2 = c^2 \left(\frac{M}{c}\right)^2. \quad (11)$$

С учетом уточненного в работе [4] значения гравитационной постоянной (12), данная величина (11) на строгой основе подтверждается численными параметрами входящих в эту зависимость исходных величин:

$$G = 6,673966969 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{\kappa z \cdot c^2}\right). \quad (12)$$

$$\frac{Gh\nu_G}{\lambda_G c^2} = \frac{6,673966969 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \right) \times 6,626070040(1) \cdot 10^{-34} \left(\frac{\text{кг} \cdot \text{М}^2}{\text{с}} \right) \times 7,4 \cdot 10^{42} \left(\frac{1}{\text{с}} \right)}{4,051249 | 432 | \cdot 10^{-35} (\text{М}) \times \left[0,299292458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}} \right) \right]^2} =$$

$$= 0,089875517872 \cdot 10^{18} \left(\frac{\text{М}}{\text{с}} \right)^2 = \left[0,299292458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}} \right) \right]^2 = c^2. \quad (13)$$

С учетом значения (13) окончательно получим строгую физическую зависимость для расчета силы F_G действия гравитационного поля:

$$F_G = c^2 \frac{m_1}{r} = \frac{m_1 c^2}{r} (H). \quad (14)$$

Из зависимости (14) вытекает, что сила F_G действия гравитационного поля на объект массой m_1 является энергетической, она прямо пропорциональна полной энергии выбранного тела и обратно пропорциональна расстоянию r между ним и любой выбранной точкой гравитационного поля.

Найденные зависимости (4)...(14) не противоречат известным многократно апробированным законам физики, что является свидетельством их достоверности. Они получены впервые и вносят коренные изменения в представление силовых параметров гравитационного поля, что отвечает всем признакам научного открытия.

Общие выводы по работе. На базе разработанного метода строго обоснованы достоверными физическими законами и определены волновые параметры гравитационного поля, что позволило разработать новую методику определения силовых параметров гравитационного поля.

На базе найденных волновых параметров гравитационного поля получен новый физический закон для определения силы его действия, из которого строго вытекает, что она является энергетической величиной, которая прямо пропорциональна полной энергии выбранного тела и обратно пропорциональна расстоянию r между ним и любой выбранной точкой гравитационного поля.

Предлагаемые новые физические законы и закономерности получены впервые на базе достоверных физических законов и отвечают всем признакам достоверного научного открытия, поэтому они могут быть использованы в научных исследованиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физический энциклопедический словарь /Под общ. ред. А.М. Прохорова. // Д.М. Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С. Воронов-Романов и др. –М.: Сов. Энциклопедия. 1983. –с. 136.
2. Политехнический словарь /Ред. кол.: А.Ю. Ишлинский (гл. ред.) и др. –3-е изд., перераб. и доп. –М.: Сов. энциклопедия, 1989. -с. 134, 382, 486, 638-640.
3. CODATA Internationally recommended values of the Fundamental Physical Constants.
4. Valentyn A. Nastasenko On the Possibility of Refining the Gravitational Constant and Solving the Task of Integrating the Gravitational and Electromagnetic Fields /3-th International Conference on Theoretical and Condensed Matter Physics. October 19-21 2017 in New York, USA. - P. 61.

НЕСТАЦИОНАРНАЯ ДИНАМИКА МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО Поезда (ПРОДОЛЬНО-ОДНОМЕРНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ)

Поляков В.А., Хачануридзе Н.М.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина)

Введение. В современных условиях, констатируется экспоненциальное нарастание интенсивности развития социума. Не менее интенсивно должны развиваться обслуживающие транспортные средства. Исключительное значение приобретает проблема радикального повышения их динамических качеств в сочетании с категорическим требованием безусловного соблюдения условия безопасности движения. Магистральным направлением развития наземного транспорта, позволяющим гармонично сочетать эти достаточно антагонистичные требования, являются комплексы с магнитолевитирующими поездами (МЛП).

Актуальность исследования. Одним из основных критериев оценки потребительских свойств МЛП является качество перевозки ими пассажиров и грузов. Особому риску это качество может подвергаться в нестационарных режимах движения. Прежде всего, поэтому, исследование таких режимов является весьма важным и актуальным.

Постановка задачи. Проведение одной из частей указанного исследования – задача работы.

Материал и результаты исследования. Рассмотрено продольное движение МЛП. Расчётная схема механической подсистемы (МП) принята в виде твёрдого тела массой m . Движение рассматривается относительно неподвижной декартовой системы отсчёта $OXYZ$. С телом связывается декартов триэдр $Sxyz$, оси которого являются его главными центральными. Изменение положения тела во времени t определяется координатой $x(t)$ центра масс. На тело не наложены аналитические связи. Конфигурация подсистемы определяется одной обобщённой координатой:

$$\eta^1 = x. \quad (1)$$

Движение рассматривается в состоянии электродинамической левитации. Отклонения центра масс тела m от стационарной траектории, параллельной кривой оси пути считаются отсутствующими. На тело действуют продольные составляющие [1]: F_{Tx} – тяги – со стороны линейного синхронного двигателя (ЛСД); F_{ADx} – аэродинамического сопротивления – со стороны окружающего воздуха; F_{EDx} – электродинамического сопротивления – со стороны контуров подвешивания; F_{Wx} – веса поезда – вследствие продольного уклона пути.

Рассматриваемое движение описуемо уравнением второго закона Ньютона:

$$m \cdot \ddot{x} = F_{Tx} + F_{ADx} + F_{EDx} + F_{Wx} \quad (2)$$

где \ddot{x} – продольная составляющая ускорения точки C .

Значения F_{Tx} в рассматриваемом случае определимы [2] соотношениями:

$$F_{Tx} = f_{x\lambda\chi} \cdot e^\lambda \cdot e^\chi; \quad e^\lambda = e^\chi = 1; \\ f_{\lambda\chi} = l_{\lambda\chi} \cdot i^\lambda \cdot B_{\lambda\chi} \quad \forall \lambda \in [1, N], \chi \in [1, 2], \quad (3)$$

где $f_{\lambda\chi}$ – сила взаимодействия полей токов цепей χ -го прямолинейного элемента λ -го контура индуктора двигателя и его якоря; $l_{\lambda\chi}, i^\lambda, B_{\lambda\chi}$ – длина такого элемента, ток в нём, а также индукция (условно однородного – в пределах элемента) магнитного поля, в котором элемент находится.

Значения величины F_{ADx} оценочно описываются [3] соотношениями:

$$F_{ADx} = -C_x \cdot q \cdot S; \quad q = 0,5 \cdot \rho \cdot \dot{x}^{(2)}, \quad (4)$$

где C_x – безразмерный аэродинамический коэффициент в направлении Cx ; S – характерная площадь сечения поезда в том же направлении; ρ – плотность окружающего его воздуха.

Значения F_{EDx} аппроксимируемы [4] полиномом вида:

$$F_{EDx} = k_\rho \cdot \dot{x}^\rho \cdot e^\rho; \quad e^\rho = 1 \quad \forall \rho \in \overline{[1, n_r]}, \quad (5)$$

в котором $k_\rho \quad \forall \rho \in \overline{[1, n_r]}$ – коэффициенты регрессионного полинома экспериментальных зависимостей $F_{EDx}(t)$ с избранной степенью такого полинома n_r .

Наконец, изменение значений F_{Wx} описывается выражением:

$$F_{Wx} = m \cdot g \cdot \sin \varphi_\kappa, \quad (6)$$

где g – гравитационная постоянная; φ_κ – угол уклона профиля κ -го участка пути, по которому движется поезд.

Модель (2) описывает продольное движение МП МЛП под действием учитываемых возмущений, а также управления ЛСД. Эта модель была принята в качестве алгоритмической основы построения релевантной компьютерной модели того же процесса движения. Элементы компьютерной модели программно фиксированы на входном языке системы компьютерной математики Mathematica и подразделяется на расчётную и графическую части. Первая из частей, – функционально решает прямую задачу динамики подсистемы, а вторая из частей – преобразует результаты расчётов в графическую форму. Исследование осуществлено путём проведения экспериментов с компьютерной моделью. Их результатом, в каждом из рассмотренных режимов движения, явились графики функциональных зависимостей от времени различных порождающих и характеризующих это движение величин. Было исследовано движение в следующих нестационарных режимах: набор скорости; проход тоннеля; служебное и экстренное торможение.

Частота напряжения, питающего якорь ЛСД, автоматически поддерживается [1] пропорциональной скорости движения МЛП. Помимо частотного, управление может иметь дополнительный компонент, повышающий плавность электромагнитных процессов в ЛСД и механических – в МП. Таким компонентом может быть амплитудное, либо фазовое управление. В первом случае, в процессе разгона МЛП, плавность подачи энергии на ЛСД обеспечивается повышением амплитуды напряжения, питающего его якорь, например, по закону

$$U_a(t) = U_a^* \cdot th(t \cdot k_{vd}), \quad (7)$$

где U_a^* – предельное значение амплитуды; k_{vd} – коэффициент интенсивности её нарастания.

В фазовом варианте, начальная фаза напряжения изменяется, например, по закону

$$\theta_u(t) = \alpha_u \cdot [th(t \cdot k_{fd}) - 1], \quad (8)$$

где α_u – его текущая фаза; k_{fd} – коэффициент интенсивности изменения начальной фазы.

Анализ результатов моделирования разгона поезда свидетельствует о неприемлемости, как только частотного варианта управления – из-за высокого значения ускорения поезда, так и фазочастотного – вследствие возникающей высокочастотной осцилляции скорости МЛП. Кроме того, в последнем случае недопустимо высоки якорные токи ЛСД. Наиболее приемлем амплитудно-частотный вариант управления якорным напряжением.

Вход поезда в тоннель и выход из него приводят к перепадам аэродинамического сопротивления примерно на 30 % [5], что может приводить к резким колебаниям ускорения и скорости движения. Это недопустимо и делает целесообразной автоматизацию управления им.

При входе и выходе из тоннеля дополнительное сопротивление изменяется почти по линейному закону. Поэтому при моделировании такого режима движения считалось, что аэродинамическое сопротивление описывается соотношениями

$$F_{ADx}^* = F_{ADx} \cdot [1 + (1/0,7 - 1) \cdot \kappa];$$

$$\kappa = \begin{cases} 0 & \forall x < \xi_{ts} - 0,5 \cdot l_v \vee x > \xi_{tf} + 0,5 \cdot l_v; \\ (x + 0,5 \cdot l_v - \xi_{ts}) \cdot l_v^{(-1)} & \forall \xi_{ts} - 0,5 \cdot l_v \leq x \leq \xi_{ts} + 0,5 \cdot l_v; \\ 1 & \forall \xi_{ts} + 0,5 \cdot l_v < x < \xi_{tf} - 0,5 \cdot l_v; \\ (\xi_{tf} - x + 0,5 \cdot l_v) \cdot l_v^{(-1)} & \forall \xi_{tf} - 0,5 \cdot l_v \leq x \leq \xi_{tf} + 0,5 \cdot l_v, \end{cases} \quad (9)$$

где l_v – длина поезда; ξ_{ts}, ξ_{tf} – расстояния от точки начала отсчёта пути до начала и конца тоннеля. Цель управления при движении в тоннеле:

$$\ddot{x}(t) = \ddot{x}_{ts} = const, \quad (10)$$

где \ddot{x}_{ts} – ускорение поезда при входе в тоннель. Соблюдение этого условия достигается путём частотного, амплитудно-частотного, либо фазочастотного управления напряжением U_a . Требуемые для этого законы его изменения находились с использованием модели (2) (в которой F_{ADx} заменялось величиной F_{ADx}^* , вычисляемой согласно соотношениям (9), а \ddot{x} заменялось величиной \ddot{x}_{ts} , вычисляемой согласно (10)), а также модели динамики ЛСД [2].

Анализ результатов моделирования указанных трёх вариантов управления проходом поезда сквозь тоннель приводит к следующим выводам. В случае только частотного управления, перепад значения скорости МЛП составляет около 10 %, что, безусловно, недопустимо. Иные два способа автоматического регулирования напряжения примерно эквивалентны, так как в обоих этих случаях отсутствуют сколько-нибудь существенные колебания скорости и ускорения МЛП при проходе тоннеля. В тоже время, фазочастотный способ регулирования проще (поскольку отпадает необходимость регулирования высоковольтных напряжений). Однако, при амплитудно-частотном регулировании пиковые значения фазовых токов примерно в полтора раза ниже, что снижает токовую нагрузку на электрооборудование двигателя.

В процессе движения МЛП происходит взаимное перемещение якорной и индукторных обмоток ЛСД. В этих обмотках индуцируются электродвижущие силы взаимной индукции, ведущие к возникновению механических сил, противодействующих взаимному смещению обмоток. Напряжение, питающее якорную обмотку двигателя, обычно компенсирует указанные электродвижущие силы и ЛСД работает в тяговом режиме. Но если текущее значение якорного напряжения $u_v, \forall v \in [A, B, C]$ снижается, двигатель автоматически переходит в тормозной режим. Как и разгон МЛП, его электродинамическое торможение должно быть плавным. Поэтому двумя наиболее приемлемыми способами служебного торможения поезда являются амплитудно-частотное и фазочастотное регулирование якорного напряжения ЛСД. Для реализации указанных режимов плавного регулирования, амплитуда и начальная фаза напряжения якоря могут изменяться, например, согласно законам

$$U_a(t) = U_a^* \cdot [1 - th(t \cdot k_{vi})]; \quad (11)$$

$$\theta_u(t) = -\alpha_u \cdot th(t \cdot k_{fm}), \quad (12)$$

где k_{vi}, k_{fm} – коэффициенты интенсивности изменения амплитуды и начальной фазы якорного напряжения. Эти законы могут использоваться для служебного торможения поезда. Для экстренного же его торможения применимо мгновенное снятие питающего напряжения с якоря двигателя, но с сохранением замкнутости его контуров, что осуществимо путём двубортного трёхфазного короткого замыкания.

Анализ результатов моделирования указанных тормозных режимов движения МЛП позволяет сделать следующие выводы. Рассмотренные режима служебного торможения (при амплитудно-частотном и фазочастотном регулировании якорного напряжения двигателя) по реализуемым тормозным характеристикам примерно равноценны. Оба они обеспечивают достаточную плавность изменения ускорения и скорости поезда. Пиковые значения ускорения при этом не превышают $0,15 \cdot g$, что вполне приемлемо. Реализация экстренного торможения приводит к значительным пиковым ускорениям – около $0,22 \cdot g$, устранить которые не представляется возможным. Однако такое кратковременное повышение ускорения в экстремальных ситуациях является оправданным.

Выводы. Путём компьютерного моделирования, изучена динамика магнитолевитирующего поезда, подверженного естественным возмущениям и управляемого линейным синхронным двигателем, в режимах разгона, прохода тоннеля, а также служебного и экстренного торможения. Анализ полученных результатов позволил оценить динамические качества поезда в рассмотренных нестационарных режимах движения, а также его нагруженность в их процессе. Этим решена задача настоящей части исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией / В. А. Дзензерский, В. И. Омеляненко, С. В. Васильев, В. И. Матин, С. А. Сергеев – К.: Наук. думка, 2001. – 479 с.
2. Поляков В. А. Модель процесса реализации тяговой силы двигателя магнитолевитирующего поезда / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Наука та прогрес транспорту. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – № 4(64) – Дніпропетровськ, 2016. – С. 55 - 62.
3. Лебедев А. А. Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов / А. А. Лебедев, Л. С. Чернобровкин – М.: Машиностроение, 1973 – 616 с.
4. Дзензерский В. А. Устойчивость вертикальных колебаний в системе электродинамического подвеса с дискретной путевой структурой / В. А. Дзензерский, А. А. Зевин, Л. А. Филоненко // Прикл. механика – 1995 – Т. XXXI, №7. – С. 88 – 93.
5. Фудзиэ Дз. Наземный транспорт на подвесе на сверхпроводящих магнитах. II. Система подвеса на сверхпроводящих магнитах// Дэнгакуси (Япония). – 1991. – Т. 3. – С. 457 – 459.

ПРО РОЗРАХУНОК МІЦНОГО КОРПУСУ ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ В ФОРМІ ТОРУ ВИГОТОВЛЕНОГО ІЗ ПКМ МЕТОДОМ НАМОТУВАННЯ

Пристаи С.Ф.

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Тороїдальні оболонки знайшли своє місце при створенні інноваційних проектів підводно-технічних засобів, як міцні корпуси [1-3]. Основним методом виготовлення міцних корпусів підводно-технічних засобів в формі тору із полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) є метод намотування волокном. За допомогою цього методу із ПКМ можна виготовити міцний корпус практично будь-якого розміру та з максимально реалізованими фізико-механічними характеристиками волокнистих ПКМ.

Актуальність досліджень. Для широкого використання ПКМ, таких як склопластик та вуглепластик, в якості конструктивних матеріалів для міцних корпусів підводно-технічних засобів потрібні відповідні методики по проектуванню та оцінюванню міцності несучих оболонок міцних корпусів із ПКМ (сферичних, циліндричних, конічних, тороїдальних і т.д.) на різних етапах проектування. Розробка таких методик в наш час стає актуальною задачею підводного суднобудування.

Результати досліджень. На сьогодні для несучої оболонки міцного корпусу в формі тору уже розроблені алгоритм та методика розрахунку тороїдального міцного корпусу, виготовленого методом намотки із армованих ПКМ, з позиції втрати загальної стійкості при дії зовнішнього рівномірного тиску [4].

Автором були розроблені алгоритм та методика розрахунку напружено-деформованого стану тороїдального міцного корпусу, який виготовляється методом намотування волокном із армованих ПКМ. Розроблена програма реалізації методики, що дає можливість проводити параметричні дослідження тороїдального міцного корпусу на ранній (предескізній) стадії його проектування з ціллю створення раціональних в ваговому співвідношенні корпусів в залежності від глибини експлуатації [5].

Загальна процедура проектувального розрахунку багатошарового ПКМ для намотаного тороїдального корпусу, навантаженого зовнішнім рівномірним тиском, складається із 3-х основних етапів:

Визначення структури багатошарового ПКМ – кількість моношарів з різними кутами викладки (намотки), їх товщина та позиція в багатошаровому матеріалі.

Оцінка стійкості багатошарового ПКМ по верхньому критичному тиску.

$$\text{Умова стійкості: } q_{sw} \leq \frac{q}{f_s},$$

де q_{sw} – робочий тиск; q – верхній критичний тиск втрати загальної стійкості; f_s – коефіцієнт запасу (безпеки).

Визначення параметрів та оцінка корпусу із армованих ПКМ по міцності, обмеження по міцності приймаються в вигляді обраного критерія міцності для анізотропних матеріалів. В даному випадку Міцність пакету оцінювалась за енергетичним критерієм Мізеса-Хілла [6].

Через велику кількість проектних параметрів при проектуванні конструкцій із армованих ПКМ важко вказати раціональний шлях вирішення задачі.

За даною процедурою для конкретних тороїдальних корпусів, виготовлених поперечною намоткою в комбінації з повздовжньою намоткою (або викладкою) із армованих ПКМ, проведено порівняння ефективності використання різних армуючих

волокнистих наповнювачів, оскільки для ПКМ конструктивна міцність і жорсткість визначається в основному міцністю та модулем пружності армуючих волокон.

Висновки. Розроблені алгоритм та методика розрахунку напружено-деформованого стану тороїдального міцного корпусу, який виготовляється методом намотування волокном із армованих ПКМ, а також розроблена програма реалізації методики.

Проведено порівняння ефективності використання різних армуючих волокнистих наповнювачів для міцних корпусів підводно-технічних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пат. UA 78215 U, МПК B63G 8/00. Підводне судно типу «Пірнаюче блюдце» підвищеної маневреності / Бурдун Є.Т., Крептюк А.В.: заявл. 18.09.2012; опубл. 11.03.2013, Бюл. №5.
2. Пат. 04043190А Японії, МКИ B63G 8/00. Large-sized submersible vessel / Bada Eiichi (Mitsubishi Heavy Ind LTD) - №02150689. – Опубл. 13.02.1992.
3. Пат. 2026951 Великобританії, МКИ B63B 3/13. Underwater hulls or tanks / Santi; Giunio G. (Italy, IT) - №7915212 – Опубл. 13.02.1980.
4. Крептюк, А. В. Проектирование и метод расчета устойчивости композитных тороидальных прочных корпусов подводных технических средств, полученных продольно-поперечной намоткой / А.В. Крептюк// Проблемы техники: Научно-виробничий журнал. – 2011. – №2. – С. 113 – 127.
5. Присташ С.Ф., Бурдун Є.Т. Метод розрахунку міцного корпусу підводного апарату в формі тору, виконаного намотуванням/С.Ф. Присташ, Є.Т. Бурдун//: Вісник одеського національного морського університету: Збірник наукових праць. – 2017. – №4 (57). – С 152 – 163.
6. Карпов Я.С. Проектирование деталей и агрегатов из композитов: учебник/ Я.С. Карпов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 768 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ПО РІЗНИМ КОМБІНАЦІЯМ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ВСІХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ТА ЗАХІДНОЇ ЄВРОПИ

*Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Дудник О.С., Дудник А.А.
Національний транспортний університет
(Україна)*

Вступ. В Україні розвинені всі види транспорту. Об'єднана транспортними центрами і вузлами дорожня мережа разом з рухомим складом, портами, складськими та іншими господарствами утворюють транспортний комплекс держави. На 100 тис. км² території припадає 372 км залізничних колій, 78 км внутрішньоводних і 2800 км автомобільних шляхів з твердим покриттям. Найбільше перевозять вантажів і пасажирів залізничний та автомобільний види транспорту [1].

Актуальність досліджень. Стратегічним завданням науково-технічної політики в області транспортної системи держави є вихід на світовий рівень за технічними параметрами та якістю послуг, що реалізуються транспортом. Оптимізація міжнародних перевезень вантажів по різних комбінаціях спільної роботи всіх видів транспорту України та Західної Європи є головним напрямом підвищення конкурентоспроможності на міжнародному ринку.

Постановка задачі. У зв'язку з цим першочерговим і пріоритетним завданням для транспортної галузі є розширення наукових досліджень з проблем створення прогресивних технологій організації міжнародних вантажних перевезень, розробка принципово нових систем управління з використанням прогресивних інформаційних технологій.

Результати досліджень. Розроблено модель комплексних перевезень у транспортній системі, яка дає можливість системно підійти до задачі оптимізації міжнародних транспортних перевезень неоднорідних вантажів за комбінованою схемою використання різних видів транспорту (автомобільного, водного і залізничного) з урахуванням усього спектра обмежень, що існують у системах подібного роду [1, 2].

База даних автомобільного транспорту включає 2 файли: масив населених пунктів України та Західної Європи (ЗЄ), що лежать на автомагістралях України та Західної Європи міжнародного, європейського, державного й міського значення - 602 транспортних вузлів (т/в) і масив ділянок автомагістралей України міжнародного, європейського, державного й міського значення, котрий використовує масив у 657 ділянок.

Структура бази даних залізничного транспорту включає 2 файли: масив залізничних станцій України та ЗЄ, неодмінною умовою яких є їхня наявність у масиві 389 залізничних станцій (з/с) і масив ділянок залізничних магістралей України та ЗЄ, котрий використовує масив у 433 ділянки).

Структура бази даних водного транспорту включає 2 файли: масив річкових і морських портів України та ЗЄ, неодмінною умовою яких також є їхня наявність у масиві 91 водні порти (в/п) і масив ділянок водних магістралей України та ЗЄ, котрий використовує масив у 95 ділянок.

Також у базі даних транспортної системи України та ЗЄ присутні ще два допоміжних файли, а саме: масив тарифів на перевезення вантажів по Україні та ЗЄ по усіх видах транспорту (автомобільного, залізничного, водного), що включає вартість перевезення 1 т вантажу на 1 км, а також час перевезення вантажу за 1 км кожним видом транспорту і масив пропускних здатностей по видах транспорту у тонах за 1 годину.

Розроблена модель інтегрованої транспортної системи України та Західної Європи включає 602 міста – транспортних вузла (т/в), що з'єднані між собою відповідними

транспортними комунікаціями. Необхідною умовою приналежності т/в до цієї множини є наявність автомобільних доріг, що з'єднують цей т/в у загальну транспортну систему. Причому в т/в можуть бути розташовані або залізничні станції (з/с), водні порти (в/п) або їхні різні комбінації, які можна класифікувати наступним чином:

217 т/в у якому не розташовані з/с і в/п – (множина M1);

269 т/в, у яких розташована тільки з/с – (множина M2);

25 т/в, у яких розташований тільки в/п – (множина M3);

27 т/в, у яких розташовані з/с і в/п – (множина M4);

причому маємо наступне співвідношення

$$M \in M_i, \quad i = \overline{1,4}, \quad (1)$$

де M – множина всіх т/в.

Виходячи з того, що перевезення між т/в можуть здійснюватися або з використанням одного виду транспорту, або декількох, маємо наступні варіанти перевезення вантажу:

1) перевезення автомобільним транспортом здійснюються від т/в постачальника будь-якого типу до т/в споживача також будь-якого типу;

2) перевезення залізничним транспортом припускають наявність у т/в постачальника й споживача вантажу з/с;

3) перевезення водним транспортом припускають наявність у т/в постачальника й споживача вантажу в/п;

4) перевезення спочатку автомобільним, а потім водним видами транспорту припускають переміщення вантажу спочатку від т/в постачальника будь-якого типу автомобільним транспортом до найближчого до нього в/п і потім водним транспортом до т/в споживача вантажів;

5) перевезення спочатку водним, а потім автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу спочатку від т/в постачальника, що має в/п водним транспортом до найближчого до т/в споживача вантажу в/п і потім автомобільним транспортом до т/в споживача вантажу будь-якого типу;

6) перевезення спочатку автомобільним, після водним, а потім знову автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу автомобільним транспортом спочатку від т/в постачальника будь-якого типу до найближчого до нього в/п, після водним транспортом до найближчого до т/в споживача вантажу в/п і потім автомобільним транспортом до т/в споживача вантажу будь-якого типу;

7) перевезення спочатку автомобільним, а потім залізничним видами транспорту припускають переміщення вантажу спочатку від т/в постачальника будь-якого типу автомобільним транспортом до найближчої до нього з/с і потім залізничним транспортом до т/в споживача вантажів, що має з/с;

8) перевезення спочатку залізничним, а потім автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу спочатку від т/в постачальника, що має з/с залізничним транспортом до найближчої до т/в споживача вантажу з/с і потім автомобільним транспортом до т/в споживача вантажу будь-якого типу;

9) перевезення спочатку автомобільним, після залізничним, а потім знову автомобільним видами транспорту припускають переміщення вантажу автомобільним транспортом спочатку від т/в постачальника будь-якого типу до найближчої до нього з/с, після залізничним транспортом до найближчої до т/в споживача вантажу з/с і потім автомобільним транспортом до т/в споживача вантажу будь-якого типу.

Слід зазначити той факт, що ці перевезення можуть здійснюватися обов'язково найкоротшими шляхами через декілька проміжних (транзитних) т/в. Показниками якості перевезень при цьому є час або вартість їхнього виконання.

Програмне забезпечення оптимізації міжнародних вантажних перевезень на транспортній системі України та ЗЄ, який реалізований на основі моделі управління

мультимодальними вантажними перевезеннями у міжнародному сполученні на транспортній системі України (ТСУ) та ЗЄ, крім перерахованих вище 9 технологій комбінованого перевезення вантажів різними видами транспорту, ураховує пропускні здатності транспортних вузлів і комунікацій ТСУ і ЗЄ, а також може вирішувати ТЗ за умови незбалансованості обсягів перевезення неоднорідних вантажів [2].

Програмне забезпечення функціонує у двох режимах оптимізації міжнародних перевезень вантажів – за критерієм вартості й за критерієм часу. Природно в обох випадках результатом оптимізації є мінімальне значення відповідної величини.

Розроблена модель комплексних перевезень у транспортній системі дає можливість системно підійти до задачі оптимізації міжнародних транспортних перевезень неоднорідних вантажів за комбінованою схемою використання різних видів транспорту (автомобільного, водного і залізничного) з урахуванням усього спектра обмежень, що існують у системах подібного роду. Модель у цілому представляє транспортну систему України та Західної Європи, яка за допомогою процедури перетворює відповідні бази даних у матриці транспортних кореспонденцій. Матричне представлення перевізного процесу, у свою чергу, дозволяє описати його у виді відповідної математичної моделі і застосувати при її аналізі методи і засоби сучасних інформаційних технологій [3].

Висновки. Розроблено програмне забезпечення оптимізації міжнародних вантажних перевезень на транспортній системі України та ЗЄ, яке дозволяє підвищити ефективність міжнародних вантажних перевезень. Процедура знаходження оптимальних планів міжнародних перевезень вантажів на транспортній системі дозволяє з усіх існуючих варіантів перевезення вантажів вибрати найбільш дешеві по двох режимах оптимізації перевезення вантажів – або за критерієм вартості, або за критерієм часу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Прокудін Г.С. Особливості моделювання вантажних перевезень на транспортній мережі / Прокудін Г.С., Чупайленко О.А. // Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал. Випуск 18. Частина 1: Серія «Технічні науки» – К.: НТУ, 2016. – С. 101 – 115.
2. Модель організації перевезень вантажів при різних комбінаціях спільної роботи всіх видів транспорту / Г.С. Прокудін, О.А. Чупайленко // Інноваційні, фінансові та технічні аспекти діяльності підприємств: колективна монографія за загал. ред. Л.М. Савчук, Maria Fic – Дніпро: Пороги, 2017. – С. 375–382.
3. Prokudin G. Improvement of the methods for determining optimal characteristics of transportation networks / G. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, D. Omarov // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. N. 6/3 (84). P. 54-61. DOI:10.15587/1729-4061.016.85211).

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ

Симаненков А.Л., Рожков С.А.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Большинство главных двигателей судов морского флота составляют двухтактные дизели простого действия, которые способны работать в тяжелых условиях при использовании тяжелых топлив с вязкостью до 350 мм²/с. Суда меньшей грузоподъемности и скоростные суда оборудуются среднеоборотными и высокооборотными дизелями [6, 11].

Важным показателем является коэффициент полезного действия (КПД) двигателя, показывающий, какое количество энергии топлива преобразуется в механическую работу. Однако достигаемый при этом КПД составляет не более 52% [1, 2–4, 10]. Основной характеристикой конструктивных особенностей и режима работы дизеля является эффективный коэффициент полезного действия η_e , который для различных тепловых машин достаточно сильно отличается [5]

$$\eta_e = \frac{N_e}{BQ_H^P}, \quad (1)$$

где: N_e – эффективная мощность на валу, B – количество топлива в единицу времени.

Моделирование судового дизеля, как тепловой машины, основано на частных моделях цикла Дизеля, при этом такой подход позволяет создавать расчетные алгоритмы, как для отдельных процессов, так и для интегрированной модели судна с учетом свойств судна и энергетической установки. Вторым аспектом, влияющим на эффективность работы судового дизеля, является учет его динамических свойств. Добиться большей точности описания поведения судового дизеля возможно учитывая процессы протекающие в нем [7, 8]. Существенным моментом современных методов математического моделирования является их ориентированность на микропроцессорные системы управления, что связано с необходимостью идентификации математических моделей, как самого дизеля, так и вспомогательных систем. Например, в программном комплексе ДИЗЕЛЬ-РК [9] используется широкий набор расчетных методов для моделирования происходящих в двигателе сложных физических процессов.

Целью работы является моделирование динамики судового двухтактного дизеля с учетом влияния характеристик топлива.

Основная часть. *Интегральная математическая модель судового дизеля.* Основой создания оптимальной системы управления является математическая модель объекта управления. Однако достаточно часто используемая модель динамики дизеля, как линейного звена первого или второго порядка, позволяет только оценить зависимость скорости вращения вала двигателя от подачи топлива, где описывается установившийся режим в окрестности рабочей точки. Данные такой модели недостаточны и для диагностики состояния дизеля, и для управления в переходных режимах.

При построении математической модели судового дизеля можно использовать данные, полученные для конкретного дизеля, а в процессе эксплуатации уточнять параметры модели, используя методы параметрической идентификации динамических систем. Рассмотрим модель одноцилиндрового двухтактного низкооборотного дизеля 6L35MC [8, 11]. Ветвь индикаторной кривой (рис. 3) для фазы сжатия позволяет построить модель процесса изменения давления в цилиндре в зависимости от угла поворота вала.

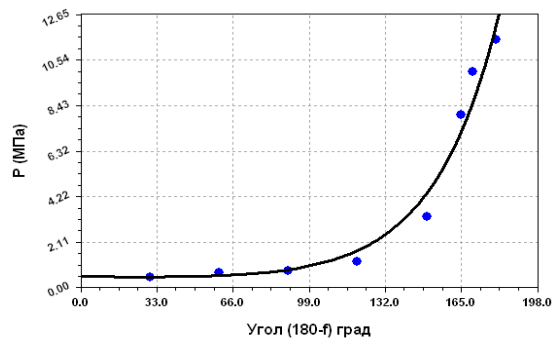


Рисунок 3 – Ветвь фазы сжатия индикаторной диаграммы

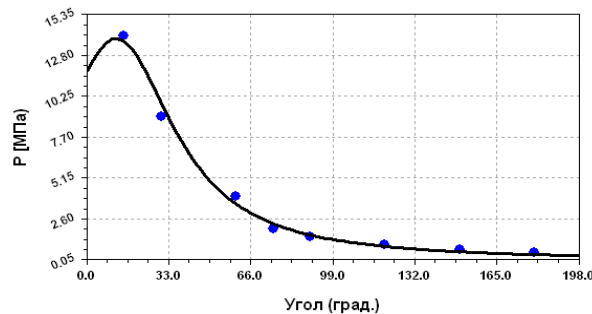


Рисунок 4 – Ветвь рабочей фазы индикаторной диаграммы

Аппроксимация данных при построении аналитической зависимости фазы сжатия представлена в виде (2):

$$P(\varphi) = 0,5 + 0,002\varphi + 11,4e^{0,04(\varphi-178,5)} \quad (2)$$

По данным [8, 11] построена модель процесса для рабочей фазы, где аналитическое выражение зависимости давления в цилиндре от угла поворота после аппроксимации имеет вид (3):

$$P(\varphi) = \frac{1}{0,09 - 0,002\varphi + 9 \cdot 10^{-5} \varphi^2} \quad (3)$$

Учет зависимостей (2) и (3) позволяет построить математическую модель процессов в цилиндре двухтактного дизеля. Совмещая модель одноцилиндрового дизеля с учетом фаз газораспределения и масс подвижных частей дизеля, разработанная модель позволяет перейти к моделированию многоцилиндрового судового дизеля. Приведенная модель сложнее, чем простое описание динамики дизеля линейным звеном второго порядка, однако эта модель позволяет более реально оценивать процессы в дизеле и, тем самым, она более пригодна для оптимизации его режимов.

На рис. 5 показана упрощенная иллюстративная модель одноцилиндрового двухтактного дизеля, выполненная в среде Matlab-Simulink [11]. В модели (рис. 5) учтены особенности исходного алгоритма управления, что позволяет оценить как режим работы с изменением нагрузки, так и режим пуска, и влияние управления количеством топлива на работу дизеля. Моделирование смен фаз газораспределения в данной модели жестко связано с движением коленвала, что упрощает модель. Формирование законов изменения давления в цилиндрах выполняется фиксированными функциями (2) и (3). Динамика подвижных масс учтена линейной динамической моделью второго порядка. Процесс горения описан линейной динамической моделью первого порядка, а для оценки скорости движения вала дизеля использована модель тахометра с осреднением на модели второго порядка. В приведенной модели предусмотрено моделирование свойств топлива, его состояния и теплотворной способности. Для описания процесса подачи и подготовки топлива необходимо построение отдельной математической модели.

На рис. 6 приведені графіки переходних процесів в режимі пуску дизеля. Результати моделювання дозволяють описати один із самих складних моментів – пуск дизеля. Процеси в режимі пуску для одноциліндрового дизеля складніше, ніж для багатоциліндрового, але модель дозволяє легко наращувати кількість циліндрів.

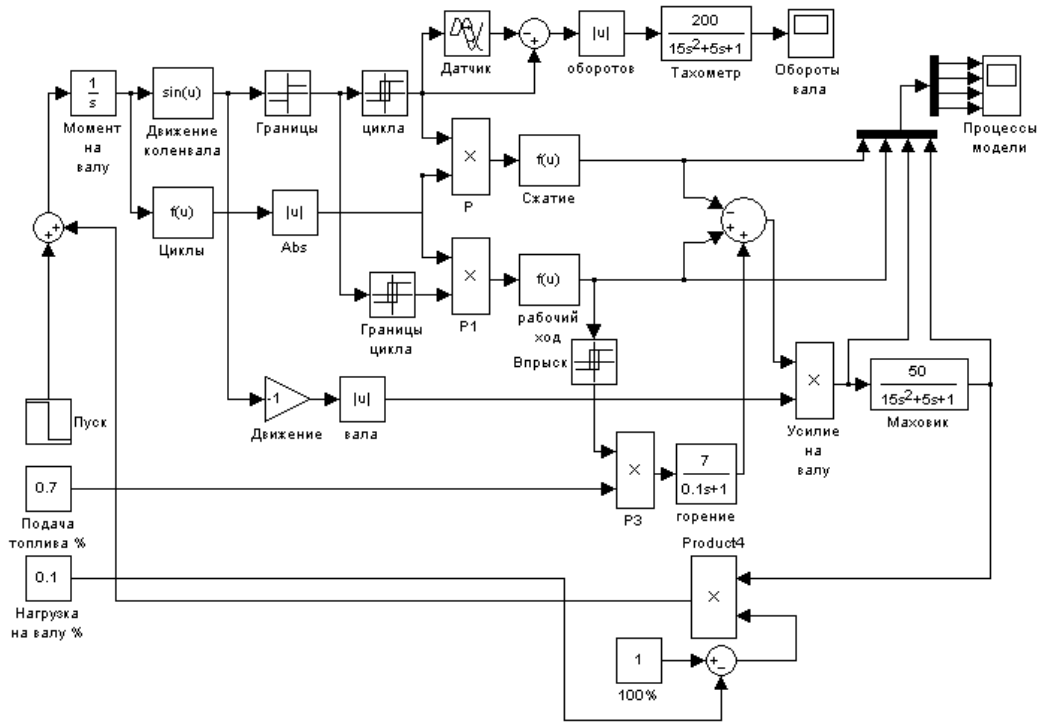


Рисунок 5 – Схема моделирования динамики одноцилиндрового двухтактного дизеля

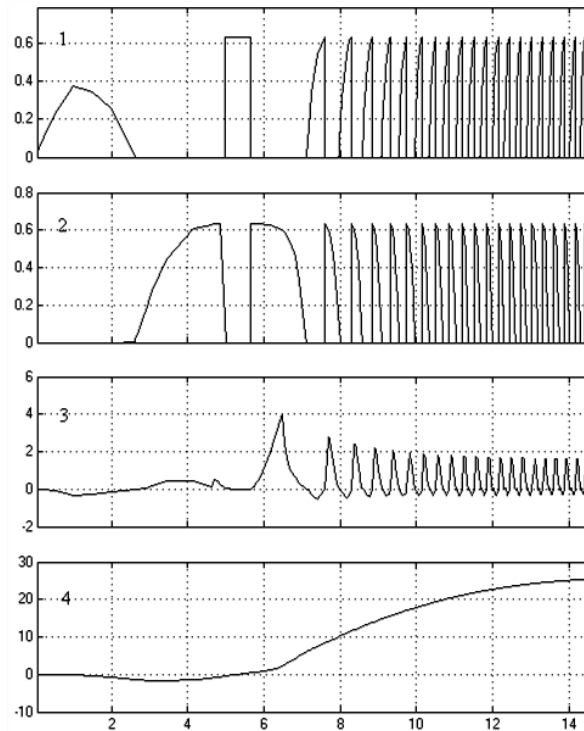


Рисунок 6 – Переходные процессы в дизеле в режиме пуска: 1 – давление в цилиндре(рабочая фаза); 2 – давление в цилиндре (фаза сжатия); 3 – усилие на коленвале; 4 – момент на валу

Выводы. Судовой дизель, как тепловая машина, описывается соответствующими термодинамическими процессами и моделями. Для полного анализа процессов, происходящих в судовом дизеле, описание одного из процессов с использованием линейных динамических звеньев, недостаточно.

Математическая модель судового дизеля индивидуальна и требует учета индикаторных характеристик конкретного дизеля.

Разработанная математическая модель позволяет моделировать динамические процессы в пределах одного оборота вала, учитывая не только особенности конкретного дизеля (ДВС), но и влияние характеристик топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бахшиева Л. Т., Кондауров Б. П., Захарова А. А., Салтыкова В. С. Техническая термодинамика и теплотехника / Под ред. проф А. А. / Захаровой. – 2-е изд., испр. – М.: Академия, 2008. – 272 с.
2. Шароглазов Б.А. Двигатели внутреннего сгорания: теория, моделирование и расчёт процессов / Б. А. Шароглазов, М. Ф. Фарафонов, В. В. Клементьев. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ 2005. – 403 с.
3. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания. Учебник – М.: Транслит, 3007 – 528 с.
4. Орлин А.С. Двигатели внутреннего сгорания. Устройство и работа поршневых и комбинированных двигателей, 4-е изд., перераб и доп. / А.С. Орлин, М.Г. Круглова –М.: Машиностроение, 1990. – 280 с.
5. Стенин В. А. Расчет судового дизеля. – Архангельск: САФУ им. М.В. Ломоносова, 2014. – 250 с.
6. Худяков И.В. Повышение эффективности эксплуатации судовых дизельных энергетических установок /Худяков И.В., Амелин М.Ю., Рудакова А.В. orcid.org/0000-0002-8900-7879, 2) orcid.org/0000-0002-8053-4218
7. Кулешов А.С. Развитие методов расчета и оптимизация рабочих процессов ДВС. 2011. - Москва, МГТУ им. Баумана. - 235 С.
8. Пичурин Н.Б. Изменение рабочих процессов дизелей для ограничения эмиссии NOX /Н.Б. Пичурин// ОНМА Судовые энергетические установки 2007 – № 19 С. 38-47.
9. Программный комплекс ДИЗЕЛЬ-РК <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/Rus/index.php>
10. Сегаль В.Ф. Динамические расчеты двигателей внутреннего сгорания. – Л.:Машиностроение, Ленингр. отд-ние., 1974. – 247 с.
11. Дьяконов В., Круглов В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.
12. Dr. Laurie Goldsworthy. Design of Ship Engines for Reduced Emissions of Oxides of Nitrogen. – Australian Maritime College, 2002.

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ БУКСИРУВАНОГО РАДІОБУЯ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА

Сірівчук А.С.

Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова
(Україна)

Буксирований радіобуй (РБ) є джерелом зовнішніх збурень при руху автономного підводного апарата з радіобуєм (АПА РБ). Оскільки кабель-буксир та зв'язаний з ним радіобуй складають значне навантаження, що впливає на корпус апарата нехтувати ними не можна. Таким чином розробка математичної моделі руху радіобуя є актуальною задачею при створенні моделюючого комплексу даного типу апарата.

Радіобуй в математичній моделі розглядається як тверде тіло, що має шість ступенів рухливості та не повністю занурене в воду. Виходячи з цього, сили, що діють на радіобуй, можна розділити на декілька категорій:

- сили ваги та плавучості;
- сили гідродинамічного опору;
- сили кабель-буксиру(КБ);
- сили конструктивних елементів (кіля та крил).

Сила ваги F_g завжди прикладена до центру мас РБ та направлена вертикально вниз. Її величина розраховується за формулою:

$$F_g = m_{РБ} g,$$

де $m_{РБ}$ – маса радіобуя; g – величина прискорення вільного падіння.

Сила плавучості F_p завжди направлена вертикально вгору та прикладена до центру мас витисненої тілом води. У випадку з буксированим по поверхні радіобуєм дана сила є змінною величиною за рахунок зміни глибини занурення РБ, так як і точка прикладення сили. Сила плавучості розраховується за формулою:

$$F_p = \rho g V_{ПЧ},$$

де ρ – густина води; $V_{ПЧ}$ – об'єм підводної частини РБ.

Сили та моменти, що діють на РБ внаслідок дії сил ваги та плавучості, будуть складати[1]:

$$\begin{aligned} F_{Пх} &= (F_p - F_g) \sin(\psi); \\ F_{Пy} &= (F_p - F_g) \cos(\psi) \cos(\Theta); \\ F_{Пz} &= -(F_p - F_g) \cos(\psi) \sin(\Theta); \\ M_{Пх} &= -F_p z_b \cos(\psi) \cos(\Theta) - F_g y_b \cos(\psi) \sin(\Theta); \\ M_{Пy} &= F_p x_b \cos(\psi) \sin(\Theta) + F_g z_b \sin(\psi); \\ M_{Пz} &= F_p x_b \cos(\psi) \cos(\Theta) - F_g y_b \sin(\psi), \end{aligned}$$

де x_b , y_b , z_b – координати точки прикладення сили плавучості відносно центру мас РБ, і являють собою $f(V_{ПЧ}, \theta, \psi)$; θ – кут диференту РБ; ψ – кут крену РБ.

Сили та моменти гідродинамічного опору діють на підводну частину та конструктивні елементи (ПЧ) РБ і розраховуються за формулами:

$$\begin{aligned} F_{ГДx} &= -0,5k_{F_x} \rho S_{ПЧx} v_{РБx} \cdot |v_{РБx}|; \\ F_{ГДy} &= -0,5k_{F_y} \rho S_{ПЧy} v_{РБy} \cdot |v_{РБy}|; \\ F_{ГДz} &= -0,5k_{F_z} \rho S_{ПЧz} v_{РБz} \cdot |v_{РБz}|; \end{aligned}$$

$$M_{\Gamma Dx} = -0,5k_{Mx}\rho S_{\Pi Чx}L_{\Pi Чx}\omega_{PBx} \left| \omega_{PBx} \right|;$$

$$M_{\Gamma Dy} = -0,5k_{My}\rho S_{\Pi Чy}L_{\Pi Чy}\omega_{PBy} \left| \omega_{PBy} \right|;$$

$$M_{\Gamma Dz} = -0,5k_{Mz}\rho S_{\Pi Чz}L_{\Pi Чz}\omega_{PBz} \left| \omega_{PBz} \right|,$$

де $k_{Fx,y,z}$ та $k_{Mx,y,z}$ – відповідно коефіцієнти проекцій сил і моментів гідродинамічного походження; $S_{\Pi Чx,y,z}$ – характерна площа підводної частини РБ; $L_{\Pi Чx,y,z}$ – характерна довжина підводної частини. Коефіцієнти $k_{Fx,y,z}$ та $k_{Mx,y,z}$ визначаються шляхом модельних випробувань в дослідницьких басейнах і мають нелінійний характер.

Основними відмінностями від розрахунку сил, які діють на корпус для кіля є лише те, що для нього S_x має значно менше значення відносно S_{yz} .

Крило зазвичай розглядається як елемент, який створює силу опору F_{Kx} та піднімальну або занурювальну силу F_{Ky} , а F_{Kz} приймаються рівним 0. Таким чином для крила, що направлено вздовж корпусу радіобуя F_{Kx} F_{Ky} будуть мати вигляд[2]:

$$F_{Kx} = -0,5k_{KFx}\rho S_K v_k \cdot \left| v_k \right|;$$

$$F_{Ky} = -0,5k_{KFy}\rho S_K v_k \cdot \left| v_k \right|;$$

$$F_{Kz} = 0;$$

де $k_{KFx,y,z}$ – коефіцієнти проекцій сил гідродинамічного опору та залежать від кута нахилу крила та його форми.

Вектор моменту \vec{M}_K які створює крило можна знайти за формулою:

$$\vec{M}_K = \vec{r} \times \vec{F}_K;$$

де \vec{r} – вектор відстані від рівнодіючої сили крила \vec{F}_K до центру май РБ.

Для розрахунків сил, які діють від КБ, пропонується використовувати еталонну модель руху відповідно критеріїв подібності [3].

Корпус РБ [4] 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 проекція вектора лінійної або кутової швидкості на відповідну вісь зв'язаної системи координат (СК).

$$m_{xr} \frac{dv_{PBx}}{dt} + m_{zr} \omega_{PBy} v_{PBz} - m_{yr} \omega_{PBz} v_{PBy} = \Sigma F_{PBx};$$

$$m_{yr} \frac{dv_{PBy}}{dt} + m_{xr} \omega_{PBz} v_{PBx} - m_{zr} \omega_{PBx} v_{PBz} = \Sigma F_{PBy};$$

$$m_{zr} \frac{dv_{PBz}}{dt} + m_{yr} \omega_{PBx} v_{PBy} - m_{xr} \omega_{PBy} v_{PBx} = \Sigma F_{PBz};$$

$$J_{xr} \frac{d\omega_{PBx}}{dt} = \Sigma M_{PBx};$$

$$J_{yr} \frac{d\omega_{PBy}}{dt} + \omega_{PBx} \omega_{PBz} (J_{xr} - J_{zr}) + v_{PBx} v_{PBz} (m_{xr} - m_{zr}) = \Sigma M_{PBy};$$

$$J_{zr} \frac{d\omega_{PBz}}{dt} + \omega_{PBx} \omega_{PBy} (J_{yr} - J_{xr}) + v_{PBx} v_{PBy} (m_{yr} - m_{xr}) = \Sigma M_{PBz};$$

де m_{xr} , m_{yr} , m_{zr} – маса РБ з приєднаними масами води по відповідних осях зв'язаної СК; J_{xr} , J_{yr} , J_{zr} – моменти інерції РБ з приєднаними моментами інерції відносно відповідних осей зв'язаної СК.

Висновок. Розроблена математична модель була створена в рамках розробки моделюючого комплексу автономного підводного апарата з радіобуєм, оскільки опір буксируваного радіобуя є відчутним при роботі апарата та нехтувати ним неможна. В даній моделі було виключено вітрові збурення, що діють на радіобуй в зв'язку з їх невеликою дією в процесі руху радіобуя без вітру та невеликої надводної частини.

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. Егоров, В. И. Подводные буксируемые системы [Текст]/ В. И. Егоров// – Л.: Судостроение, 1981 .– 304с.
3. Блінцов О. В. Формування еталонної моделі для методу оберненої динаміки в задачах керування підводними комплексами [Текст]/ О.В. Блінцов// Восточно-Европейский журнал передовых технологий .– 2016 №4(82) .– 42-50 сс.
4. Лукомский, Ю. А. Навигация и управление движением судов. Учебник [Текст] / Ю. А. Лукомский, В. Г. Пешехонов, Д. А. Скороходов // – СПб.: «Элмор», 2002. – 360 с.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ГАЗА

Скоб Ю.А., Васильченко Е.А.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
(Украина)*

Современные предприятия различных отраслей экономики все более интенсивно используют в производственных циклах взрывоопасные газообразные вещества, которые необходимо доставлять железнодорожным и морским транспортом и хранить в морских портах в специальных емкостях в сжатом газообразном или сжиженном состоянии [1]. В процессе эксплуатации оборудования неизбежно случаются отказы, которые приводят к частичному или полному разрушению емкостей, выбросу в атмосферу горючих химических веществ (ГХВ) с образованием взрывоопасных облаков [2] (рис. 1).



Рисунок 1 – Горение струи газовой смеси

Одним из наиболее опасных видов техногенной аварии является горение образовавшейся газоздушной смеси с образованием высокотемпературных продуктов сгорания [3], которые являются источником теплового излучения в окружающее пространство. Таким образом, высокая температура характеризует отклонение от нормального состояния воздуха и является опасным параметром [4]. Экспозиция обслуживающего персонала промышленного объекта тепловому потоку определенной плотности формирует поражающий фактор – дозу теплового излучения. Превышение пороговых значений дозы приводит к социальным последствиям – ожогам различной степени тяжести и летальному исходу. Поэтому определение риска предприятия для такого рода аварии является важной и актуальной инженерно-практической задачей.

Оценка последствий техногенной аварии включает в себя определение условной вероятности поражения персонала, который может быть подвергнут воздействию тепловой радиации, на основе математического моделирования рассеяния высокотемпературных продуктов сгорания примеси в атмосфере [5]. Полученные в результате моделирования пространственно-временные поля опасного параметра – температур, - позволяют определить величину основного поражающего фактора – плотность теплового потока от источника к приемнику, тепловую дозу и условную вероятность поражения P обслуживающего персонала.

Анализ и прогноз последствий воздействия техногенной аварии на персонал основаны на математическом моделировании движения многокомпонентного газа в приземном слое атмосферы [6]. Для решения системы фундаментальных уравнений газовой динамики для смеси, дополненной законами сохранения массы примесей в интегральной форме, используется явный конечно-разностный метод С. К. Годунова [7].

Математическая модель реализована в виде подсистемы исследовательских программных комплексов «Fire» [8] и «Thermal Spill Safety» [9].

Максимальную плотность потока поглощенного излучения можно определить так

$$q_{\max} = C_0 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \frac{\Delta F_1}{\pi r^2}, \quad (1)$$

где C_0 - коэффициент излучения пламени, $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}^4}$;

T_1 - средняя температура излучающей поверхности, К;

T_2 - средняя температура поверхности приемника излучения, К;

r - расстояние от поверхности излучения до приемника, м;

ΔF_1 - площадь поверхности излучения, м^2 .

Условная вероятность P поражения человека, находящегося под воздействием ингаляционной токсодозы ОХВ зависит от пробит-функции P_r – верхнего предела определенного интеграла нормального закона распределения с математическим ожиданием 5 и дисперсией 1

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{Pr} e^{-\frac{1}{2}(t-5)^2} dt. \quad (2)$$

Пробит-функция для для летального исхода персонала вследствие теплового воздействия в общем случае определяется по формуле

$$P_r = -14 + 2,56 \ln(q^{1,33} \tau). \quad (3)$$

где τ – время экспозиции тепловому потоку.

В процессе принятия решения о состоянии безопасности на предприятии эксперты для оценки условной вероятности (2) поражения персонала, находящегося под воздействием поражающего фактора, по значению пробит-функции могут воспользоваться таблицей значений интеграла [10]. Представление таблицы в виде обобщенного кусочно-кубического эрмитового сплайна [11], реализованного в виде компьютерной подсистемы «ProbitSafety» [12], позволяет автоматизировать вычислительный процесс.

Апробация разработанной информационной технологии и анализ эффективности алгоритма проводились на примере струйного истечения высокотемпературных (3450 К) продуктов сгорания водорода из проема, возникшего в результате частичного разрушения оборудования (рис. 2). Принято, что пятно проема приняло форму окружности радиусом 0,5 м с координатами центра $x=7,5\text{м}$, $z=2,5\text{м}$ в расчетной области с габаритами $15,0 \times 9,0 \times 15,0\text{м}$ и вариантом по количеству ячеек вдоль координатных осей $15 \times 9 \times 15$. Скорость воздуха принята равной 0 м/с.

Высокотемпературные продукты сгорания водорода с заданной интенсивностью выбрасываются из проема в атмосферу, перемешиваясь с воздухом формируют тепловой поток, который оказывает поражающее воздействие на обслуживающий персонал. Считается, что выброс горячего газа начинается с момента времени $t_1=0\text{с}$ и принудительно прекращается по истечению $t_2=5\text{с}$.

В процессе движения высокотемпературная зона существенно меняет форму и размеры. Зона максимальных температур имеет место в момент времени $t_2=5\text{с}$ (рис. 3а), после которого выброс прекращается (в соответствующих ячейках проема выставляются граничные условия «непротекания») и облако, теряя максимальную концентрацию из-за рассеивания, начинает постепенно исчезать (рис. 3б). Распределения условной вероятности летального исхода для человека при тепловом поражении в контрольных

точках P_i представлені на рис. 4. Видно, що з удаленням від епіцентра теплового випромінювання максимальна умовна ймовірність летального исходу зменшується.

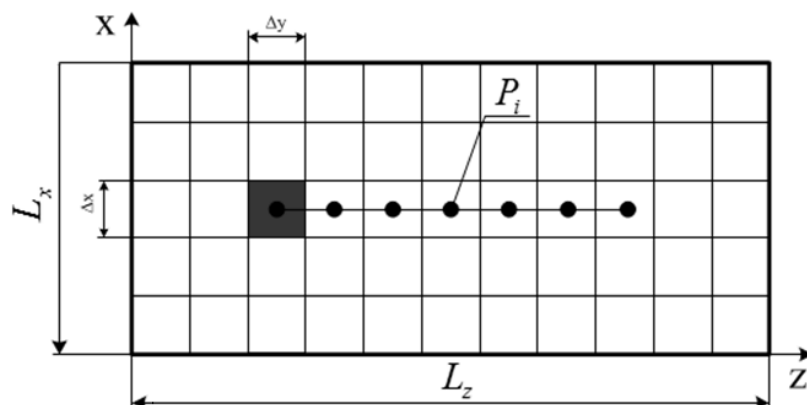


Рисунок 2 – Карта розположення об'єктів

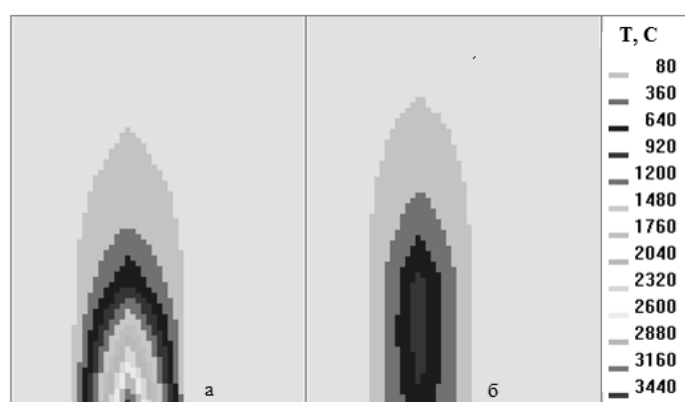


Рисунок 3 – Поле температур в різні моменти часу: а – $t=5$ с; б – $t=7,5$ с

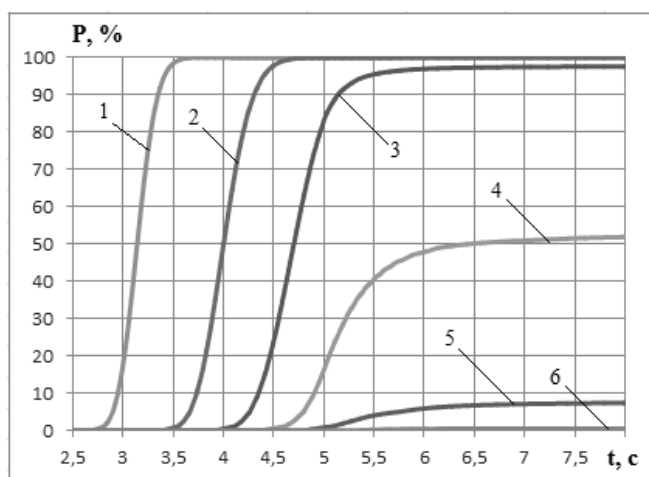


Рисунок 4 – Зміна по часу t ймовірності ураження тепловим потоком в контрольних точках: 1 – 4 м; 2 – 5 м; 3 – 6 м; 4 – 7 м; 5 – 8 м; 6 – 9 м

Висновки. Розроблена математична модель процесу вибуха високотемпературних продуктів горіння газоздушної суміші з заданою інтенсивністю з аварійного проєма, утвореного в результаті руйнування обладнання. Модель дозволяє отримувати просторово-часові розподіли температури суміші, теплової дози, пробит-функції, і по ним визначати поля умовної ймовірності ураження персоналу на основі пробит-аналізу, що необхідно для прийняття експертом рішення про ступінь безпеки техногенного об'єкта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brauer, R. L. Safety and Health for Engineers [Text] / R. L. Brauer. – New Jersey : Wiley, 2015. – 742 p.
2. Hughes, Ph. Introduction to Health and Safety at Work: The Handbook for the NEBOSH National General Certificate [Text] / Ph. Hughes, E. Ferrett. – Kidlington, Oxford : Butterworth-Heinemann, 2011. – 608 p.
3. Nolan, Dennis P. Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles: for Oil, Gas, Chemical and Related Facilities [Text] / Dennis P. Nolan. – Burlington : Gulf Professional Publishing, Elsevier, 2011. – 351 p.
4. Assael, M. J. Fires, Explosions, and Toxic Gas Dispersions: Effects Calculation and Risk Analysis [Text] / M. J. Assael, K. E. Kakosimos. – New York : CRC Press, 2010. – 349 p.
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. 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.
7. Toro, E. F. Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics: A Practical Introduction [Text] / E. F. Toro. – Berlin : Springer, 2009. – 724 p.
8. Свідоцтво 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. О. Скоб, М. Л. Угрюмов, К. П. Коробчинський. – Дата реєстрації 28.08.2009.
9. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 71933 (Україна). Комп'ютерна програма «Комп'ютерна система «Thermal Radiation Safety» інженерного аналізу та прогнозу ймовірності ураження персоналу тепловим випромінюванням під час аварійного горіння газоповітряної суміші для оцінки безпеки промислового підприємства» [Текст] / Ю. О. Скоб, М. Л. Угрюмов – Дата реєстрації 15.05.2017.
10. Методика оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ. Методика «ТОКСИ», редакция 3.1 [Текст] / М.: ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2005. – 67 с.
11. 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.
12. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 69555 (Україна). Комп'ютерна програма «Компьютерная система поддержки принятия решений «ProbitSafety» для оценки безопасности во время техногенной аварии на промышленном предприятии» [Текст] / Ю. О. Скоб, Д. В. Євтушенко, Ю. В. Бондаренко, О. С. Тищенко – Дата реєстрації 03.01.2017.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА В АТМОСФЕРУ ТОКСИЧНОГО ВЕЩЕСТВА

Скоб Ю.А., Шайтан А.Ф.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
(Украина)

Все более интенсивное применение взрывоопасных и токсичных газообразных веществ в различных отраслях экономики требует их морской транспортировки и хранения в морских портах в сжиженном состоянии [1] (рис. 1).



Рисунок 1 – Транспортировка и хранение сжиженных газов [2]

Нарушение правил эксплуатации оборудования приводит к его отказам, которые сопровождаются выбросом в атмосферу опасных химических веществ (ОХВ) с образованием токсичных и взрывоопасных облаков [3]. Одним из наиболее опасных видов техногенной аварии является разрушение емкости хранения сжиженного газа (СГ) с образованием пятна пролива [4] (рис. 2).

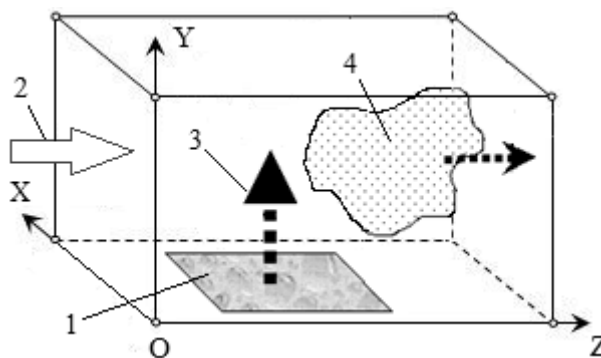


Рисунок 2 – Схема техногенной аварии: 1 – пятно пролива; 2 – поток воздуха; 3 – примесь; 4 – газо-воздушное облако

Массовая концентрация ОХВ в атмосфере характеризует отклонение от нормального химического состава воздуха и является опасным параметром [5]. Экспозиция обслуживающего персонала промышленного объекта определенным концентрациям ОХВ формирует поражающий фактор – ингаляционную токсодозу. Превышение пороговых значений токсодозы приводит к социальным последствиям – отравлению различной степени тяжести и человеческим жертвам. Поэтому определение для предприятия риска такого рода аварии является важной и актуальной инженерно-практической задачей.

Оценка последствий техногенной аварии включает в себя определение вероятности поражения обслуживающего персонала, который может быть подвергнут воздействию

ОХВ, на основе математического моделирования рассеяния токсичной примеси в атмосфере [6]. Полученные в результате моделирования пространственно-временные поля опасного параметра – массовой концентрации токсичной примеси Q позволяют определить величину основного поражающего фактора – ингаляционную токсодозу D и условную вероятность поражения P обслуживающего персонала.

Анализ и прогноз последствий воздействия техногенной аварии на персонал основаны на математическом моделировании движения многокомпонентного газа в приземном слое атмосферы [7]. Для решения системы фундаментальных уравнений газовой динамики для смеси, дополненной законами сохранения массы примесей в интегральной форме, используется явный конечно-разностный метод С. К. Годунова [8]. Математическая модель реализована в виде подсистемы исследовательских программных комплексов «Fire» [9] и «Toxic Spill Safety» [10].

Ингаляционная токсодоза D зависит от массовой концентрации токсичной примеси Q и времени экспозиции τ ,

$$D = \int_0^{\tau_2} Q^n d\tau, \quad (1)$$

где n – табличный коэффициент (табл. 1) для каждого ОХВ.

Условная вероятность P поражения человека, находящегося под воздействием ингаляционной токсодозы ОХВ, зависит от пробит-функции P_r – верхнего предела определенного интеграла нормального закона распределения с математическим ожиданием 5 и дисперсией 1

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{Pr} e^{-\frac{1}{2}(t-5)^2} dt. \quad (2)$$

Пробит-функция для токсического поражения в общем случае определяется по формуле

$$P_r = a + b \cdot \ln(D), \quad (3)$$

где a и b – табличные полуэмпирические коэффициенты (табл. 1) [11].

Таблица 1 – Токсические свойства некоторых ОХВ

Вещество	a	b	n	Молярная масса
Аммиак	-35,9	1,85	2	17,0
Бензол	-109,8	5,3	2	78,0
Окись углерода	-37,98	3,7	1	28,0
Окись этилена	-6,21	1	1	44,0
Сероводород	-31,42	3,008	1,43	34,1
Сероуглерод	-46,62	4,2	1	76,1
Формальдегид	-12,24	1,3	2	30,0
Фосген	-19,27	3,686	1	98,9
Фтор	-10,34	1	2	38,0
Хлор	-8,29	0,92	2	70,9
Цианистый водород	-37,98	-3,7	1	27,0

В процессе принятия решения о состоянии безопасности на предприятии эксперты для оценки вероятности (2) поражения персонала, находящегося под воздействием ОХВ, по значению пробит-функции могут воспользоваться таблицей значений интеграла [11].

Для автоматизации вычислительного процесса таблица заменяется обобщенным кусочно-кубическим эрмитовым сплайном Ю. К. Чернышева [12], реализованным в виде компьютерной подсистемы «ProbitSafety» [13].

Тестирование разработанной информационной технологии и анализ эффективности алгоритма проводились на примере моделирования испарения пролива 6925 кг сжиженного цианистого водорода (токсичного взрывоопасного вещества плотностью 689 кг/м³, молярной массой 0,027 кг/моль, температурой кипения 298,6 К, теплотой испарения 933 кДж/кг) с пятна пролива в форме окружности радиусом $R = 8$ м, образовавшегося в результате разрушения емкости в районе морского порта (коэффициент степенной зависимости для аппроксимации скорости в атмосферном слое над землей $k = 0,4$).

Центр окружности пятна пролива располагался на расстоянии $X_c = 16$ м, $Z_c = 16$ м от начала координат в расчетной области с габаритами $L_x \times L_y \times L_z = 85 \times 10 \times 85$ м и вариантом по количеству ячеек вдоль координатных осей $85 \times 10 \times 85$. На расстоянии $X_a = 30$ м и $Z_a = 28$ м от начала координат располагалось здание порта с габаритами $D_x \times D_y \times D_z = 15 \times 5 \times 25$ м.

Ветер набегает со скоростью 3 м/с под углом 45° к оси OZ на высоте 0,5 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 газозвдушному облаку возможность покинуть пределы расчетной области.

Было выполнено два варианта расчета: 1 – без учета наличия здания (рис. 3 а) и 2 – с учетом загромождения расчетной области зданием (рис. 3 б).

В процессе рассеяния у земли облако существенно меняет форму и размеры в соответствии с потоком газовой смеси и загромождением пространства. Поля массовой концентрации ОХВ используются для расчета токсодозы, пробит-функции и, соответственно, вероятности летального исхода для человека при ингаляции цианистого водорода (рис. 3).

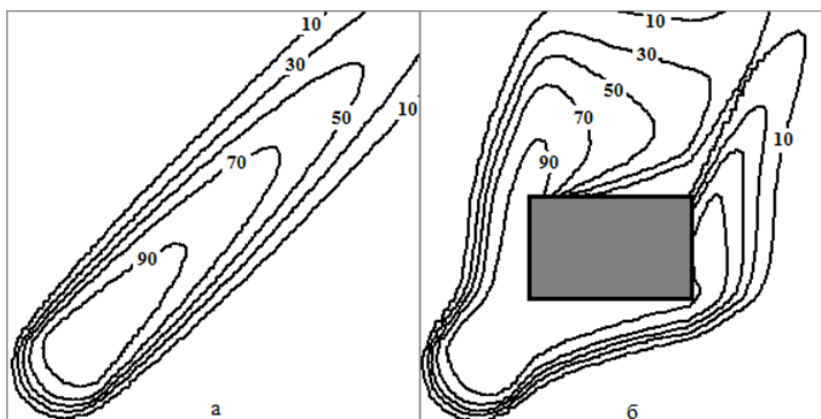


Рисунок 3 – Поле условной вероятности летального исхода человека у земли, %:
а – без здания; б – со зданием

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 пространственно-временные распределения массовой концентрации токсичного газа и ингаляционной токсодозы, которые необходимы для определения полей вероятности поражения персонала на основе пробит-анализа.

Разработана вычислительная технология оценки вероятности поражения по значению пробит-функции с использованием обобщенного кусочно-кубического эрмитового сплайна вместо табличной функции для интеграла вероятности. Технология позволяет осуществлять автоматизированный анализ и прогноз во времени и пространстве

условной вероятности поражения персонала, который подвергается воздействию токсичного газа, как показателя безопасности техногенного объекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brauer, R. L. Safety and Health for Engineers [Text] / R. L. Brauer. – New Jersey : Wiley, 2015. – 742 p.
2. Перевозка сжиженного природного газа морским транспортом (газовозы) [Электронный ресурс] / Корабельный портал. – Режим доступа: http://korabley.net/news/perevozka_szhizhennogo_prirodnogo_gaza_morskim_transportom_gazovozy/2010-10-01-653. – 08.04.2018 г.
3. Hughes, Ph. Introduction to Health and Safety at Work: The Handbook for the NEBOSH National General Certificate [Text] / Ph. Hughes, E. Ferrett. – Kidlington, Oxford : Butterworth-Heinemann, 2011. – 608 p.
4. Nolan, Dennis P. Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles: for Oil, Gas, Chemical and Related Facilities [Text] / Dennis P. Nolan. – Burlington : Gulf Professional Publishing, Elsevier, 2011. – 351 p.
5. Assael, M. J. Fires, Explosions, and Toxic Gas Dispersions: Effects Calculation and Risk Analysis [Text] / M. J. Assael, K. E. Kakosimos. – New York : CRC Press, 2010. – 349 p.
6. 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.
7. 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.
8. Toro E. F. Riemann Solvers and Numerical Methods for Fluid Dynamics: A Practical Introduction [Text] / E. F. Toro. – Berlin : Springer, 2009. – 724 p.
9. Свідоцтво 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. О. Скоб, М. Л. Угрюмов, К. П. Коробчинський. – Дата реєстрації 28.08.2009.
10. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 71797 (Україна). Комп'ютерна програма «Комп'ютерна інтерактивна система інженерного аналізу та прогнозу «Toxic Spill Safety» для оцінки безпеки під час аварійного пролиття токсичного зрідженого газу» [Текст] / Ю. О. Скоб, М.Л. Угрюмов – Дата реєстрації 05.05.2017.
11. Методика оценки последствий аварийных выбросов опасных веществ. Методика «ТОКСИ», редакция 3.1 [Текст] / М.: ФГУП НТЦ «Промышленная безопасность», 2005. – 67 с.
12. 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.
13. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 69555 (Україна). Комп'ютерна програма «Компьютерная система поддержки принятия решений «ProbitSafety» для оценки безопасности во время техногенной аварии на промышленном предприятии» [Текст] / Ю. О. Скоб, Д. В. Євтушенко, Ю. В. Бондаренко, О. С. Тищенко – Дата реєстрації 03.01.2017.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПРОФИЛЕЙ СИММЕТРИЧНОЙ И НЕСИММЕТРИЧНОЙ ФОРМЫ

Тарасов С.В., Редчиц Д.А., Тарасов А.С.

*Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина)*

Моисеенко С.В.

*Херсонский национальный технический университет
(Украина)*

На сегодняшний день в качестве профиля лопасти ротора Дарье вертикально-осевой (ВО) ветроэнергетической установки (ВЭУ) применяют симметричные профили замкнутого контура. Это обусловлено известными аэродинамическими характеристиками по данным профилям и хорошим пониманием физики обтекания. Для увеличения коэффициента использования энергии ветра ВО ВЭУ с Н-ротором Дарье целесообразно использовать профили лопастей с улучшенными аэродинамическими свойствами. К таким можно отнести профили несимметричной формы замкнутого и разомкнутого контура.

Основной целью данных исследований было определение влияния степени замкнутости несимметричного J-профиля на его аэродинамические характеристики и сравнение их со значениями для симметричных профилей, а также с экспериментальными данными.

Математическое моделирование аэродинамики лопастей ротора Дарье замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы проведено с использованием нестационарных осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса (URANS), замкнутых дифференциальной однопараметрической моделью турбулентности (SALSA).

На основе компьютерного моделирования получена картина течения и установлены особенности турбулентного обтекания лопастей ротора Дарье различной формы. Проведено детальное сравнение полей течения при обтекании профилей замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы (рис. 1). Выделены стационарные и нестационарные режимы обтекания профилей. Установлено влияние степени замкнутости J-профиля на коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы, а также на структуру обтекания в целом. Турбулентное обтекание профилей замкнутого и разомкнутого контура симметричной и несимметричной формы в зависимости от угла атаки носит как стационарный, так и нестационарный отрывной характер. Во внутренней полости разомкнутых профилей формируется отрывная зона с одним либо двумя макровихрями. Интенсивность этих вихрей уменьшается с увеличением степени закрытости J-профиля.

Установлены зависимости коэффициентов лобового сопротивления и подъемной силы от угла атаки (рис. 2). Увеличение угла атаки приводит к резкому возрастанию коэффициента лобового сопротивления у несимметричных профилей. Это связано с наличием больших вихревых структур в подветренной зоне профилей, которые приводят к резкому падению давления в донной области. Как следствие большой перепад давления между наветренной и подветренной сторонами профиля приводит к высоким значениям коэффициента лобового сопротивления. Причем, чем меньше степень закрытости J-профиля, тем выше эти значения. Такая же картина наблюдается и по значениям коэффициента подъемной силы.

Проведено сравнение полученных результатов численных расчетов с имеющимися экспериментальными данными. Результаты расчетов хорошо согласуются с экспериментальными данными. Выработаны рекомендации по применению данных профилей к лопастям вертикально-осевой ВЭУ с Н-ротором Дарье. Использование в

качестве лопасти ротора Дарье профиля с относительно большой толщиной может привести к снижению эффективности работы вертикально-осевой ВЭУ из-за большого лобового сопротивления. В то же время несимметричные профили с разомкнутым контуром обладают гораздо большими значениями коэффициентами подъемной силы. Поэтому направлением дальнейших исследований может быть оптимизация формы J-профиля с целью снижения коэффициента лобового сопротивления и увеличения коэффициента подъемной силы.

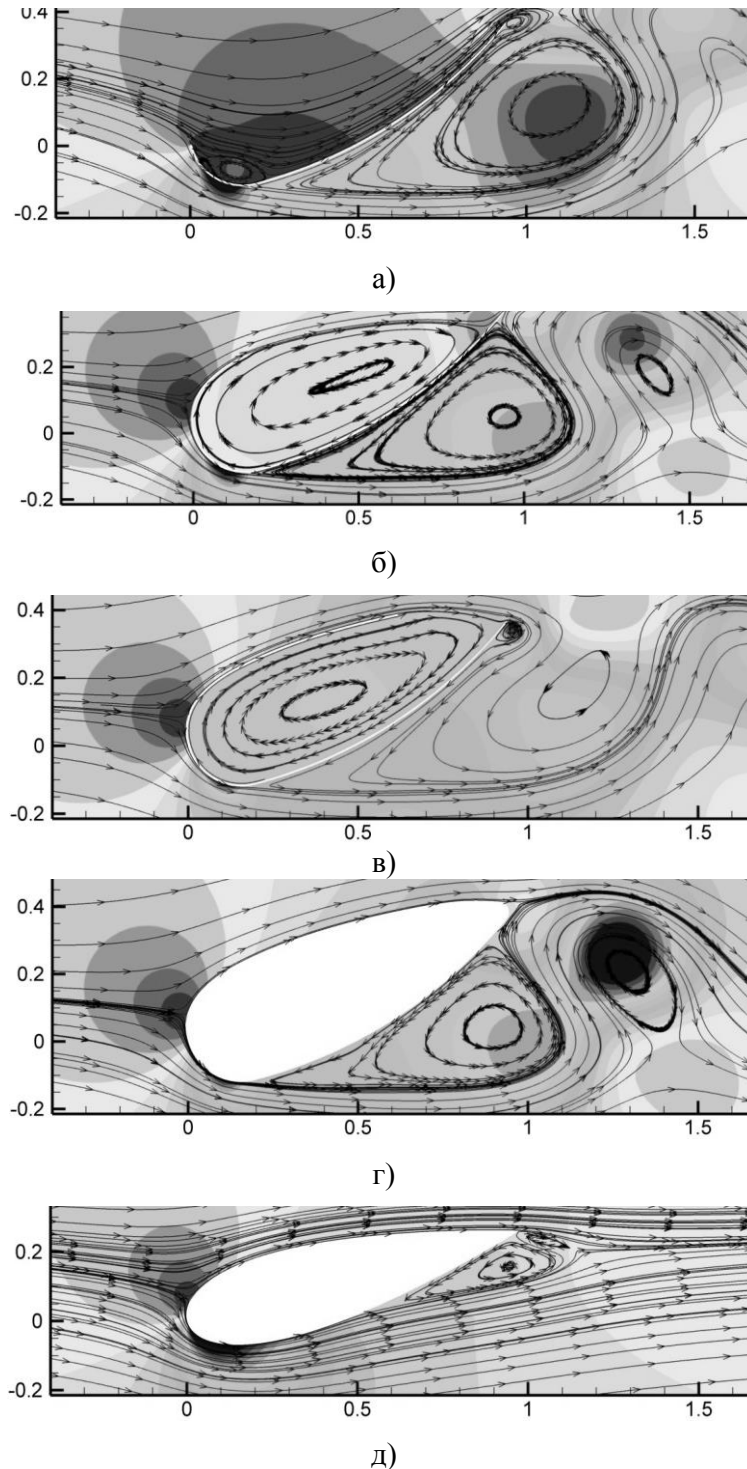
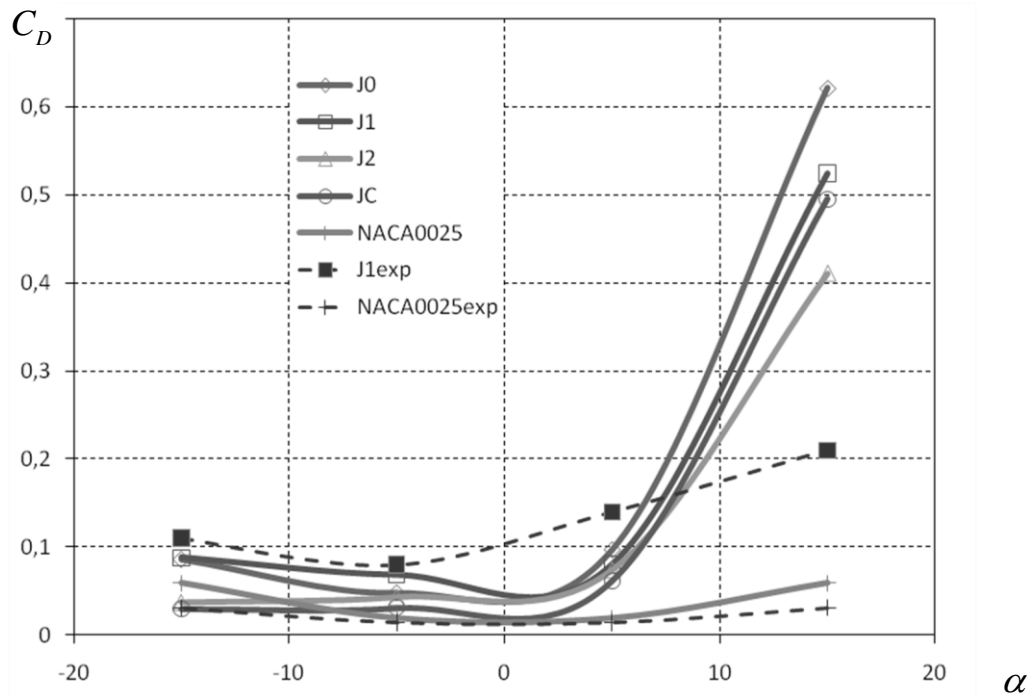
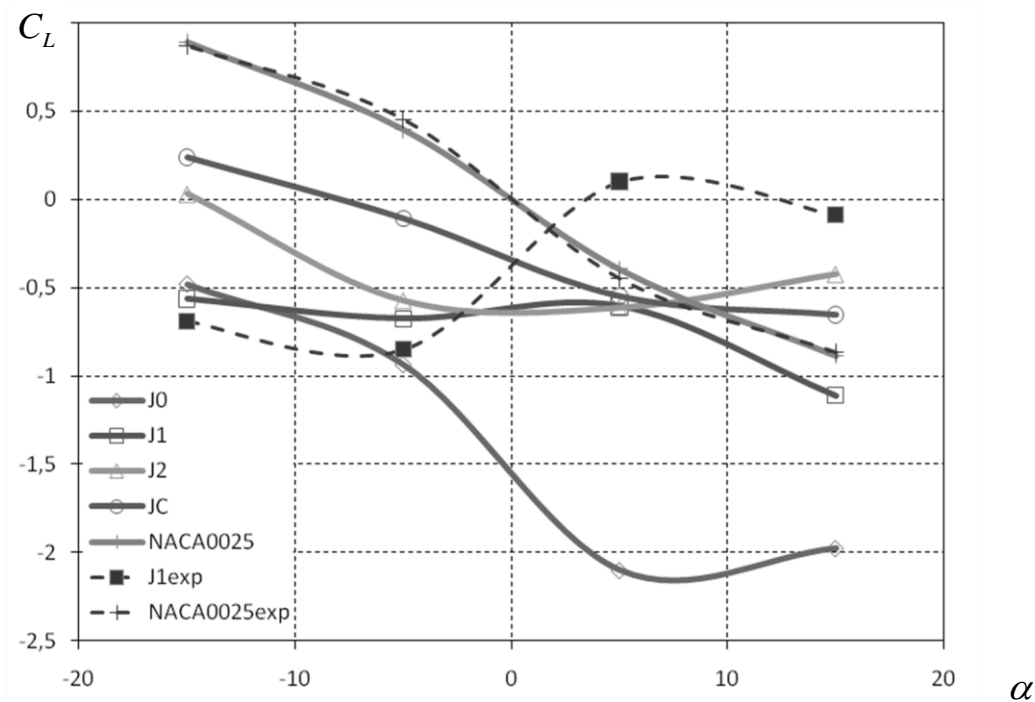


Рисунок 1 – Турбулентное обтекание профилей замкнутого (г, д) и разомкнутого (а, б, в) контура симметричной и несимметричной формы при угле атаки 15°



а)



б)

Рисунок 2 – Зависимость коэффициентов лобового сопротивления (а) и подъемной силы (б) профилей различной формы от угла атаки

ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ

Федоров А.І.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. При плануванні контейнерних перевезень часто виникають різні проблеми, пов'язані з раціональним розміщенням вантажу на судні, що забезпечує ефективність операцій навантаження розвантаження в портах маршруту, об'ємом і вагою вантажу, що перевозиться, а також з обмеженнями при розміщенні його в трюмах і на палубі, відповідним вимогам безпеки судна.

При складанні оптимального вантажного плану судна необхідно враховувати низку обмежень, пов'язаних з послідовністю заходу судна в кожен з портів, кількістю вивантажених/завантажених в портах контейнерів, послідовності заходу в порти, строками доставки вантажів, дотриманням вимог збереження остійності судна. Запропоновано математичну модель формування вантажного плану контейнеровозу, що враховує особливості конструкції конкретного судна, обмеження пов'язані з послідовністю завантаження контейнерів, та дотриманням вимог остійності судна. Застосування запропонованої математичної моделі складання вантажного плану контейнеровозу дозволить знизити витрати часу на процеси завантаження/вивантаження в портах, і, як наслідок, зменшити економічні витрати на здійснення рейсів судна[1–4].

При виконанні вантажних операцій на контейнеровозі вони доволі часто здійснюються за принципом «останній завантажений – перший вивантажений», що призводить до формування неоптимального вантажного плану судна. Побудова технологічно обумовлених ланцюжків завантаження-вивантаження контейнерів, особливо, якщо маршрут судна проходить через кілька портів, призводить до виникнення проблеми так званого «шифтінга», тобто нераціональних вантажних операцій завантаження-вивантаження контейнерів на судно з метою вилучення лише потрібних в заданому порту контейнерів. Зазначені операції призводять не лише до зростання часу здійснення вантажних операцій, але й впливають на зміну параметрів остійності судна, тому повинні ретельно контролюватися [5–7].

Метою дослідження є розробка математичної моделі завантаження судна-контейнеровозу, що забезпечує зменшення впливу шифтінга контейнерів, і, як наслідок, сприяє зниженню економічних витрат на виконання рейсу.

Основна частина. Для побудови математичної моделі завантаження судна, без втрати структури оптимізаційної задачі розміщення контейнерів контейнеровозу в цілому, будемо вважати, що:

- 1) контейнерний масив контейнеровозу має прямокутний формат і може бути представлений матрицею з рядками ($r = 1, 2, \dots, R$), стовпчиками ($c = 1, 2, \dots, C$) і беями ($d = 1, 2, \dots, D$), з максимальною ємністю $R \times C \times D$ контейнерів;
- 2) контейнери на судні є однакового (або подвійного) розміру та ваги;
- 3) судно починає завантажуватися в порту № 1, куди воно приходить порожнім;
- 4) судно відвідує порти 2, 3, ..., N таким чином, що воно буде пустим в останньому порту, оскільки судно виконує рейс, в якому останній порт N є портом його відходу;
- 5) в кожному з портів $i = 2, \dots, N-1$, судно додатково може бути завантажено контейнерами, призначенням яких є порти $i + 1, \dots, N$;
- 6) контейнеровоз перевозить всі контейнери з порту в порт ніколи не досягаючи при цьому максимально можливої кількості контейнерів на судні.

Кількість контейнерів, що завантажуються в кожному із портів визначається транспортною матрицею $T (N-1) \times (N-1)$.

Приймаючи до уваги той факт, що сучасний контейнеровоз зазвичай перевозить кілька тисяч контейнерів, а вищенаведена оптимізаційна задача динамічного програмування є NP-повною, розв'язання її традиційними методами вкрай ускладнено.

Для вирішення поставленої задачі запропоновано використовувати методи еволюційного програмування у вигляді генетичних алгоритмів. У якості обмежень вирішення оптимізаційної задачі складання оптимального вантажного плану контейнеровозу застосовуються: загальна вартість переміщення контейнера, кількість шифтінгу в кожному порту, послідовність з завантаження контейнерів, особливості зберігання контейнерів на судні, послідовність вивантаження контейнерів в портах.

При цьому також з'являється можливість її додаткового уточнення і ускладнення шляхом введення додаткових обмежень по вазі, розмірам контейнерів, та заздалегідь визначеним місцям розташування окремих груп контейнерів на судні, наприклад рефрижераторних.

Висновки. Застосування запропонованої оптимізаційної моделі для оптимізації процесу завантаження контейнеровозу з урахуванням процесу його заходження до кількох портів, дозволить скоротити час виконання вантажних операцій в портах шляхом зменшення кількості шифтінгу, та, як наслідок, знизити економічні витрати на виконання рейсу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федоров А. И. Оптимизация морских контейнерных перевозок. // VIII Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT 2016)» (м. Херсон, 24-26 травня 2016). – С.47–48.
2. Федоров А.И. Оптимізація вантажного плану контейнеровозу // IX Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT 2017)» (м. Херсон, 23-25 травня 2017). – С.13–14.
3. Федоров А.И. Зменшення шифтінгу контейнерів при складанні вантажного плану судна // IV Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика (БЖД-2017)». – С.183-184.
4. 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.
5. Imai A., Sasaki K., Nishimura, E. and Papadimitriou, S. (2006) 'Multi-objective simultaneous stowage and loading planning or a container ship with container rehandle in yard stacks', European Journal of Operational Research, Vol. 171, No. 3, pp.373–389.
6. 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.
7. Wilson, I. and Roach, P.A. (2000) 'Container stowage planning: a methodology for generating computerised solutions', Journal of the Operational Research Society, Vol. 51, No. 11, pp.1248–1255.

УСТОЙЧИВОСТЬ И ТОЧНОСТЬ РОБАСТНОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВАРИАЦИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАДАННЫХ ГРАНИЦАХ

Хлопенко И.Н., Рожков С.А.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Хлопенко Н.Я.

*Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
(Украина)*

Введение. В статье [1] построена методика структурного синтеза и получена структура стабилизирующего робастного H_∞ -субоптимального регулятора в виде соединения из пропорциональных и интегрирующих звеньев для канала потокосцепления системы векторного управления асинхронного электропривода с параметрической неопределенностью объекта управления. Однако при проектировании такого регулятора из аналоговых устройств (например, операционных усилителей) возникают ошибки округления его коэффициентов усиления и постоянных времени вследствие выбора элементов (сопротивлений, конденсаторов) этих устройств заданной точности из стандартных рядов. Учет таких ошибок округлений в расчетной модели регулятора с параметрической неопределенностью объекта имеет принципиальное значение для обеспечения устойчивости и точности робастной системы стабилизации потокосцепления ротора асинхронного электропривода при случайных вариациях неопределенных параметров объекта и регулятора в заданных границах.

Робастными системами стабилизации параметров асинхронных электроприводов занимаются отечественные ученые Б.И. Кузнецов, Т.Б. Никитина, С.М. Пересада, Е.М. Потапенко, К.А. Пупков, Н.Д. Егупов [2]. Ими решены многие задачи как по разработке математических методов исследования, так и по изучению устойчивости, точности регулирования и быстродействия систем с заданной неопределенностью объекта. Однако задача о влиянии параметрической неопределенности робастного регулятора на устойчивость и точность систем стабилизации потокосцепления не рассматривалась. В связи с этим задача исследования устойчивости систем и точности стабилизации потокосцепления ротора с параметрической неопределенностью объекта и регулятора в заданных границах представляется актуальной.

Целью работы является исследование устойчивости и точности робастной системы стабилизации потокосцепления ротора асинхронного электропривода при случайных вариациях неопределенных параметров объекта и регулятора в заданных границах.

Основная часть. Для проведения исследований использовалась математическая модель канала потокосцепления ротора системы векторного управления асинхронного электропривода с параметрической неопределенностью. Передаточная функция H_∞ -субоптимального регулятора рассчитывалась по методу смешанной чувствительности. Эта передаточная функция использовалась для построения структурной схемы регулятора в виде соединения пропорциональных и интегрирующих звеньев и нескольких сумматоров. Определялись аналитические зависимости коэффициентов передаточной функции регулятора от параметров звеньев такого соединения. Эти зависимости служили для исследования влияния неопределенных параметров звеньев регулятора и объекта на устойчивость робастной системы и точность стабилизации потокосцепления. На конкретном примере проведены исследования устойчивости робастной системы и точности стабилизации потокосцепления в пакете Robust Control Toolbox MATLAB [3]. Построены кривые переходных процессов отношения потокосцепления Ψ к

номинальному Ψ_n (рисунок 1, *a*) и диаграмма Бode (рисунок 1, *б*) для амплитудных $L(\omega)$ и фазовых $\varphi(\omega)$ частотных характеристик разомкнутой системы при случайных вариациях неопределенных параметров объекта и звеньев регулятора в заданных границах.

Выбор варьируемых параметров осуществлялся по методу Монте-Карло. По разбросу полученных кривых переходных процессов определялась точность стабилизации потокосцепления, а по диаграмме Бode – запасы устойчивости по амплитуде и фазе робастной системы.

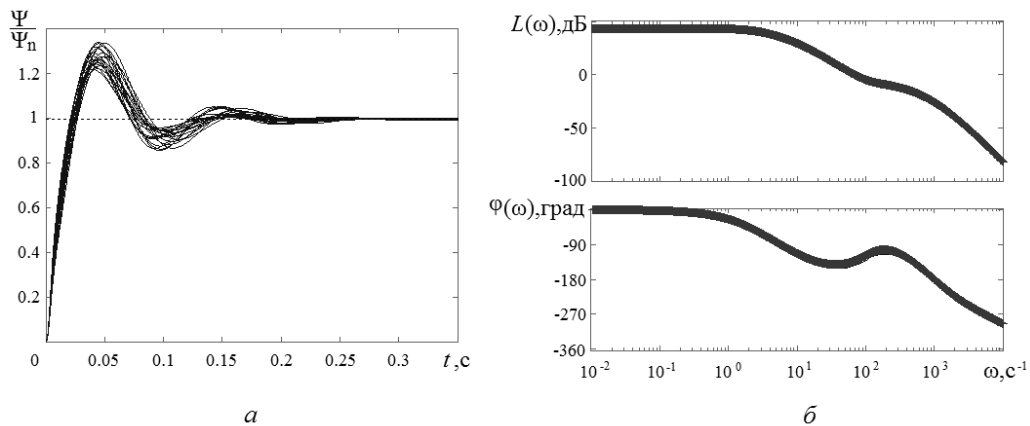


Рисунок 1 – Переходные процессы (*a*) потокосцепления ротора и амплитудные $L(\omega)$ и фазовые $\varphi(\omega)$ частотные характеристики разомкнутой системы (*б*) при случайных вариациях неопределенных параметров объекта и регулятора в заданных границах

Установлена высокая точность стабилизации потокосцепления (отклонение менее 1%) в достаточно широких диапазонах изменения неопределенных параметров объекта и регулятора при сохранении устойчивости системы. Использование предложенной методики в процессе конструирования регулятора позволяет обеспечить выбор его элементов из стандартных рядов.

Выводы:

1. Впервые получены аналитические зависимости коэффициентов передаточной функции H_∞ -субоптимального регулятора от параметров его структурной схемы, представленной в виде соединения пропорциональных и интегрирующих звеньев.
2. Построена методика расчета устойчивости и точности робастной системы стабилизации потокосцепления ротора асинхронного электропривода при случайных вариациях неопределенных параметров объекта и регулятора в заданных границах.
3. Результаты проведенных расчетов показывают высокую точность стабилизации потокосцепления (отклонение менее 1 %) и малую чувствительность робастной системы стабилизации к случайным вариациям неопределенных параметров в заданных достаточно широких границах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хлопенко Н.Я., Хлопенко И.Н. Структурный синтез стабилизирующего робастного регулятора потокосцепления ротора // *Электротехника і електромеханіка*. – 2017. – № 2. – С.21-25. doi: 10.20998/2074-272X.2017.1.04.
2. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления: Учебник / Под ред. Н.Д. Егупова. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. –744 с.
3. Richard Y., Chiang R., Michael G., Safonov M. *MATLAB: Robust Control Toolbox. User's Guide. Version 2*, 1998. – 230 p. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com>

СЕКЦІЯ:
***ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ***

АНАЛІТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВІД УМОВ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ОСНОВІ П'ЯТИПАРАМЕТРИЧНОЇ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ

Баганов Є.О.

Херсонський національний технічний університет

(Україна)

Погребняк І.Ф.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Вступ. Зростання цін на традиційні джерела енергії та їх негативний вплив на екологічний стан планети призвели до стрімкого розвитку систем поновлюваної та альтернативної енергетики, у тому числі, і на транспорті [1].

Морське застосування більшості відновлюваних джерел енергії все ще становить значну проблему, але серед різних їх видів використання саме сонячної енергії має перевагу на борту суден [2]. Останнє пов'язано з відсутністю рухливих деталей (як, наприклад у вітрової турбіни), які можуть вплинути на стабільність судна [3].

Широке використання на судах отримало фотоелектричне перетворення сонячної енергії у якості основного або допоміжного джерела [4]. Головні проблеми використання фотоелектричних систем полягають у їх невисокому ККД та щільності енергії, залежності потужності від погоди та часу доби, обмеженості вільного простору на судні та відносно високій вартості компонентів [2]. Тому, зазвичай, такі системи потребують оптимізації складу для зменшення їх вартості та можливості органічної інтеграції у склад енергосистеми [4]. Така оптимізація базується на математичному моделюванні роботи фотоелектричної системи в якості автономної або складової частини енергетичної системи [1, 4].

Актуальність досліджень. Складність математичного моделювання фотоелектричної системи пов'язано з особливостями вольт-амперної характеристики (ВАХ) фотоелектричного перетворювача (ФЕП). Нелінійність ВАХ ФЕП не дозволяє отримати в елементарних функціях явну залежність струму від напруги, можливе представлення тільки через функцію Ламберта [5]. Нелінійність ВАХ також призводить до того, що вольт-ватна характеристика має точку максимальної потужності (ТМП). Зазвичай фотоелектрична система оснащується контролером ТМП, що забезпечує умови роботи ФЕП саме в цій точці. Тому моделювання фотоелектричних систем зазвичай проводиться саме для ТМП [6, 7], яка, внаслідок особливості ВАХ ФЕП, також не виражається через елементарні функції і може бути знайдена тільки чисельно.

Останній факт призводить до того, що навіть при наявності аналітичних часових залежностей для інтенсивності складових сонячного випромінювання, температури навколишнього середовища та положення ФЕП відносно сонця, визначення кількості енергії від фотоелектричної системи робиться покроковим її моделюванням і не може бути проведено прямим інтегруванням, тобто потребує тривалих розрахунків.

У [8] запропоновано аналітичну залежність ТМП ФЕП на основі функції Ламберта з використанням чотирьохпараметричної однодіодної моделі ФЕП при нескінченному шунтуючому опорі. Наведена залежність може бути використана для прямого інтегрування у таких системах, як Maple або Mathematica, де визначена функція Ламберта. Однак припущення нескінченного шунтуючого опорі не є цілком коректним для багатьох ФЕП у широкому інтервалі температур та інтенсивностей сонячного випромінювання.

Постановка задачі. Метою даної роботи є отримання явної аналітичної функціональної залежності ТМП ФЕП, з урахування скінченної величини шунтуючого опору.

Результати досліджень. Схема заміщення однодіодної п'ятипараметричної моделі ФЕП з коефіцієнтом ідеальності A відповідає еквівалентній схемі, що наведена на рис. 1.

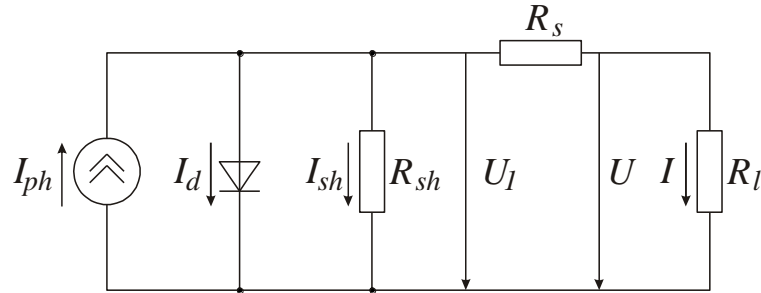


Рисунок 1 – Схема заміщення однодіодної п'ятипараметричної моделі ФЕП

Струм навантаження може бути визначений як

$$I = I_{ph} - I_d - I_{sh} \quad (1)$$

де I_{ph} – фотострум носіїв заряду;

I_d – струм діода у прямому зміщенні;

I_{sh} – шунтуючий струм ФЕП.

Останні два струми виражаються співвідношеннями

$$I_d = I_0 \left(e^{\left(\frac{U_1}{AV_t} \right)} - 1 \right) = I_0 e^{\left(\frac{U_1}{AV_t} \right)} - I_0, \quad (2)$$

$$I_{sh} = \frac{U_1}{R_{sh}}. \quad (3)$$

де $V_t = kT_c/q_e$;

$q_e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд електрона;

$k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – стала Больцмана;

T_c – абсолютна температура ФЕП;

I_0 – зворотний струм насичення діода;

U_1 – напруга, прикладена до р-п переходу;

R_{sh} – шунтуючий опір ФЕП.

Тоді

$$I = I_{ph} - I_0 \left(e^{\left(\frac{U_1}{AV_t} \right)} - 1 \right) - \frac{U_1}{R_{sh}}. \quad (4)$$

Напруга на навантаженні

$$U = U_1 - IR_s, \quad (5)$$

де R_s – послідовний опір ФЕП.

Приймаючи, що передачу максимальної потужності до навантаження R_l можна замінити передачею максимальної потужності на R_l та R_s (коректність підходу показана у [8]):

$$P = U_1 I = \left(I_{ph} - \left(I_0 e^{\left(\frac{U_1}{AV_t} \right)} - 1 \right) - \frac{U_1}{R_{sh}} \right) U_1 \quad (6)$$

то умовою ТМП буде

$$\frac{\partial P}{\partial U_1} = I_{ph} + I_0 - I_0 e^{\left(\frac{U_1}{AV_t}\right)} \left(1 + \frac{U_1}{AV_t}\right) - \frac{2U_1}{R_{sh}} = 0. \quad (7)$$

Вводячи змінну $z = U_{in} / V_t A$, рівняння (7) може бути переписано у вигляді

$$e^{\frac{I_{ph} + I_0}{I_0}} - e^{\frac{2V_t A}{R_{sh} I_0}} = (1 + z)e^{(1+z)}. \quad (8)$$

Розв'язок рівняння (8) може бути представлений через функцію Ламберта $W_0(x)$:

$$z = W_0 \left(e^{\frac{I_{ph} + I_0}{I_0}} \left[1 - \frac{2V_t A z}{R_{sh} (I_{ph} + I_0)} \right] \right) - 1 \quad (9)$$

Однак, рівняння (9) є трансцендентним. Розкладаючи праву частину у ряд Тейлора навколо $z_0 = 0,75 U_{oc} / (V_t A)$, що відповідає середині типового інтервалу знаходження напруги ТМП (U_{oc} – напруга холостого ходу ФЕП) [9] і утримуючи перші два члени розкладання, отримуємо розв'язок рівняння (9) відносно z (ураховано, що $I_{ph} \gg I_0$):

$$z = \frac{(c_2 z_0 - 1)(x^2 - 1) - c_2 z_0 x}{(c_2 z_0 - 1)(x + 1) - c_2 x} \quad (10)$$

де $x = W_0(-c_1 [c_2 z_0 - 1])$;

$$c_1 = e I_{ph} / I_0;$$

$$c_2 = 2V_t A / (R_{sh} I_{ph}).$$

Відповідно, маючи значення z , можна отримати усі параметри ТМП за формулами (4-6).

Залежність z від параметрів освітлення та зовнішньої температури можна описати через опорні параметри (позначені індексом «ref») наступним чином [10, 11]:

$$\frac{AV_t}{A_{ref} V_{t,ref}} = \frac{T}{T_{ref}}; \quad (11)$$

$$\frac{I_0}{I_{0,ref}} = \left(\frac{T_c}{T_{ref}} \right)^3 \exp \left(\frac{1}{3} \left(\left. \frac{E_g}{T} \right|_{T_{ref}} - \left. \frac{E_g}{T} \right|_{T_c} \right) \right); \quad (12)$$

$$R_s = R_{s,ref} = \text{const} \quad (13)$$

$$\frac{R_{sh}}{R_{sh,ref}} = \frac{S_{ref}}{S}; \quad (14)$$

$$I_L = \frac{S}{S_{ref}} \frac{M}{M_{ref}} (I_{L,ref} + \alpha_{I_{sc}} (T_c - T_{ref})); \quad (15)$$

де $\alpha_{I_{sc}}$ – температурний коефіцієнт струму короткого замикання;

E_g – ширина забороненої зони кремнію, температурна залежність якої дається виразом:

$$E_g = E_g (1 - 0,0002677(T_c - T_{ref})); \quad (16)$$

Ширина забороненої зони $E_{g,ref}$, яка визначається при 25°C, дорівнює 1,121 еВ для тонкоплівкових, моно- і полікристалічних ФЕП, а для трьохперехідних аморфних ФЕП 1,6 еВ.

Залежності інтенсивності поглиненої сонячної радіації (S/S_{ref}) та маси атмосфери для сонячного випромінювання (M/M_{ref}), у залежності від взаємного розташування Сонця та площини ФЕП наведені, наприклад, у [12].

Температура фотоелектричного модуля при різних температурах навколишнього середовища (T_a) і різних рівнях інтенсивності сонячного випромінювання (G), може бути визначена з теплового балансу, який призводить до співвідношення [11]:

$$T_c = T_a + \frac{G}{G_{NOCT}} (NOCT - T_{a,NOCT}) \quad (17)$$

де $NOCT$ – номінальна температура експлуатації фотоелектричного модуля, яка також наводиться у специфікаціях виробників;

$T_{a,NOCT} = 20^\circ\text{C}$ – температура навколишнього середовища при номінальних умовах експлуатації;

$G_{NOCT} = 800 \text{ Вт/м}^2$ – інтенсивність сонячного випромінювання при номінальних умовах експлуатації.

Напруга холостого ходу може бути отримана з (4):

$$U_{OC} = I_{ph} R_{sh} - AV_t W_0 \left(\frac{I_0 R_{sh}}{AV_t} \exp \left(\frac{I_{ph} R_{sh}}{AV_t} \right) \right) \quad (18)$$

Використовуючи (4, 5) та (10 – 18) можна отримати явну залежність максимальної потужності ФЕП від зовнішніх параметрів, тобто залежність, яку можна проінтегрувати, як мінімум, чисельно і отримати кількість енергії, що виробляється ФЕП за будь-який період.

Опорні параметри зазвичай визначаються з каталогів виробників ФЕП. Одна з методик наведена у [10].

Висновки. Отримана явна аналітична функціональна залежність ТМП ФЕП від параметрів сонячного випромінювання та температури навколишнього середовища для однодіодної п'ятипараметричної моделі. Дана залежність дозволяє при наявності аналітичних залежностей для параметрів сонячного випромінювання та навколишньої температури, отримувати кількість виробленої ФЕП енергії прямим інтегруванням без покрокового моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Design and Simulation of a Sustainable Photovoltaic Electric Plug-In Boat/ A. Cancela et al. // European Journal of Sustainable Development. – 2016. – 5(3). – P. 325 – 334.
2. Salem A. A. Techno-Economic Approach to Solar Energy Systems Onboard Marine Vehicles /A. A. Salem, I. S. Seddiek // Polish Maritime Research. – 2016. – 3(91). – P. 64-71.
3. Kurniawan. A Review of Solar-Powered Boat Development/ A. Kurniawan// IPTEK, The Journal for Technology and Science. – 2016. – 27(1). – P. 1-8.
4. Ahmad Nasirudin, Ru-Min Chao, I Ketut Aria Pria Utama// Procedia Engineering. – 2017. – 194. – P. 260 – 267.
5. Jain A. Exact analytical solutions of the parameters of real solar cells using Lambert W-function/ A. Jain, A. Kapoor // Solar Energy Materials & Solar Cells. – 2004. – 81. – P. 269 – 277.
6. Savitha P.B. Modelling of Photovoltaic Cell/Module under Environmental Disturbances using MATLAB/Simulink / Savitha P.B., Shashikala M.S., Puttabuddhi K.L. // International Journal of Engineering Trends and Technology (IJETT). – 2014. – 9(1). – P. 48-55.
7. Gonzalez A. Optimal sizing of a hybrid grid-connected photovoltaic–wind–biomass power system / Gonzalez A., Riba J.-R., Rius A. // Sustainability. – 2015. – 7. – P. 12787 – 12806.
8. Analytical determination of the photovoltaic module maximum power point parameters based on the manufacturer's datasheet/ Ye.A. Baganov, V.V. Kurak, E.V.

Andronova, V.O. Gramov. – Visnyk of Kherson National Technical University. – 2016. – N4(59). – P.185 – 194.

9. Efram T. Comparison of Photovoltaic Array Maximum Power Point Tracking Techniques/ T. Efram, P.L. Chapman // IEEE Transactions on Energy Conversion. – 2007. – 22(2). – P. 439 – 449.

10. De Soto, W. Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance/ W. De Soto, S.A. Klein, W.A. Beckman // Sol. Energy. –2006. – 80. – P. 78 – 88.

11. Trazouei S. L. Optimal Design of a Hybrid Solar-Wind-Diesel Power System for Rural Electrification Using Imperialist Competitive Algorithm / S. L. Trazouei, F. L. Tarazouei, M. Ghiamy // International Journal of Renewable Energy Research. – 2013. – 2. – P. 403-411.

12. Даффи Дж. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии / Дж. Даффи, У. Бекман. – Москва: Мир, 1977. – 420 с.

CORRELATION BETWEEN THE MILLING TIME AND PHASE-STRUCTURAL STATE OF THE ZrCrNi AND ZrMn₂ LAVES PHASE ALLOYS

Basaraba Yu.B., Shevchuk O.V., Lutsyshyn T.I.

*Ivano-Frankivs'k National Technical University of Oil and Gas
(Ukraine)*

Zasadnyy T.M.

*Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine
(Ukraine)*

Introduction. Laves phases with AB₂ compositions are common type of topologically close packed structure [1, 2]. Laves phases are of particular interest in modern metallurgy research [3], hydrogen storage application [4], secondary batteries production [5] because of their abnormal physical and chemical properties. Furthermore, Laves phases are capable of dissolving considerable amounts of ternary alloying additions. Among the alloys for the negative electrodes of nickel-metal hydride batteries, Zr-based Laves phase alloys have attracted attention due to their high electrochemical capacity and cycle life. They are based on the stoichiometric compound ZrV₂, ZrCr₂ and ZrMn₂. ZrCr₂ crystallized in the hexagonal C14 type of structure is one of interesting candidate among them, but it is not used as hydrogen storage compound for negative electrodes of nickel-metal hydride batteries [6] due to its excessive stability of the hydride (dissociation equilibrium pressure of 5 kPa at 353 K [7]). However, the substitution of chromium by other elements (i.e. nickel, iron) can modify the crystal structure, the dissociation pressure of hydrogen and discharge capacity. The other way to modify the crystal structure is well known ball milling process [8]. The mechanical ball milling process in hydrogen and argon atmosphere, in the presence of a fluid has been introduced to produce amorphous material. Recently, this process has been adopted to synthesize intermetallics and other inorganic nonmetals [8]. When the ball milling technique is used for such synthesis, the powders produced show unusual characteristics such as nanocrystalline structures [9], amorphous materials [10] and alloys with extended solubilities. The heating in vacuum carry out for crystallization of amorphous material. Moreover, some interest has developed in nanocrystalline alloys because their hydriding properties are different from the conventional crystalline ones.

This work presents study on phase-structural aspects of high energy ball milled ZrCrNi and ZrMn₂ alloys before and after heating in a vacuum. The expedience and perspectives of high-energy milling of Laves phase alloys to modify their structure were discussed.

Experimental. Ball milling was carried out using a planetary ball mill at a speed of 600 rpm. The bowl was filled with hydrogen to a pressure of 7 atm. The weight ratios of ball to powder were 80:1. For crystallization of amorphous materials after milling the powders of alloys were heated in vacuum to 950°C.

X-ray diffraction patterns were recorded at a DRON-3 diffractometer using Fe-K_α and Cu-K_α radiation (10° ≤ 2Θ ≤ 140° range, 0,05° scan step, 18 s exposure at each point for the phase analysis and the refinement of the structure parameters). The structure refinement was performed using the full-profile Rietveld method included in the FullProf Suite and PowderCell software packages.

Results and discussion. *ZrMn₂ alloy.* The X-ray phase analysis of ZrMn₂ alloy indicates that the major phase of this alloy is hexagonal MgZn₂ (C14) type Laves phase structure (see Fig. 1a, Table 1). Before milling samples were hydrogenated in the autoclave under the hydrogen pressure of 50 atm. The diffractograms of the hydrogenated samples show C14 hexagonal MgZn₂ type structure, with increased lattice parameters equal to $a = 0.5444$ nm and $c = 0.8850$ nm. Hydrides were loaded into the bowl of planetary ball mill, the bowl was evacuated and filled with hydrogen to a pressure of 7 atm. Milling was carried out for 1, 8, 16 and 24 h. As a result of

milling, the initial phase is decomposed. Zirconium hydride and manganese are the main phases which forming after milling (Fig. 1b). An increase of milling time leads to the increase of intensity of manganese peak (330).

After milling samples were heated in vacuum to 950°C. It was obtained that after milling for 1 h alloy powder crystallizes in the initial hexagonal MgZn₂ (C14) type of Laves phase structure with decreased lattice parameters compared with the original (Table 1). An increase of milling time to 8 hours or more causes the formation of Th₆Mn₂₃ type of structure and release of manganese (Fig. 1c). As is known, in the Zr-Mn system such compounds does not exist [11]. However, there is in the Zr-Fe system [12]. Energy-dispersive X-ray analysis showed the presence of iron (39.54 wt.% for milling for 16 h and 45.88 wt.% for milling for 24 h) in the samples after milling. It was determined that lattice parameters of compounds with Th₆Mn₂₃ type of structure are decreasing (Table 1). This can be explained by substitution of manganese by iron which enters the bowl as a result of abrasion of balls material.

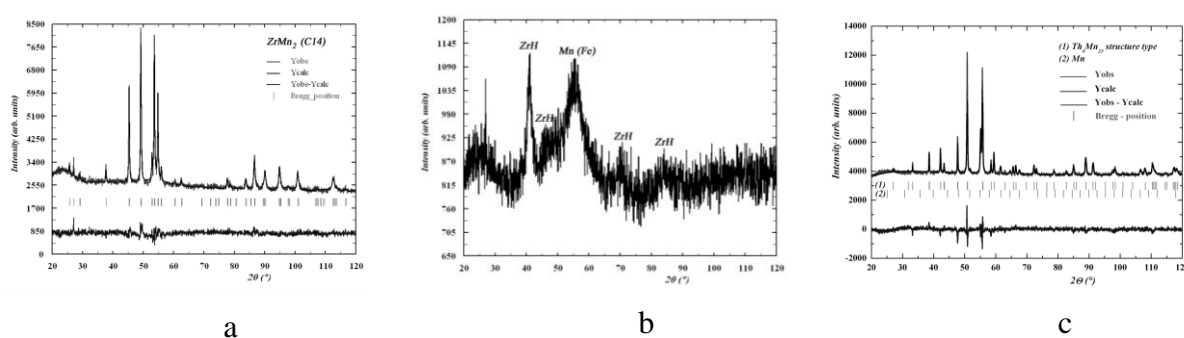


Figure 1 – Experimental X-ray powder patterns of ZrMn₂ alloys: *a* – initial; *b* – after milling in hydrogen during 16 hours; *c* – after heat treatment in vacuum.

It should be noted that Laves phase on the base of ZrMn₂ interacts well with hydrogen and is forming hydrides. ZrMn₂ has a hydrogen capacity of 1.2 H/M and is the basis for the development of materials for hydrogen storage and negative electrodes of nickel-metal hydride batteries. This compound is not used because of the high stability of their hydrides. The substitution of manganese by other transition metals, such as iron [13] can reduce the stability of hydrides. Samples obtained after milling for 1 h may have a less stable hydrides.

Table 1 - Crystallographic data and experimental details for ZrMn₂ (for the initial alloy: Zr – 45.67 wt. %, Mn – 54.33 wt. %) alloy after milling and heating in vacuum to 950°C

Parameter	Initial	Milling time, hours			
		1	8	16	24
Type of structure	MgZn ₂	MgZn ₂	Th ₆ Mn ₂₃	Th ₆ Mn ₂₃	Th ₆ Mn ₂₃
Space group	P63/mmc	P63/mmc	Fm3m	Fm3m	Fm3m
a (Å)	5.025(4)	4.995(3)	11.747(8)	11.729(3)	11.726(5)
c (Å)	8.256(5)	8.185(7)	–	–	–

ZrCrNi alloy. The X-ray phase analysis of ZrCrNi alloy indicates that the major phase of this alloy is hexagonal MgZn₂ (C14) type of Laves phase structure (Fig. 2a, Table 2). Also, a small amount of Zr-Ni compounds were determined. After milling in hydrogen amorphous products were formed (Fig. 2b). Heating in vacuum to 950 °C leads to the form of cubic MgCu₂ (C15) type of Laves phase structure (Fig. 2c). This occurs when the milling time ranged from 10 min to 4 h. When the milling time ranged from 8 h to 24 h after heat treatment in vacuum material crystallizes in a cubic Th₆Mn₂₃ structure type (Table 2). Thus, depending on the milling time the alloy after heat treatment changes the structure from MgZn₂ type into MgCu₂ and Th₆Mn₂₃ structure type. After milling for 8 h two phases C15 and Zr₆(Ni, Cr, Fe)₂₃ are coexisted

(Table 2). The reason of restructuring is the iron that enters the camera as a result of abrasion of the material of balls which used for milling (Table 3). Moreover, the amount of iron in the samples is proportional to the time of grinding. Tungsten and manganese are the alloying elements of stainless steel from which the balls and bowl are made.

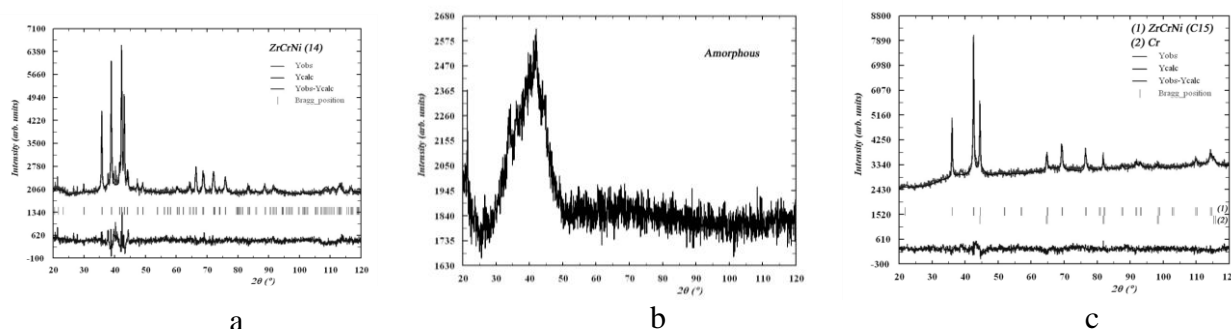


Figure 2 – Experimental X-ray powder patterns of ZrCrNi alloys: *a* – initial; *b* – after milling in hydrogen during 1 hours; *c* – after heat treatment in vacuum.

Table 2 - Crystallographic data and experimental details for ZrCrNi (for the initial alloy: Zr – 46.54 wt. %, Cr – 24.40 wt. %, Ni – 29.06 wt. %) alloy after milling and heating in vacuum to 950°C

Parameter	Initial	Milling time, hours				
		1	8		16	24
Type of structure	MgZn ₂	MgCu ₂	MgCu ₂	Th ₆ Mn ₂₃	Th ₆ Mn ₂₃	Th ₆ Mn ₂₃
Space group	P63/mmc	Fd3m (78.6%) ¹	Fd3m (28.8%) ¹	Fm3m (46.5%) ¹	Fm3m (68%) ¹	Fm3m (49.5%) ¹
a (Å)	5.011(1)	7.039(1)	6.974(3)	11.665(2)	11.646(3)	11.631(8)
c (Å)	8.205(6)	–	–	–	–	–

Notice. ¹Percentage content of phase.

The use of high-energy milling under these conditions in a hydrogen atmosphere should be performed for these alloys up to 4 hours if the alloys will use for hydrogen storage. For investigation in the field of stainless steel-zirconium alloys milling can be carried out for a longer time [16, 17].

Table 3 – Elemental composition of the ZrCrNi alloy after milling

Element	Milling time, hours							
	1		8		16		24	
	Wt. %	At.%	Wt. %	At.%	Wt. %	At.%	Wt. %	At.%
Cr	25.84	32.24	22.92	27.43	19.84	23.12	17.99	20.54
Fe	10.19	11.84	29.52	32.89	44.22	47.97	53.30	56.65
Ni	27.70	30.61	20.25	21.46	14.78	15.25	11.60	11.73
Zr	34.91	24.83	26.14	17.83	19.97	13.26	15.47	10.07
W	1.36	0.48	1.17	0.40	1.19	0.39	1.00	0.32
Mn	–	–	–	–	–	–	0.64	0.69

Conclusions. On the base of obtained data, it could be concluded that the main phase of the ZrCrNi and ZrMn₂ alloys after high energy milling and heat treatment in vacuum is changed from the hexagonal MgZn₂ (C14) type of Laves phase into the Th₆Mn₂₃ type of structure when the time of grinding is 8-24 hours. This is due to the iron that enters the camera as a result of abrasion of the balls material. After milling for 1-4 hours ZrCrNi alloy crystallizes in a cubic MgCu₂ type of structure and ZrMn₂ crystallizes in the initial hexagonal MgZn₂ (C14) type of Laves phase with reduced lattice parameters.

REFERENCES

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., Chakravarty 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. Li H., Wang X., Dong Zh., Xu L., Chen Ch. Preparation, characterization and properties of thermochromic tungsten-doped vanadium dioxide by thermal reduction and annealing // *J. Alloys and Compounds*.–2010.–Vol. 502.–P. 503-507.
5. Young K., Ouchi T., Koch J., Fetcenko M.A. Compositional optimization of vanadium-free hypo-stoichiometric AB₂ metal hydride alloy for Ni/MH battery application // *J. Alloys and Compounds*.– 2012.–Vol. 510.–P. 97-106.
6. Ruiz F.C., Peretti H.A., Visintin A., Triaca W.E. A study on ZrCrNiPt_x alloys as negative electrode components for NiMH batteries // *Int. J. Hydrogen Energy*.–2011.–Vol. 36.–P. 901-906.
7. Visintin A., Peretti H.A., Tori C.A., Triaca W.E., Hydrogen absorption characteristics and electrochemical properties of Ti substituted Zr-based AB₂ alloys // *Int. J. Hydrogen Energy*.–2001.–Vol. 26.–P. 683-689.
8. Guérard D. Ball Milling in the Presence of a Fluid: Results and Perspectives // *Rev. Adv. Mater. Sci*.–2008.–Vol. 18.–P. 225-230.
9. 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.
10. 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.
11. Schlesinger M. E. The Mn-Zr (manganese-zirconium) system // *J. Phase Equilibria*.–1999.–Vol. 20.–P. 79-83.
12. Larson J. E., Cook J. K., Wermer R. J., Tuggle G. D. Nitriding reaction with a Zr-Mn-Fe metal getter // *J. Alloys and Compounds*.–2002.–Vol. 330-332.–P. 897-901.
13. Okamoto H. Fe-Zr (Iron-Zirconium) // *J. Phase Equilibria and Diffusion*.–2006.–Vol. 27.–P. 543-544.
14. J.-M. Joubert, M. Latroche, A. Percheron-Guégan, I. Ansara, The Zr-Ni-Cr system at 1000 °C in the ZrCr₂-ZrNi-Ni-Cr region // *J. Phase Equilibria*.–195.–Vol. 16.–P. 485-492.
15. Sh.-J. Luo, Ch.-H. Wang, S.-W. Chen, Phase equilibria of the ternary Ni-Cr-Zr system and interfacial reactions in the Ni-Cr/Zr couples // *Met. Mat. Trans. A*.–2002.–Vol. 33A.–P. 995-1002.
16. Abraham D. P., Richardson J. W., McDeavitt S. M. Laves intermetallics in stainless steel–zirconium alloys // *Materials Science and Engineering*.–197.–Vol. A239-240.–P. 658-664.
17. Abraham D. P., Dietz N. L., Role of laves intermetallics in nuclear waste disposal // *Materials Science and Engineering*.–2002.–Vol. A329-331.–P. 610-615.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИДНО-ПОЛІЕФІРНИХ КОМПОЗИТІВ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МОРСЬКОГО І РІЧКОВОГО ТРАНСПОРТУ

Брайло М.В., Якущенко С.В., Кобельник О.С.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Янушенене Й.

Клайпедський університет

(Литва)

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку галузі транспортних технологій виникає необхідність використання полімерних матеріалів при будівництві, ремонті і відновленні окремих деталей та механізмів. У даному напрямку одним із раціональних рішень є застосування полімерних композитів. Цікавим є поєднання двох зв'язувачів різної природи в одному композитному матеріалі (КМ). Такий підхід дозволяє навіть при незначних концентраціях отримати матеріал, який відрізняється підвищеними експлуатаційними характеристиками. Тому розробка КМ з поєднанням поліефірної смоли в епоксидному зв'язувачі з поліпшеними і наперед заданими показниками теплофізичних властивостей є актуальним завданням сучасної науки і промисловості.

Мета роботи – дослідити теплофізичні властивості епоксидно-поліефірних композитів для деталей морського і річкового транспорту.

Результати досліджень та їх обговорення. На першому етапі досліджували теплостійкість (за Мартенсом) КМ. У вигляді зв'язувача використовували епоксидний олігомер з додаванням поліефірної ненасиченої смоли згідно з методикою дослідження. Введення поліефіру у кількості $q = 10$ мас.ч. приводить до збільшення теплостійкості композитів від $T = 341$ К (для матриці на основі епоксидного зв'язувача) до $T = 352$ К. Зі зростанням концентрації поліефіру до $q = 20...120$ мас.ч. встановлено монотонне зниження теплостійкості (за Мартенсом) розроблених КМ до $T = 347...302$ К. Аналогічно спостерігали функціональну залежність лінійної усадки від концентрації поліефірної смоли в епоксидному зв'язувачі. Усадка матриці на основі епоксидного зв'язувача становила $\Delta l = 0,31$ %. Встановлено, що мінімальною усадкою ($\Delta l = 0,06$ %) відрізняються КМ, що містять ENYDYNE H 68372 TAE у кількості $q = 10$ мас.ч. Подальше збільшення концентрації поліефірної смоли призводить до збільшення лінійної усадки до $\Delta l = 0,10...0,48$ %. Також дослідили особливості теплового розширення епоксидно-поліефірних матриць в наступних температурних діапазонах: 1 – $\Delta T = 303...323$ К; 2 – $\Delta T = 303...373$ К; 3 – $\Delta T = 303...423$ К; 4 – $\Delta T = 303...473$ К. Для матриці отримали наступні показники ТКЛР: при $\Delta T = 303...323$ К – $\alpha = 6,3 \times 10^{-5}$ К⁻¹, при $\Delta T = 303...373$ К – $\alpha = 6,8 \times 10^{-5}$ К⁻¹, при $\Delta T = 303...423$ К – $\alpha = 9,9 \times 10^{-5}$ К⁻¹, при $\Delta T = 303...473$ К – $\alpha = 10,9 \times 10^{-5}$ К⁻¹. Встановлено, що в першому діапазоні температур мінімальними значеннями ТКЛР ($\alpha = 1,7 \times 10^{-5}$ К⁻¹) характеризується КМ, що містить поліефірну смолу у кількості $q = 10$ мас.ч. Порівняно з епоксидною матрицею ТКЛР знизився на $\Delta \alpha = 4,6 \times 10^{-5}$ К⁻¹.

Висновки. Введення поліефірної смоли в епоксидний зв'язувач при незначних концентраціях ($q = 10$ мас.ч.) приводить до підвищення теплостійкості матриці від $T = 341$ К до $T = 352$ К та до зниження лінійної усадки композиту від $\Delta l = 0,31$ % до $\Delta l = 0,06$ %. За концентрації поліефіру $q = 10$ мас.ч. отримали мінімальні значення показників ТКЛР на відповідних діапазонах: $\Delta T = 303...323$ К – $\alpha = 1,7 \times 10^{-5}$ К⁻¹; $\Delta T = 303...373$ К – $\alpha = 2,2 \times 10^{-5}$ К⁻¹; $\Delta T = 303...423$ К – $\alpha = 3,8 \times 10^{-5}$ К⁻¹; $\Delta T = 303...473$ К – $\alpha = 8,9 \times 10^{-5}$ К⁻¹.

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МОДИФИКАТОРА НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНОЙ МАТРИЦЫ К СПЛАВАМ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ

Букетов А.В., Сметанкин С.А., Амелин М.Ю., Кулинич В.Г.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Маляренко О.Д.

Белорусский национальный технический университет

(Республика Беларусь)

Введение. В настоящее время во всем мире интенсивно развиваются технологии получения высококачественных защитных полимерных покрытий. Поэтому разработка научных принципов создания полимерных композиционных материалов (КМ) конструкционного назначения с улучшенными физико-механическими свойствами является актуальной задачей современного материаловедения. Одним из путей получения полимерных покрытий является применение связующего на основе эпоксидных смол. Совмещение эпоксидных смол с различными реакционноспособными модификаторами, а также подбор рецептуры, позволяют получать КМ с заданными улучшенными характеристиками. При этом они отличаются хорошей адгезией почти ко всем материалам: металлам, фарфору, керамике, стеклу, пластмассам, дереву и др.

Цель работы – исследовать влияние природы и количества модификатора на адгезионные свойства модифицированной матрицы к алюминиевой и стальной основе.

Результаты исследования и его обсуждение. Для определения оптимального содержания модификатора СФЭК в эпоксидной матрице проводили исследования адгезионной прочности при отрыве (σ_a), сдвиге (τ) и остаточных напряжений ($\sigma_{ост}$). Модификатор вводили в количестве от 0,10 до 2,00 масс.ч. на 100 масс.ч. эпоксидного олигомера ЭД-20. В качестве отвердителя для сшивания эпоксидных композиций использовали полиэтиленполиамин (ПЭПА) (ТУ 6-05-241-202-78).

Установлено оптимальное содержание модификатора для формирования матрицы, обладающей улучшенной адгезионной прочностью к алюминиевой основе. Показано, что введение модификатора в эпоксидное связующее в количестве $q = 1,50 \dots 1,75$ масс.ч. обеспечивает формирование материала, который отличается следующей адгезионной прочностью при отрыве: $\sigma_a = 51,3 \dots 55,5$ МПа (основа из алюминия марки Д16), $\sigma_a = 52,7 \dots 54,1$ МПа (основа из алюминия марки АМг5). Для формирования матрицы с оптимальными адгезионными свойствами к стальной основе марки Ст 3 необходимо в связующее вводить модификатор в количестве $q = 1,50$ масс.ч. Такой материал отличается следующими свойствами: адгезионная прочность при отрыве – $\sigma_a = 41,9$ МПа, адгезионная прочность при сдвиге – $\tau = 8,6$ МПа, остаточные напряжения – $\sigma_{ост} = 2,2$ МПа.

Как видно из сравнения результатов эксперимента, полученные данные указывают на весьма заметные различия динамики адгезионной прочности с увеличением содержания модификатора при отрыве КМ от основы из алюминиевых сплавов и от стального субстрата. На наш взгляд, это является следствием некоторого различия в характере протекания физико-химических процессов полимеризации на границе раздела фаз «адгезив – субстрат», что обусловлено как физической природой основы, так и химическим составом модификатора.

Выводы. Доказано, что для формирования матрицы с улучшенными адгезионными свойствами к основе из алюминиевых сплавов марки Д16 и марки АМг5 необходимо в

эпоксидный олигомер ЭД-20 (100 масс.ч.) вводит модификатор СФЭК в количестве $q = 1,50 \dots 1,75$ масс.ч. В таком случае формируется материал со следующими свойствами: $\sigma_a = 51,3 \dots 55,5$ МПа (основа из алюминия марки Д16), $\sigma_a = 52,7 \dots 54,1$ МПа (основа из алюминия марки АМг5). Для формирования матрицы с улучшенными адгезионными свойствами к стальной основе марки Ст 3 необходимо в эпоксидный олигомер ЭД-20 (100 масс.ч.) вводит модификатор СФЭК в количестве $q = 1,50$ масс.ч. При этом формируется материал со следующими свойствами: адгезионная прочность при отрыве матрицы от основы из стали марки Ст 3 – $\sigma_a = 41,9$ МПа, адгезионная прочность при сдвиге (основа – сталь марки Ст 3) – $\tau = 8,6$ МПа, остаточные напряжения – $\sigma_{ост} = 2,2$ МПа.

NUMERICAL MODELING OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESS AND ANALYSIS OF THERMALHYDRAULIC EFFICIENCY OF SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS WITH COMPACT ARRANGEMENTS OF TUBE BUNDLES

Gorobets V.G., Trokhaniak V.I., Antipov I.O.

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
(Ukraine)*

Bohdan Yu.O.

*Kherson State Maritime Academy
(Ukraine)*

Introduction. In conditions of energy and resource saving, the improvement of ship power plants depends to a large extent on the mass and dimensions of the ship's heat exchangers (HEX). The problem of reducing the mass-size characteristics of HEX solve by intensifying heat transfer and improving the design of heat transfer surface, and the problem of increasing the energy efficiency which solve by reducing the hydraulic resistance (power for pumping). Today well known many types of HEX and methods for improving of heat transfer, and many existing HEX constructions, about 80 % of them are shell-and-tube heat exchangers (STHEX) [1], which is primarily due to the possibility of their use at high temperatures and pressures.

In this work numerical investigation of the compact tube bundles of STHEX with the purpose of increasing of their energy efficiency and reducing mass-size characteristics are provided.

Modeling and analysys. For the co-generation plant on the base of combustion engine with new design waste heat utilizer of exhaust gases the computer modeling of hydrodynamics and heat transfer processes, which occur in channels of investigated tube bundles is conducted. The goal of these calculation is is to obtain the local distributions of the field of velocities, temperatures and pressures, and as well as obtaining of coefficients of thermalhydraulic efficiency. Geometry of the prospected channel with shifted compact location of small diameter tube is showed in Figure 1.

The numerical computer modeling of processes of heat transfer and hydrodynamics in the investigated tube bundles was conducted on the basis of method of eventual elements by means of ANSYS Fluent software. Mathematical model of heat- and mass transfer processes, which take place in the investigated STHEX [2, 3] in two-dimensional formulation includes a system of Navier-Stokes equations, equation of energy transfer for convective flows [4] and standard $k-\varepsilon$ model of turbulence [5]. Equations of convective transfer of mass and energy can be expressed as:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \rho w_x}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial \rho w_x}{\partial x} + w_y \frac{\partial \rho w_x}{\partial y} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w_x}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w_x}{\partial y} \right), \\ \frac{\partial \rho w_y}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial \rho w_y}{\partial x} + w_y \frac{\partial \rho w_y}{\partial y} &= -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w_y}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_{ef} \frac{\partial w_y}{\partial y} \right) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \frac{\partial \rho w_x}{\partial x} + \frac{\partial \rho w_y}{\partial y} = 0;$$

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial t}{\partial x} + w_y \frac{\partial t}{\partial y} = \frac{1}{\rho c_p} \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda_{ef} \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{1}{\rho c_p} \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda_{ef} \frac{\partial t}{\partial y} \right) \quad (2)$$

For the modeling of turbulent flow a two-parameter standard model that consists of two differential equations of kinetic energy transfer and velocity of dissipation is used.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \rho k}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial \rho k}{\partial x} + w_y \frac{\partial \rho k}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_k} \frac{\partial k}{\partial y} \right) + G_k - \rho \varepsilon, \\ \frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial \tau} + w_x \frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial x} + w_y \frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\mu_{ef}}{\sigma_\varepsilon} \frac{\partial \varepsilon}{\partial y} \right) + c_{\varepsilon 1} G_k \frac{\varepsilon}{k} - c_{\varepsilon 2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}, \end{aligned} \quad (3)$$

where $\mu_{ef} = \mu + \mu_t$, $\lambda_{ef} = \lambda + \lambda_t$, $\mu_t = \frac{c_\mu \rho k^2}{\varepsilon}$, $G_k = \mu + \frac{\partial w_x}{\partial x_i} \left(\frac{\partial w_j}{\partial x_i} + \frac{\partial w_i}{\partial x_j} \right)$,
 $c_\mu = 0.09, c_{\varepsilon 1} = 1.44, c_{\varepsilon 2} = 1.92, \sigma_k = 1, \sigma_\varepsilon = 1.3$.

The boundary conditions has next form

$$w_i(\tau = 0) = 0, w_i(x = 0) = w_{in}, w_i(x_i = x_w) = 0, t|_s = t_w|_s \quad (4)$$

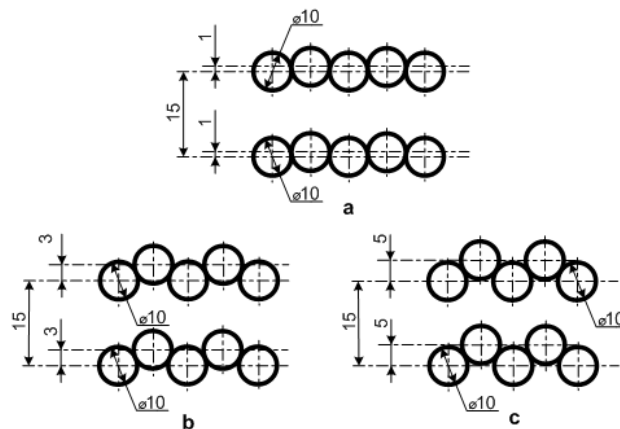


Figure 1 – Geometry of arrangement of tube bundles with the shifted compact location of small diameter tube: a – shifting of tubes in 1 mm; b – shifting of tubes in 3 mm; c – shifting of tubes in 5 mm.

The geometry of tube bundles with a tube diameter $d = 10$ mm is shown in Figure 1, which differ from geometry of arrangement of tube bundles with inline compact location of small diameter tubes by their more compact arrangement with shifting of adjacent tubes by some distance, five variants of the bundle design are considered, with a shifting of tubes in the transverse direction K from 1 to 5 mm. Three variants of the construction are shown in Figure 1, which, respectively, have a tube shifting of 1, 3 and 5 mm relative to the axis of the longitudinal row, which has no shifting. The calculations were carried out at a Reynolds number of $18,6 \cdot 10^3$. As the heat carriers, the exhaust gases (hot heat carrier) of the internal combustion engine with a temperature of 470 °C at the inlet to the HEX, which flow in the intertubular channels, and the fresh water (cold heat carrier) moving inside pipes with inlet temperature in HEX equal to 20 °C.

Numerical modeling of heat transfer and hydrodynamics in channels with compact arrangement of tube bundles was performed for bundles that contain 40 tubes in a single row with a diameter of 10 mm.

To evaluate the heat exchange surface, from the energy point of view, the coefficient of thermalhydraulic efficiency (M.V. Kirpichev's criterion) is used, which is defined as the ratio of the transferred amount of heat Q through the heat exchange surface to the total power N required for pumping heat carriers through the heat transfer surface on both sides (without taking into account the efficiency of the superchargers and drives) [6]

$$E = \frac{Q}{N}, \quad (5)$$

The amount of heat that is taken from the hot or transferred to the cold heat carrier is determined by the formula

$$Q = c_p G \Delta T, \quad (6)$$

Power required to pump the heat carrier:

$$N = \frac{\Delta p G}{\rho}, \quad (7)$$

To compare the energy efficiency values of the heat exchange surfaces differing in geometry, in addition to the thermalhydraulic efficiency, the Reynolds analogy factor FAR is also used as the ratio [7, 8]

$$FAR = \frac{\overline{Nu} / \overline{Nu}_0}{f / f_0}, \quad (8)$$

This parameter characterizes the ratio of the intensification of heat transfer to the growth of pressure losses. As reference (indicated by the index «0») in equation (8), the values of the Nusselt number \overline{Nu}_0 and the coefficient of hydraulic resistance f_0 in a plane channel with smooth walls with the same numbers are used.

Results and discussions. The results of numerical calculations for the channel with a shifting of adjacent tubes of 5 mm are given in Figures 2-4. The distribution of the velocity of the heat carrier flow in the channel is shown in Figure 2.

As we can see in Figure 2, at the upper point of the tube, the boundary layer separates, and at the junction of adjacent tubes, stagnant zones are observed. At separate points of the channel, the velocity of the exhaust gases reaches 55 m/s, and their average velocity in the narrow cross-section of the channel is about 45 m/s, which is greater than in the channels without shifting. In Figure 3 shows the temperature distributions in the intertubular channel. The outlet temperature of the cooled gas is 78 °C, which is the lowest temperature among the output temperatures that are achieved in the channels of other structures.



Figure 2 – Velocity of exhaust gases in the channels of tube bundles with shifting, m/s ($Re = 18,6 \cdot 10^3$)



Figure 3 – Change of temperature in the channels of tube bundles with shifting, °C ($Re = 18,6 \cdot 10^3$)

In Figure 4 shows the change in the pressure fields in the channel of the investigated structure. From the obtained pressure distributions it follows that the total pressure drop is about 15700 Pa and is unacceptable for HEX intended for the co-generation plant, it is necessary to

apply a small shifting of the tubes 1÷2 mm not exceeding the boundary-permissible back pressure of the engine.

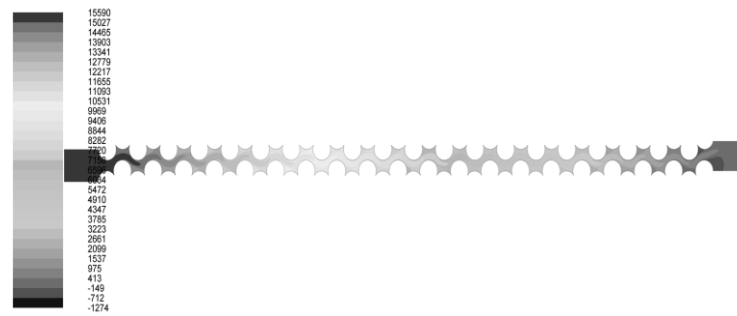
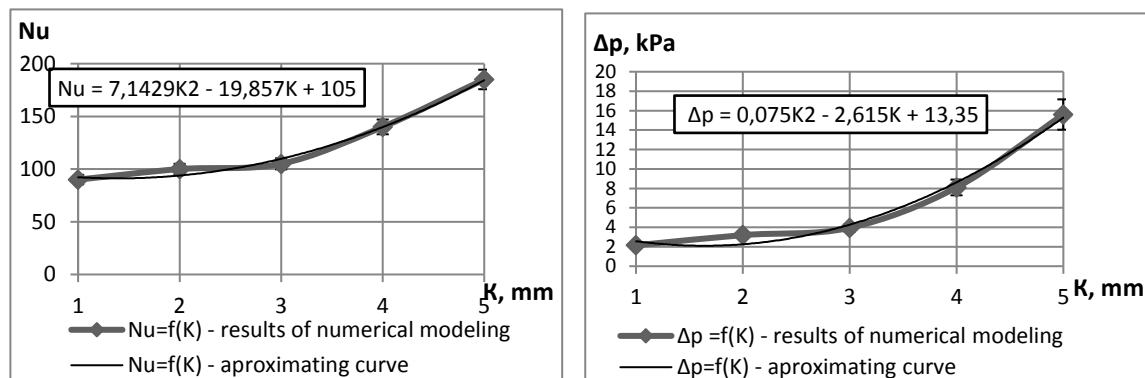


Figure 4 – Change of pressure in the channels of tube bundles with shifting, Pa ($Re = 18,6 \cdot 10^3$)

In Figure 5a shows the change the Nusselt number, depending on the geometry of the tubes arrangement in the bundles with shifting. The abscissa indicates the displacement values of adjacent tubes equal to 1, 2, 3, 4 and 5 mm, respectively, and the ordinate represents the average values of the Nusselt number over the surface of the tube bundles. As a result of the analysis of the obtained dependence, it can be concluded that the most effective in terms of the intensity of heat exchange is the geometry of the bundle with shifting of the tubes by 5 mm. It should also be noted that when the pipes are shifted by 5 mm, the pressure difference in the channel will be maximum (Figure 5b), because of this, when using such a geometry in the HEX, the back pressure on the diesel exhaust exceeds the limit value of 5 kPa and will be to have a significant impact on the engine efficiency. Therefore, in order to intensify the heat transfer, the most suitable small shifting of 1 to 3 mm, which do not cause a significant increase in aerodynamic resistance of the bundle.



a

b

Figure 5 – Dependence of the Nusselt number on the shifting of a tubes in bundles (a), dependence of the pressure drop on the shifting of a tubes in bundles (b)

In Figure 6a shows the dependence of the thermalhydraulic efficiency E (equation 5) on the geometry of tube arrangement in the bundle with shifting. As can we see in Figure 6a, the thermalhydraulic efficiency in such channels due to the growth of hydraulic resistance decreases with increasing shifting of adjacent tubes.

The calculated values of the Reynolds analogy factor FAR for channels with a compact geometry of tube bundles with shifting are shown in Figure 6b.

Analysis of the obtained dependences shows that from the point of view of the intensification of heat transfer processes on the surface of the bundles with an insignificant increase in the aerodynamic resistance, the design has better characteristics with a displacement of 1 to 3 mm (Figures 5, 6). Since the growth rates of hydraulic resistances exceed the growth

rates of the heat transfer coefficients, for the geometry of the channel with a large tube offset, the FAR parameter slightly decreases.

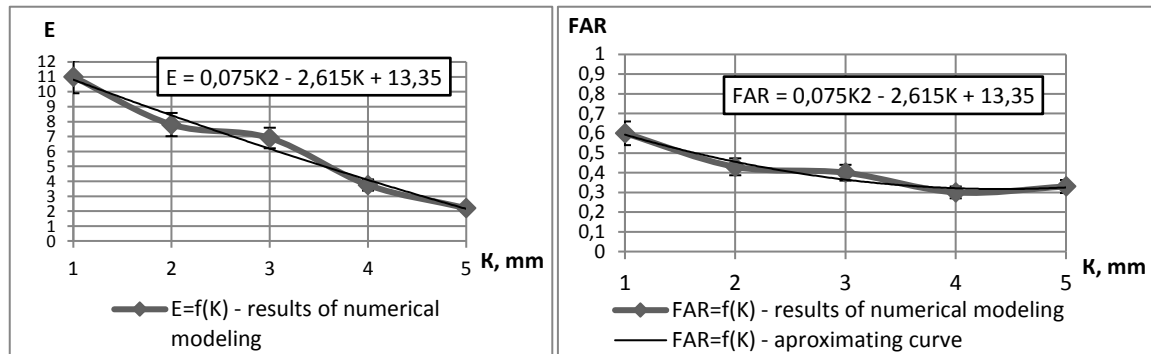


Figure – 6 Dependence of the thermalhydraulic efficiency on the shifting of a tubes in bundles (a), dependence of the Reynolds analogy factor FAR on the shifting of a tubes in bundles (b)

Conclusions: 1. Computer simulation of heat and mass transfer processes in channels with transverse flow past extremely compressed bundles with a shifting of adjacent tubes of small diameter and absence of a gap between adjacent tubes in the direction of the heat carrier motion is carried out. Fields of velocities, temperatures and pressures are obtained in the channels of bundle, the conditions of the hydrodynamic flow are analyzed, and the intensity of heat transfer between the heat carriers through the wall separating them is estimated.

2. A comparative analysis of the thermalhydraulic efficiency for channels with different displacement values of adjacent tubes equal to 1, 2, 3, 4 and 5 mm has been carried out, and it is shown that the designs of tube bundles developed are sufficiently effective at a significant reduction in the mass-size of the heat-exchange surface.

3. Analysis of the obtained dependences shows that from the point of view of the intensification of heat transfer processes on the surface of the bundles with an insignificant increase in the aerodynamic resistance, the design has better characteristics with a displacement of 1 to 3 mm.

REFERENCES

1. Gortyishev Yu.F. et al., 2009, Thermohydraulic efficiency of perspective methods of heat transfer intensification in the channels of heat-exchange equipment, Tsentr innovatsionnyih tehnologii, Kazan.
2. Gorobets, V.G., and Bohdan, Yu.O. Heat exchanger. UA Patent 104559, F28D 7/00 filed March 27, 2013, and issued February 10, 2014.
3. Gorobets V.G., Trokhaniak V.I., Bohdan Yu.O., Heat exchanger. UA Patent 111751, F28D 7/16 filed April 17, 2014, and issued June 10, 2016.
4. Schlichting, H., 1979, Boundary-Layer Theory, 7th edition, McGraw-Hill, New York.
5. ANSYS FLUENT Theory Guide. Release 14. ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, 2011.
6. Kirpichev, M.V., 1944 O nayvyigodneyshey forme poverhnosti nagreva, Izv. ENIN after G.M. Krzhizhanovskogo, Vol. 12, pp.5-9.
7. Khalatov, A., 2005, Heat transfer and hydrodynamics near the surface of depressions (wells), The Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine, Kyiv.
8. Khalatov, A., Onischenko, V., Borisov, I., 2007, An analogy of heat transfer and momentum in channels with surface vortex generators, Reports of the NAS of Ukraine, no. 6., pp. 70-75.

РОБОТА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ

Глазєва О.В., Власов В.Б.

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

Введення. Однією з найбільш поширених аномалій при експлуатації асинхронних двигунів (АД) є нестабільна напруга мережі. Відхилення напруги можуть досягати 15 і більше відсотків, що перевищує допустиме значення. Зміна напруги може привести до зростання струму в обмотках асинхронного двигуна, до збільшення втрат, зростання температури обмоток асинхронного двигуна і в результаті - дострокового виходу його з ладу.

Актуальність досліджень. Дослідження, які спрямовані на вивчення особливостей режимів роботи асинхронних двигунів в умовах постійної несиметрії напруги мережі, розробка пристроїв контролю режиму роботи цих двигунів при поздовжніх і поперечних несиметриях в обмотці статора є актуальними [1].

Для дослідження впливу цих режимів на динаміку електроприводу і надійність електродвигунів, що входять до його складу, необхідно аналізувати дані про миттєві значення основних змінних електроприводу: напруг, струмів, температур обмоток, швидкості обертання і т.п.[2].

Постановка задачі. Метою даної роботи є дослідження впливу несиметрії напруги живлення на електромеханічні характеристики асинхронного двигуна в статичних і динамічних режимах з використанням фільтрів симетричних складових напруги (ФССН) і струму (ФССС).

Створена модель «Мережа – ФССН – ФССС – АД» являє собою джерело трифазної мережі (3 ~ 220В, 50Гц), до якої підключено АД потужністю 0,18 кВт. Також, для визначення симетричних складових струму та напруги, до мережі були підключені фільтри струму та напруги, це два комбінованих фільтра [3]: фільтр напруги прямої (ФНПП) та зворотної послідовності (ФНЗП) і фільтр струму прямої (ФСПП) та зворотної послідовності (ФСЗП).

Розрахунок струмів в обмотках статора АД при несиметрії джерела живлення традиційно здійснюється методом симетричних складових, проте для розрахунку динамічних режимів доцільніше використовувати імітаційне моделювання з використанням програмного пакету Matlab Simulink.

Результати досліджень. Для дослідження використано асинхронний короткозамкнений електродвигун 4АА56А2У3. На рис.1 представлена розроблена модель системи «Мережа – ФССН – ФССС – АД» для дослідження впливу несиметрії напруги живлення на роботу АД з вентиляторним навантаженням в режимі прямого пуску [4].

Результатами моделювання асинхронної машини є часові діаграми процесів її основних електромеханічних змінних. На рис.2 наведено графіки швидкості, електромагнітного моменту, струмів статора при пуску двигуна з номінальним навантаженням, за якими можна зробити висновок, що електромеханічні характеристики відповідають заявленим паспортним даним.

Так як в роботі розглядається вплив несиметрії джерела живлення на роботу АД, то за допомогою блоку «Генератор ступеневого сигналу» **Step** була реалізована амплітудна несиметрія джерела живлення (ДЖ) за рахунок зміни напруги фази С двигуна на інтервалі часу від 1,4 – 2,4 сек. відповідно на 20%, 10%, 5%.

В якості параметрів несиметрії напруги мережі прийнято використати: коефіцієнт несиметрії зворотної послідовності за напругою K_{2U} та струму K_{2I} [5]:

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_1} \cdot 100\%, \quad K_{2I} = \frac{I_2}{I_1} \cdot 100\%,$$

де U_2 - значення напруги зворотної послідовності; U_1 - значення напруги прямої послідовності; I_2 - значення струму зворотної послідовності; I_1 - значення струму прямої послідовності. При моделюванні значення симетричних складових різних послідовностей напруг (U_1, U_2) и струмів (I_1, I_2), необхідних для визначення відповідних коефіцієнтів визначались за допомогою ФССН та ФССС.

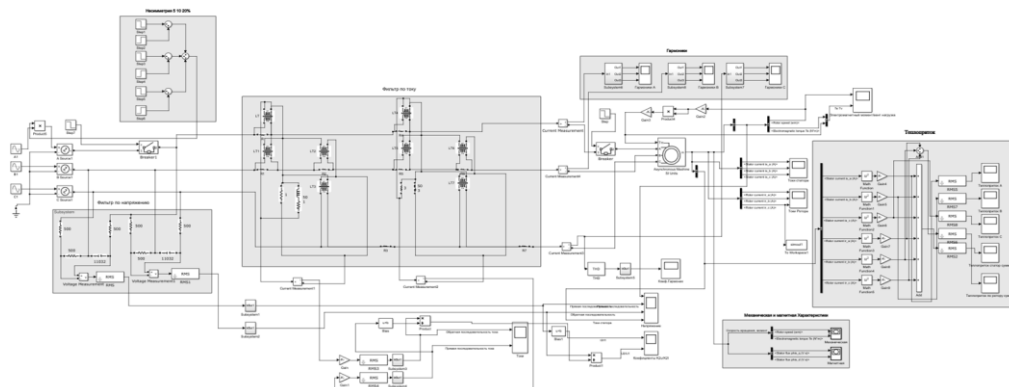


Рисунок 1 – Модель системи «Мережа – ФССН – ФССС – АД»

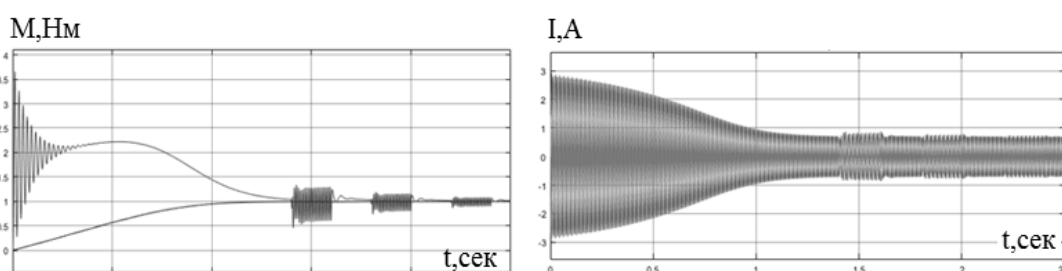


Рисунок 2 – Перехідні процеси електромагнітного моменту та струмів статору

АД 4АА56А2У3 з вентиляторним навантаженням

Завдяки наявності ФСС були отримані графіки зміни симетричних складових струму та напруги в усталеному режимі при різних режимах несиметрії джерела (рис.2). Можна побачити, що при симетричному режимі роботи джерела живлення відсутні зворотні симетричні складові струму та напруги, при несиметрії зворотні складові струму и напруги збільшуються, а прямі – зменшуються, також збільшується амплітуда коливання електромагнітного моменту.

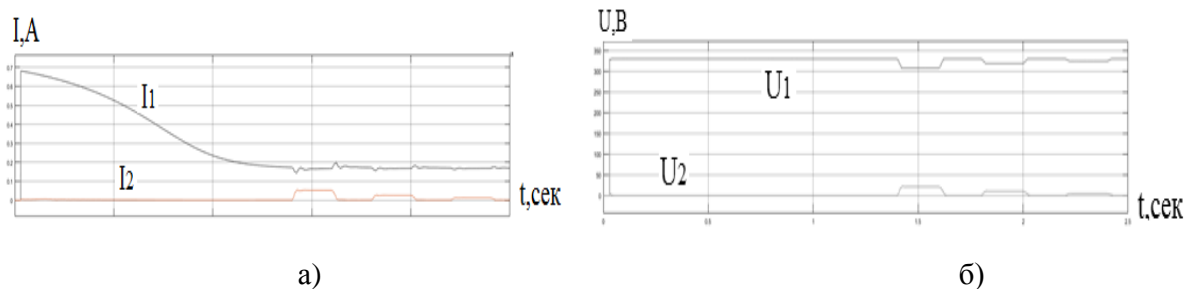


Рисунок 3 – Симетричні складові струму (а) та напруги (б) АД 4АА56А2У3

За допомогою блоків моделі було отримано графіки зміни коефіцієнтів несиметрії по напрузі K_{2U} на інтервалі часу від 1,4 – 2,4 сек., а також відповідна йому зміна коефіцієнту несиметрії зворотної послідовності по струму K_{2I} (рис.4).

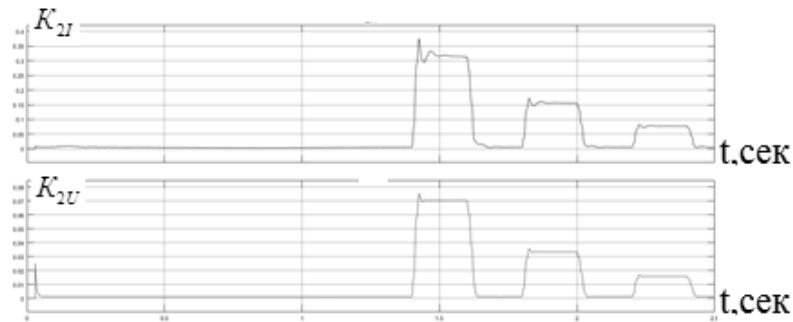


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнтів несиметрії зворотної послідовності за напругою K_{2U} (а) та струму K_{2I} (б) при зміні напруги фази С двигуна відповідно на 20%, 10%, 5%.

За даними рис. 4 визначено, що коефіцієнту несиметрії $K_{2U} = 7\%$ (інтервал часу від 1,4 – 1,6 сек.) відповідає коефіцієнту несиметрії $K_{2I} = 32\%$; коефіцієнту несиметрії $K_{2U} = 3,3\%$ (інтервал часу від 1,8 – 2 сек.) відповідає коефіцієнту несиметрії $K_{2I} = 15\%$; коефіцієнту несиметрії $K_{2U} = 1,5\%$ (інтервал часу від 2,2 – 2,4 сек.) відповідає коефіцієнту несиметрії $K_{2I} = 8\%$. Як показали отримані результати, незначне зростання коефіцієнту несиметрії за напругою викликає значне збільшення коефіцієнту несиметрії за струмом.

Прийняв в ролі вихідного параметра, що характеризує тепловий стан машини, струм I через обмотку двигуна за допомогою моделі було отримано розрахунок теплопритоку Q_{CVMM} , який створюється виключно за рахунок струмів статора без урахування ряду факторів, які впливають на величину тепловтрат або теплопостачання.

У середовищі Simulink було створено блок розрахунку теплопритоку (рис.5), згідно з формулою (1):

$$Q_{CVMM} = R_S \sum_1^3 I_{Si}^2 + R_r \sum_1^3 I_{ri}^2 = R_S (I_{SA}^2 + I_{SB}^2 + I_{SC}^2) + R_r (I_{rA}^2 + I_{rB}^2 + I_{rC}^2) \quad (1)$$

де R_S – опір обмотки статора; R_r – опір обмотки ротора; I_S, I_r – відповідно струми обмоток статора і ротора.

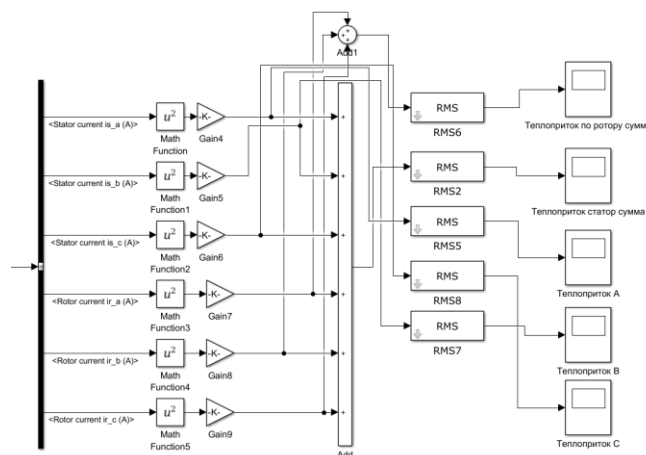


Рисунок 5 – Блок моделі для розрахунку теплопритоку АД

За допомогою даного блоку можна оцінити теплоприток по трьом обмоткам статора та ротора двигуна разом, або по кожній з обмоток статора окремо при різних коефіцієнтах несиметрії ДЖ.

Таблиця 1 – Розрахунок теплопритоку АД

№	U_A	U_B	U_C	Q_A	Q_B	Q_C	$Q_{СУММ}$	$K_{2U} \%$	$K_{2I} \%$
	В	В	В	Вт	Вт	Вт	Вт		
1	220	220	220	16.5	16.6	16.6	51.35	0	0.085
2	200	205	210	15,5	16,5	19	55	1,35	6,8
3	190	220	210	10.7	21.9	19.8	58.2	4.2	20
4	200	235	230	9.3	21.5	23	59	4.9	25.1
5	190	210	230	11	16.4	27	61	5.4	27
6	190	200	240	13	13	31	67	7.2	35.8

Графік залежності $Q_{СУММ} = f(K_{2U})$ (рис.6) показує зростання теплопритоку двигуна при збільшенні коефіцієнту несиметрії ДЖ. При $K_{2U} = 100\%$ (обрив фази статора) теплоприток $Q_{СУММ}$ має максимальне значення.

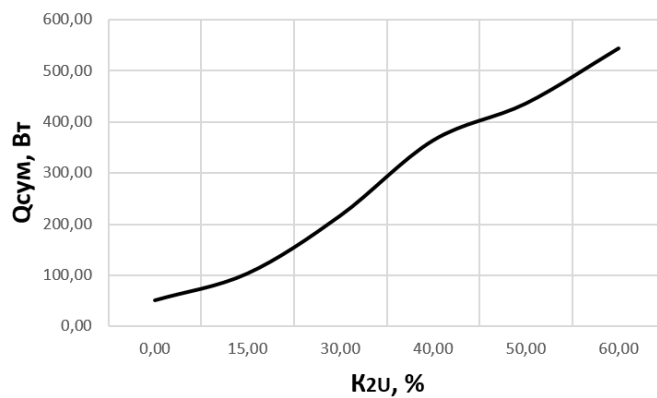


Рисунок 6 – Графіки залежності $Q_{СУММ} = f(K_{2U})$

Отримані результати моделювання перевірені на адекватність методами експериментальних досліджень на створеному експериментальному стенді, електрична принципова схема якого наведена на рис.7.

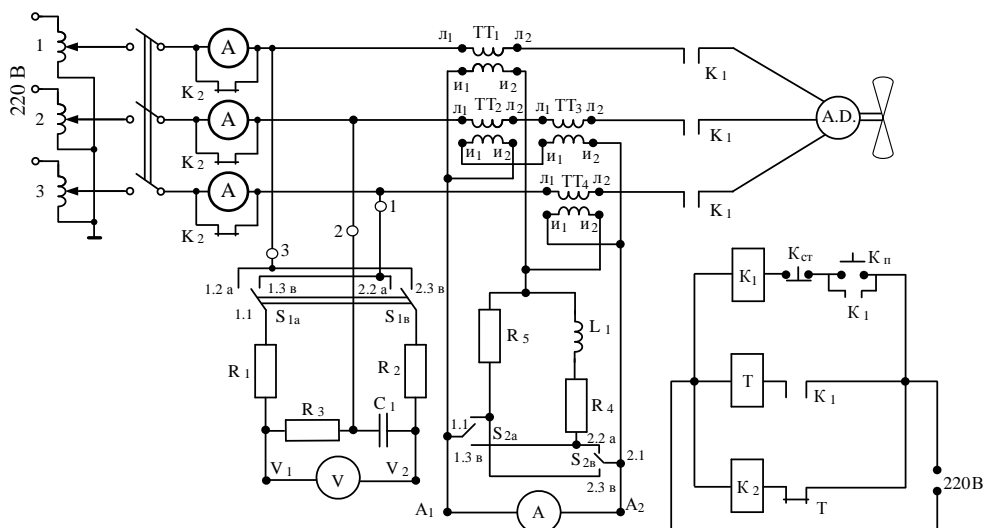


Рисунок 7 – Схема електрична принципова для дослідження роботи АД при різних видах

несиметрії з боку джерела живлення та двигуна

На рис.8 представлено стенд для проведення експериментальних досліджень роботи АД при несиметрії джерела живлення.

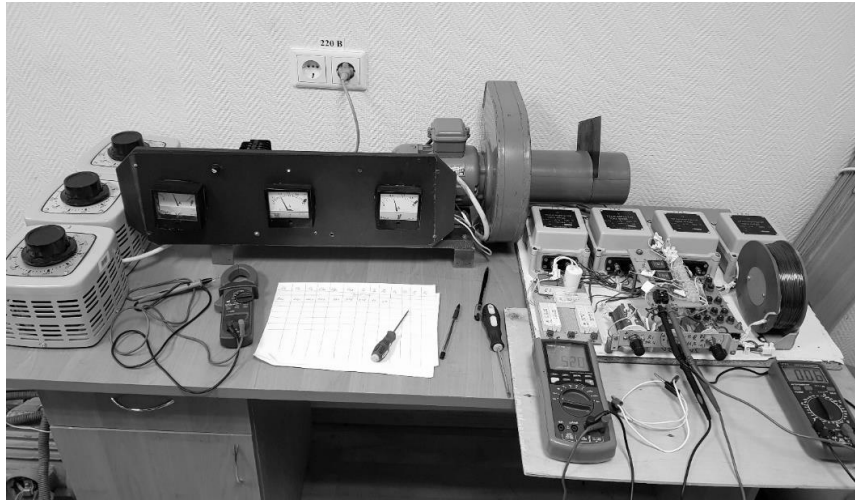


Рисунок 8 – Лабораторний стенд для дослідження несиметричних режимів роботи АД

Висновки: Аналіз результатів моделювання дозволив зробити наступні висновки: створена імітаційна модель «Мережа – ФССН – ФССС – АД» дозволяє оцінити вплив несиметрії ДЖ на роботу асинхронного електродвигуна. Несиметричні режими роботи мережі впливають як на амплітудне значення струмів статора, так і на їх кут зсуву фази. Вплив несиметрії напруги живлення на динамічні механічні характеристики асинхронного електродвигуна виражається в першу чергу збільшенням амплітуди коливань динамічного електромагнітного моменту, що негативно впливає на роботу як електродвигуна, так і механічної частини електроприводу. Аналіз сумарного та пофазного теплопритоків підтвердив, що навіть невеликий рівень несиметрії напруги на затискачах АД, внаслідок низького опорного зворотній послідовності, призводить до значного збільшення втрат активної потужності і як наслідок до перегріву двигуна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Повелица Д. М., Ивченков Н. В., Кутковой И. П. Исследование влияния несимметричных режимов на работу асинхронного электродвигателя в программном пакете Matlab Simulink. Научный вестник ДГМА, № 3 (21Е), 2016. 149 – 155 с.
2. Качество электрической энергии на судах: Справочник. /В.Х. Шейнихович, О.Н. Климанов, Ю.И. Пайкин, Ю.Я. Зубарев. – Л.: Судостроение, 1988. – 160 с.: ил.
3. Константинов В.Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1988. – 312 с., ил.
4. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink /И. В. Черных. – М. : ДМК Пресс ; СПб. : Питер, 2008. – 288 с.
5. Коваленко, П.В. Основные показатели несимметрии напряжений в электрических сетях / П.В. Коваленко // Известия вузов. Электромеханика. – 2008. – №3. – С. 62-65.
6. Пинчук О.Г. Защита от тепловых перегрузок обмоток асинхронных двигателей при несимметрии питающего напряжения / Пинчук О.Г. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: «Електротехніка і енергетика», випуск 7 (128). - Донецьк, 2007. - С. 193 - 196.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТИ ОЛИВИ І ПАЛИВА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНІЧНИХ ДОБАВОК В ДВИГУНАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Дем'янчук Я.М., Дмитренко В.С.

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна)*

Для забезпечення надійної роботи двигунів використовуються високоякісні і дороговартісні бензини і дизельні та газові палива, що вимагає їх економії в процесі експлуатації за допомогою різних методів. Проте недостатньо досліджено вплив різних технічних добавок до оливи і палива на зменшення тертя і зносу в агрегатах та витрату моторних палив на різних режимах роботи двигунів при експлуатації автомобілів.

Постановка проблеми. При використанні технічних добавок до масел на різних режимах роботи двигунів є недослідженим витрата оливи і палива. Тому доцільно провести такі дослідження.

Огляд літератури. Основне завдання технічних добавок для автомобіля - це поліпшення роботи двигуна, зниження зносу, відновлення та зменшення витрати оливи і палива. Нанодобавка Nano Energiser до оливи забезпечує зниження витрати палива на 8..21 %, шуму в 5, а коефіцієнта тертя в 10 разів, викидів CO і CH в 3..4 рази. [1]. Присадка Wagner Micro-Ceramic Oil зменшує витрату палива на 8...15 %, збільшує ресурс агрегатів в 1,5 рази [2]. Технічна алмазно-фулеренова нанодобавка «60000» компанії «Алмей» зменшує витрату палива на 10...30 %, збільшує термін служби моторної оливи до 60000 км без заміни оливного фільтра, збільшує термін служби деталей в 5...8 разів [3]. Додавання мінерального антифрикційного композиту Nanoprotex до оливи M-12Г2к збільшує граничне навантаження на деталі до утворення задирок на 40 %. Застосування Nanoprotex в двигуні 2Ч 8.5/11 дало збільшення механічного ККД цього двигуна на 15...45 %. На режимах 50... 80 % навантаження застосування технічної добавки Nanoprotex збільшує ефективний ККД двигуна та зменшує питому ефективну витрату палива на 8...11%. Вплив Nanoprotex на робочий процес двигуна є можливим внаслідок створення антифрикційного покриття з великою оливоутримуючою здатністю. Дослідження показали, що застосування антифрикційної добавки Nanoprotex не погіршує характеристик основного пакету присадок оливи, яка використовується в двигуні [4]. Відома також технічна добавка на основі нанотехнологій «Мега Форс» науково-виробничого об'єднання «МЕГАФОРС», яка зменшує витрату палива на 5 % при експлуатації автомобіля в екстремальних і важких умовах експлуатації та при запуску двигуна за низьких температур [5].

За результатами стендових випробувань двигуна ВАЗ-2108 після трикратної обробки препаратом «Супротек» було отримано зниження витрати палива більш, ніж на 6.5% та приріст ефективної потужності на 4.5%. Спостерігається також зниження токсичності відпрацьованих газів за компонентами CO та CH, тобто підвищується повнота згоряння палива. Після обробки двигуна препаратом «Супротек» спостерігається зниження втрат на тертя на 30...35% в зоні малих частот обертання колінчастого вала двигуна та на 8...12% - в зоні великих частот. Спостерігають також підвищення герметичності циліндро-поршневої групи (ЦПГ), що виражається в підвищенні компресії в циліндрах двигуна. Зменшення швидкості зносу деталей ЦПГ після застосування технічної добавки «Супротек» склало 30...45%, а підшипників колінчастого валу – 40...80%[6].

Технічна добавка «Супротек» також була використана для обробки двигуна великовантажного автомобіля Iveco, витрата оливи «на вигар» якого до обробки становила

4л/1000 км, а після трикратної обробки даною технічною добавкою знизилась до 0.3 л/1000 км, а середня витрата палива знизилась на 15% [7].

Застосування технології «Супротек» дало наступні середньостатистичні результати: зниження затрат на капітальний ремонт техніки на 100% (ремонти відсутні), зниження затрат на технічне обслуговування на 50 % (вдвічі збільшено інтервал заміни моторної оливи), зниження середньої витрати палива на 5 %, а також зниження витрати оливи «на вигар» на 80% [8].

Технічна добавка XADO 1 Stage відновлює поверхні тертя, захищає деталі двигуна; підвищує і вирівнює компресію в циліндрах двигуна; підвищує потужність і прийомистість двигуна; знижує витрату палива; підвищує тиск оливи в масло систем, збільшує термін роботи вузлів в 2...3 рази; захищає від негативних наслідків холодного пуску; знижує рівень шуму і вібрацій. [9]

З огляду видно, що широкого застосування набули нанодобавки, які зменшують витрату оливи і палива.

Постановка задачі. Як відомо зниження витрати моторних оливи і палива під час експлуатації нафтогазового і автомобільного транспорту є важливим чинником енергозаощадження і зменшення шкідливого впливу на екологію. Але вплив різних технічних добавок до оливи та моторних палив для зменшення тертя і витрати палива недостатньо досліджувався на газобалонному автомобілі. Тому це питання є актуальним і вимагає відповідних досліджень.

Матеріали та результати експериментальних досліджень.

Об'єкт дослідження: автомобіль Audi 100. Двигун: максимальна потужність -85 кВт /5200 об/хв., робочий об'єм -2 л, максимальний крутний момент -170 Нм /3000хв⁻¹, кількість циліндрів -5, кількість клапанів на циліндр -2, система живлення – карбюратор, степінь стиску -10, діаметр циліндра і хід поршня – 81мм × 77.4мм, двигун працює з ГБО другого покоління на пропан-бутані.

Використовуване пальне і олива:

- бензин - А95 (ДСТУ 4839:2007),
- скраплений газ - пропан-бутан (ДСТУ 4047-2001),
- олива - ЛЕОЛ 10W40, API SL/CM, ACEA A3 B3.

Устаткування і прилади: витратомір палива на газобалонній установці автомобіля, ємність для доливу оливи на угар, компресометр - Intertool AT-4001.

Метод дослідження: експлуатаційні випробування двигунів у процесі експлуатації автомобіля на лінії.

Методика дослідження технічне обслуговування двигуна автомобіля проводилося в повному обсязі. Для дослідження одноразово з тюбика заливалося ХАДО- 1 Stage в прогрітій двигун і оцінювалися ефективність присадки суб'єктивно за динамікою запуску і розгону, плавністю переходу з однієї передачі на другу, шумністю роботи гідрокомпенсаторів газорозподільного механізму у процесі експлуатації. Також перевірялася компресія двигуна. Витрата палива замірялась неодноразово. Оцінка витрати проводилася як на бензині, так і на пропан-бутані, а саме заправлявся повний бак і їздили 100 км, поверталися на ту ж заправну станцію і знову заправлялися до повного баку. По кількості пального, яку заливали отримали витрату палива. Проводилися дослідження надійності по відмовах і несправностях у процесі експлуатації автомобіля в цілому. Досліджували витрату оливи і палива з нанодобавками в двигунах при експлуатації автомобілів

Результати дослідження: Після проведення досліджень було виявлено, що, якщо витрата оливи на вигар до 200 мл на 1000 км, це дорівнює зносу ЦПГ двигуна 20 %, якщо витрата 1000 мл на 1000 км, то ніякого результату від заливання нанодобавок не буде.

Під час досліджень в даному двигуні при заливанні нанодобавки ХАДО- 1 Stage зменшилася витрата оливи на вигар у 2 рази і склала 105 г/1000 км, компресія збільшилася

на 0,05...0,07 МПа. Без використання нанодобавки витрата газу пропан-бутан склала 12,5л/100 км, а при використанні нанодобавки ХАДО- 1 Stage витрата пропан-бутану склала 11,5л/100 км. Тобто зменшення витрати палива при використанні нанодобавки склало 8,7 %. Відмов двигуна автомобіля під час дослідження не виявлено. Робота гідрокомпенсаторів, яка супроводжувалася шумом відновилася через 300...500 км пробігу двигуна. Результати досліджень впроваджені на автомобілі Ауді 100.

Зменшення витрати палива при використанні технічних добавок склало 8,7-9 %. Відмов двигунів автомобілів під час дослідження не виявлено.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нанодобавка до оливи [Електронний ресурс]: <http://www.nanoenergizer.com.ua>
2. Нанодобавка до оливи [Електронний ресурс]: [wagner micro – ceramic oil. com](http://wagnermicro-ceramicoil.com).
3. Присадка «60 000» [Електронний ресурс]: <http://www.almay-nano.com.ua/production>.
4. Нанопротек: расчет экономии [Електронний ресурс]: <http://www.nanoprotect.ua/pages/28>.
5. Нанотехнология «Мегафорс» [Електронний ресурс]: <http://www.megaforce.net.ua>.
6. Акт испытаний технологии «Супротек» на автомобиле [Електронний ресурс]: <http://www.suprotect.ru/index.php>.
7. Акт испытаний СК «Супротек» на автомобиле IVECO [Електронний ресурс]: <http://www.suprotect.ru/index.php?id=205>.
8. Акт испытаний технологии «Супротек» на 29 единицах автотранспортной техники [Електронний ресурс]: <http://www.suprotect.ru/index.php?id=393>.
9. Нанодобавка до оливи [Електронний ресурс]: [http://www.chado – 1 stage.com.ua](http://www.chado-1stage.com.ua).

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ОХОЛОДЖЕННЯ СУДНОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ

Дощенко Г.Г., Наговський Д.А.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Система охолодження суднових генераторів призначена для відводу тепла від деталей двигуна, схильних до нагрівання гарячими газами і для підтримки допустимих температур, визначених жароміцністю матеріалів, термостабільністю мастила і оптимальними умовами протікання робочого процесу. Залежно від конструкції ДВС кількість тепла, що відводиться в охолоджуючу рідину, становить 15-35% тепла, що виділяється при згорянні палива в циліндрах.

Суднова система енергозбереження Energy Saving System (ESS), фірми HYUNDAI контролює температуру контуру морської та прісної води з низькою температурою, а також положення 3-ходового клапана та контролює частоту оберту основного охолоджуючого насоса морської води, щоб він міг заощадити необхідну потужність споживання для роботи основного охолоджуючого водяного насоса. На рисунку 1 наведена схема мікроконтролерної суднової системи енергозбереження ESS [1].

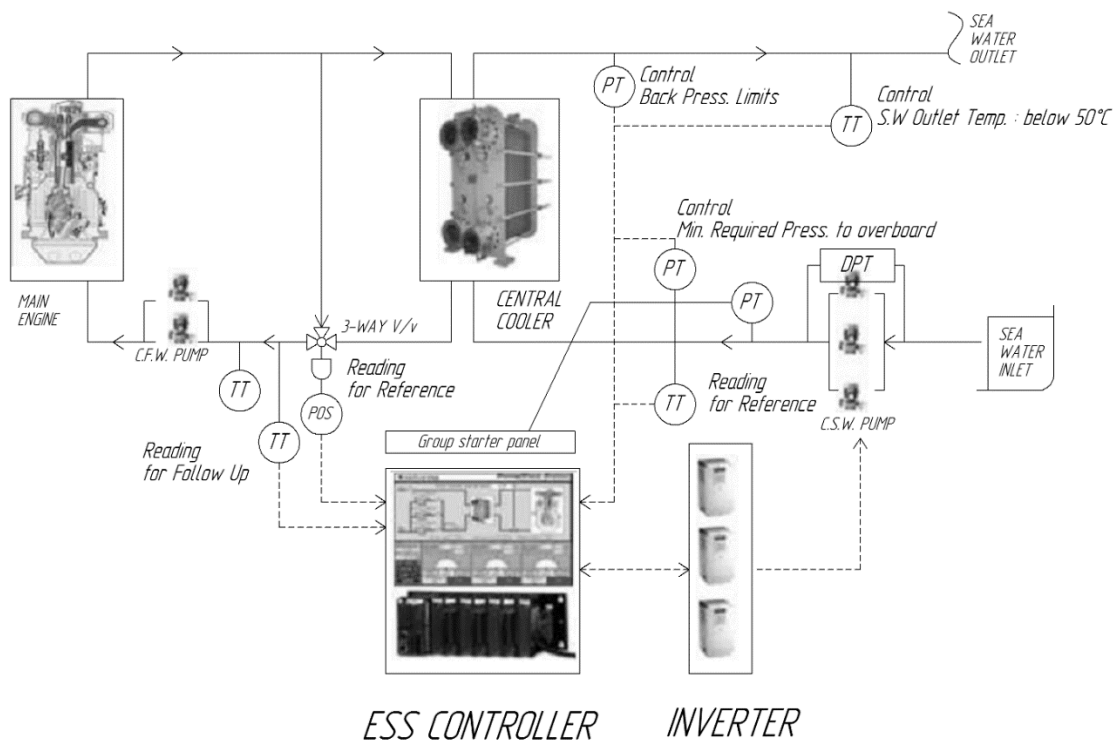


Рисунок 1 – Схема мікроконтролерної суднової системи енергозбереження ESS

В результаті ця система зменшує експлуатаційну вартість використаного палива судном в цілому.

Для більшості суден така система була розроблена з температурою морської води 32°C, але справжня температура морської води нижче розрахункової, тому теплова потужність цих додаткових пристроїв збільшені. Це означає, що збільшення охолоджуючої здатності нижче за припустиму температуру.

У разі центральної системи охолодження центральний охолоджувач f.w (свого роду допоміжна машина) може охолоджувати до заданого значення у 36 °C. Іншими словами,

центральный охладжувач f.w має більше значення температури та 3-ходовий клапан, який відкритий з сторони байпасу.

При цьому ця центральна система охолодження не ефективна, оскільки насос основної охолоджуючої морської води завжди працює на 100 %, не залежно від реальної температури морської води. Таким чином, очевидно, що необхідно запустити систему ESS, яка може дати економію палива для судна.

Для подачі прісної води у замкнуту систему охолодження використовують три насоси, а для морської забортної води – три вертикальних одноступінчатих центробіжних насосів, тобто по одному на кожен насос.

Система ESS складається з контролера та інвертора, датчиків перетворювачів тиску та датчику температури.

ESS CONTROLLER. Контролер ESS визначає температуру морської води на вході та виході, тиск основного охолодження всмоктування / скидання насосу морської води, тиск, температуру та положення 3-ходового клапана.

Контролер ESS порівнює з заданим значенням, далі він обмінюється отриманими даними з інвертором. Якщо ESS CONTROLLER не працює, ESS не буде контролювати систему. При цьому система перетворюється до попередньої системи охолодження судна автоматично. Отже, ESS не дає сигнали до центральної системи охолодження води на судні, при цьому переваг у роботі немає. На рисунку 2 наведено алгоритм роботи системи енергозбереження ESS [1].

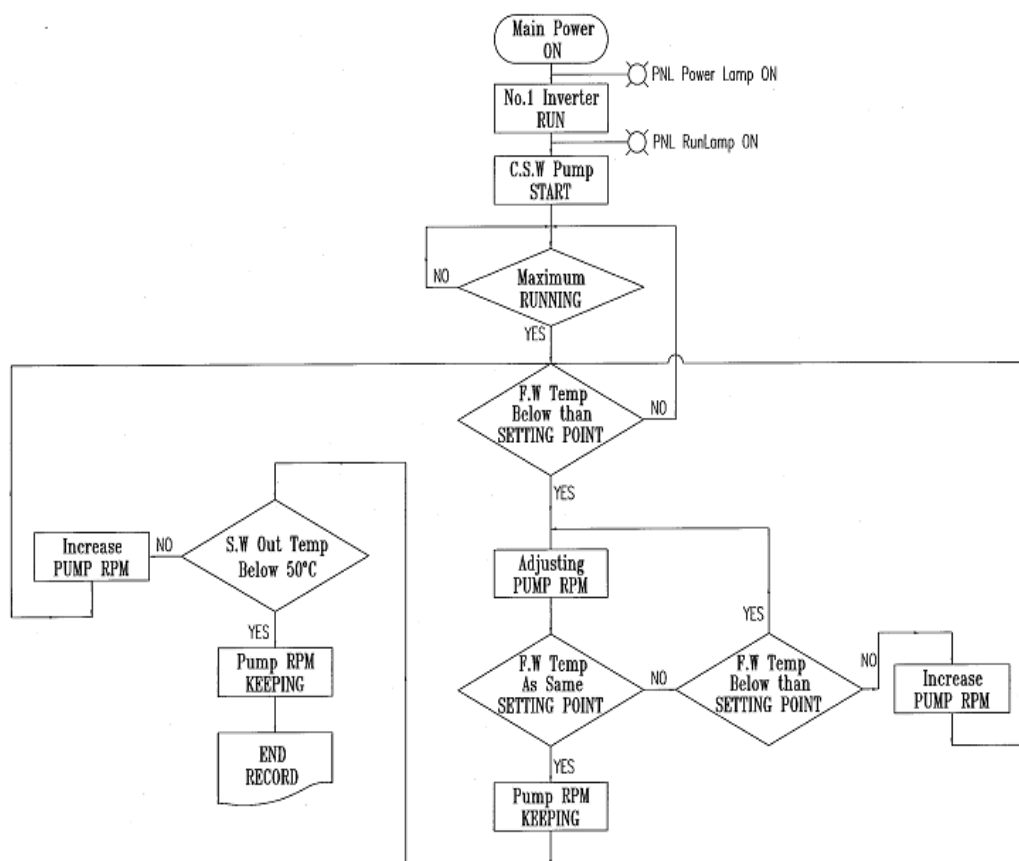


Рисунок 2 – Алгоритм роботи системи енергозбереження ESS

INVERTER. Інвертор взаємодіє з контролером ESS, а потім за допомогою мікроконтроллера PLS керує охолоджуючим мотором водяного насоса.

Інвертор Dong Hwa оснащений автоматичним енергозбереженням. Таким чином, він мінімізує втрати енергії при фактичному зміні навантаження з використанням оптимального методу управління потоком.

У випадку несправності інвертора, насос автоматично переключиться на режим очікування на ESS. При цьому використовується джерело живлення з напругою в межах допустимого діапазону вхідного сигналу інвертора.

Передавач диференційного тиску. Цей передавач диференціального тиску, який встановлений в головному насосі охолоджуючої морської води. Він контролює тиск нагнітання і всмоктування головного охолоджуючого водяного насоса, потім він керує заміною частоти оберту насоса в аварійній ситуації.

Перетворювач тиску. Цей датчик тиску, який встановлений в режимі скидання основної охолоджуючої морської води на стороні насосу і виході з центральної частині f.w. охолоджувача. Він контролює частоту оберту охолоджуючого морського водяного насосу, а потім він контролює мінімальне значення температури за бортом.

Температурний передавач (S.W Side). Цей перетворювач температури повинен бути встановлений в лінії введення / виведення морської води. Він контролює температуру морської заборотної води та керує їхніми значеннями за допомоги кнопок S.W In / Out, а потім контролює мінімальний потік морської води кнопкою S.WOW.

Температурний передавач - (F.W Side). Цей трансмітер температури повинен бути встановлений у лінії Fresh Water Outlet. Він контролює температуру F.W Out, а потім контролює мінімальну швидкість потоку S.W.

Основою енергозберігаючої системи ESS судна є стабільність та чистим (зеленим) продуктом, яка має функцію безпеки. Крім того, ця система має ряд особливих переваг, такі як:

- Безпека несправності інвертора. У випадку несправності інвертора, насос автоматично переключиться на режим очікування на системі ESS. Крім того, при цьому система постійно зберігає витрати.

- Безпека несправності контролера. Якщо ESS Controller не працює, вся система ESS не може контролювати роботу системи. І система перетворюється до попередньої системи охолодження судна автоматично. Отже, ESS не дає переваги центральної системи охолодження судна.

- Зниження таких показників, як: викиди парникових газів, пусковий струм, винищення високочастотних хвиль.

- Контроль системи проводиться для: регульованої частоти / швидкості, та проводиться лінійний контроль самого насосу.

На рисунку 3 наведено схему живлення суднової системи контролю охолодження заборотної морської води.

Частотний перетворювач, який вказано на рис. 3, використовується для зміни частоти електричного струму, що дає можливість управляти і регулювати швидкість синхронних або асинхронних електродвигунів шляхом створення на виході перетворювача напруги необхідної частоти.

Частотний перетворювач застосовується укупі з асинхронним двигуном, перетворюючи в автоматичному режимі частоту змінного струму до необхідних параметрів. Таким чином прилад контролює швидкість і момент електродвигунів в безперервному процесі. Використовуючи електротехнічний пристрій, можна не тільки повністю автоматизувати виробничі процеси, а й домогтися суттєвої економії електроенергії - до 50 %.

При випадковому одночасному включенні обох контакторів в ланцюзі подачі живлення на електродвигун відбудеться коротке замикання. Для виключення цього випадку схема (див. рис. 3) забезпечена блокуванням (INTERLOCK), яка запобігає одночасну подачу живлення по ланцюгу на електродвигун насоса. Блокування існують як механічні, так і електричні [1].

У нашому випадку це здійснюється наступним чином: при замиканні контактора MC11 (в режимі роботи без участі інвертора), допоміжні контакти розмикають ланцюг

подачі живлення на реле контактора MC12, що запобігає одночасну подачу живлення на електродвигун. Так і в режимі роботи інвертора, при замиканні контактора MC12, допоміжний контакт розриває ланцюг подачі живлення на контактор MC11 який надходить через контролер насоса (SMC505 pump controller).

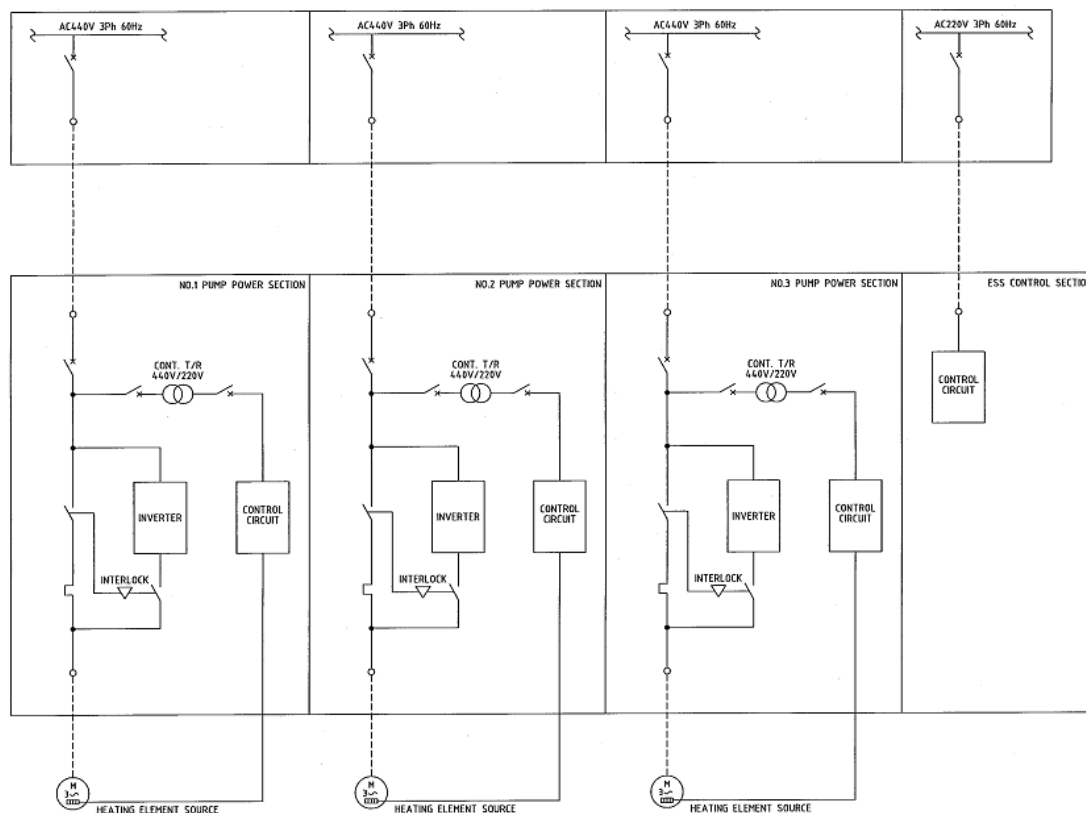


Рисунок 3 – Схема живлення суднової системи контролю охолодження заборотної морської води

Схема управління (CONTROL CIRCUIT) це сукупність елементів, головним завданням яких є безпечний пуск електродвигуна в роботу, регулювання швидкості обертання, гальмування і зупинка електродвигуна. Для управління приводом застосовуються електричні комутаційні апарати, такі як автоматичні і неавтоматичні вимикачі, контактори, магнітні пускачі та реле. Для захисту електродвигунів від ненормальних режимів (перевантажень і коротких замикань) застосовуються автоматичні вимикачі, запобіжники та теплові реле.

Висновки. Дана характеристика суднової системи енергозбереження ESS, яка дозволяє контролювати температуру морської та прісної води з низькою температурою, положення 3-ходового клапана та швидкість основного охолоджуючого насоса морської води, щоб він міг заощадити необхідну потужність споживання для роботи основного охолоджуючого водяного насоса для охолодження морської води.

Мікроконтролер (PLC), який є основою системи ESS, порівнює температуру вхідної морської води з заданим попереднім значенням, далі він обмінюється отриманими даними з інвертором. В результаті цього система зменшує експлуатаційну вартість використаного палива судном в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Energy Saving System Green ESS manual (vol II). HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES CO., LTD. Korea, 2015. – 394 P.

РАСЧЕТ EEOI НА ПРИМЕРЕ М/У «ВВС STEINHOEFT» И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

Жмур В.Н.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

План управления энергоэффективностью судна (ПУЭС) с 1 января 2013 года является обязательным для судов с валовой вместимостью свыше 400 тонн. Этот план был разработан в соответствии с ИМО Руководством (Резолюция МЕРС.213(63)). Целью ПУЭС является оценка и контроль эффективности использования судов и энергоресурсов. В нем признается необходимость оказания помощи компании и отрасли в управлении экологическими показателями судов, и что эффективность эксплуатации внесет неоценимый вклад в снижение мировых выбросов углерода.

Комитет по защите морской среды Международной морской организации резолюцией МЕРС.282(70) от 28.10.2016 принял Руководство 2016 года по разработке плана управления энергоэффективностью судна (ПУЭС). В Руководстве указано, что часть I ПУЭС может быть элементом судовой системы управления безопасностью, но, если в судоходной компании действует система экологического менеджмента, соответствующая стандарту ИСО 14001, то мониторинг эксплуатационной экологической эффективности может быть неотъемлемой частью системы экологического менеджмента. Согласно Руководству 2016 года ПУЭС должны иметь две части: часть I «План управления, направленный на повышение энергоэффективности» (то, что требовалось Руководством 2012 года) и дополнительно часть II «План сбора данных по расходу топлива».

Проектный индекс энергетической эффективности для новых судов *EEDI* (или конструктивный коэффициент энергетической эффективности) и эксплуатационный критерий энергетической эффективности судна *EEOI* имеют одинаковый физический смысл – отношение количества произведенного парникового газа CO_2 к величине транспортной работы судна за определенный период времени (рейс, год и т.д.) и различаются лишь способом подсчета составляющих:

$$EEDI = \frac{(MTЭР_{пр} \times CF)}{A_{пр}}$$
$$EEOI = \frac{(MTЭР_{ф} \times CF)}{A_{ф}}$$

где $MTЭР_{пр}$; $MTЭР_{ф}$ – проектное и действительное (фактическое) потребление топливно-энергетических ресурсов всеми судовыми потребителями энергии, кг; $A_{пр}$; $A_{ф}$ – проектная и действительная (фактическая) произведенная работа судна, т·км (за рейс, год или другой расчётный период); CF – безразмерный конверсионный фактор приведения расхода топлива к выбросам CO_2 , $kgCO_2/kg$ топлива.

Судовой план управления энергоэффективностью судна (*SEEMP*) разрабатывается компанией для каждого судна с использованием эксплуатационного (операционного) коэффициента энергетической эффективности (*EEOI*) в соответствии с рекомендациями *МЕРС.1/Circ.684* от 17.08.2009 года и Резолюцией *МЕРС 203*, принятой 15.07.2011 года. При этом каких-либо ограничений или технологических требований не существует, могут быть использованы и иные показатели.

Для примера покажем расчет *EEOI* м/у «ВВС Steinhoeft» HLFT voy. 1031- 027 Houston – Maracaibo.

Груз 2884.7 мт. Расстояние 1948 миль. Израсходовано тяжелого топлива НФО – 95500 кг, дизельного МГО – 12800 кг. Средняя скорость – 12.48 узла.

Море – 5-6 баллов.

From position, date/time	To position, date/time	Distance, NM	Speed, Kn	Fuel quantity(kg)		Weather condition. remarks
				HFO	Gas oil	
Houston 30.12.16/20.05	Maracaibo 06.01.17/10.10	1948	12,48	95 500	12 800	Rough
Summary	-	1948	-	95 500	12 800	-
Factor		-	-	3.1144	3.206	-
Fuel quantity×factor	-	-	-	297 425	41 037	-
Sum of CO ₂ per voyage,kg	-	-	-	338 462	-	-
Sum of CO ₂ /1000×ton cargo×nm	-	-	-	0,060	-	EEOI

Резолюція МЕРС.213(63) приводить приклад методів підвищення енергоефективності. К таким методам належать:

1. Планування рейсу. Оптимальний маршрут і точне його виконання сприяє підвищенню енергоефективності.

2. Погодне планування. На окремих маршрутах витрати на подолання поганих умов плавання можуть бути вище, ніж витрати на подолання зайвого шляху з метою не потрапити в ці погані умови.

3. Часове планування. Комунікація з наступним портом дає можливість раннього попередження про доступність причала і, як наслідок, можливість планування оптимальної швидкості судна.

4. Оптимізація швидкості судна. Один з найбільш дієвих методів зменшення витрат палива і підвищення енергоефективності.

5. Оптимізація розвиваємої потужності головного двигача.

6. Оптимальне управління судном. Включає в себе використання оптимального диференціала, прийняття оптимальної кількості баласта, оптимізація набігаючого потоку води на судовий винт і оптимізація авторулевого.

7. Обслуговування корпусу.

8. Оптимізація роботи судової енергетичної установки. Включає в себе систематичне зменшення механічних втрат і втрат теплоти.

9. Обслуговування судової енергетичної установки. Використання системи контролю зносу може бути корисним інструментом для підтримання високої ефективності судової енергетичної установки.

10. Утилізація теплоти. Сучасні системи можуть використовувати тепло вихлопних газів при виробництві електричества або додатковим впливом на валопровід.

11. Улучшення управління судами. Найкраща утилізація потужностей судів компанії може покращити їх енергоефективність. Наприклад, мінімізація баластних переходів.

12. Оптимізація вантажних операцій.

13. Управління електроенергією. Перегляд витрат електроенергії може привести до оптимізації управління електроенергією.

14. Використання альтернативних видів палива.

Висновки. При розробці ПУЭС необхідно використовувати інноваційно-технічні рішення в області ресурсозберігаючих технологій, направлених на підвищення техніко-економічних і експлуатаційних показників рейсу. Вже метою ПУЭС є розробка рекомендацій, направлених на підвищення енергетичної ефективності морських перевезень при безумовному виконанні вимог по захисту

окружающей среды. В свою очередь эффективность ПУЭС зависит от использования накопленного научного и практического опыта в части экономии судового топлива, планирования, уменьшения эмиссии вредных токсичных компонентов с отработанными газами СЭУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горб С.И. Новая отчетность по расходу топлива судами //Работник моря. – 2017, № 16 (128), с. 4.
2. Современные информационные технологии обеспечения безопасности судоходства и их комплексное использование. Монография. Под редакцией д.т.н., профессора В.Е.Леонова. Херсон-ХГМА 2014,с. 452.
3. Обеспечение безопасности плавания судов и предотвращение загрязнения окружающей среды. Монография. Под редакцией к.т.н., профессора В.И.Дмитриева и д.т.н., профессора В.Е.Леонова, Херсон – 2012, с. 399.
4. Электронный текст документа подготовлен ЗАО «Кодекс» и сверен по: МАРПОЛ. Книга III, пересмотренное Приложение VI к МАРПОЛ «Правила предотвращения загрязнения воздушной среды с судов», издание ЗАО «ЦНИИМФ» , 2012.
5. Жмур В.Н., Леонов В.Е. Снижение расхода топлива и интенсивности развития «парникового» эффекта – стратегическая задача современного судоходства. Науковий Вісник Херсонської Державної Морської Академії. Науковий журнал. Херсон: ВЦ ХДМА. -2017. №2(15) (принята к публикации). <http://kma.ks.ua/ua/nauchnaya-rabota/nauchnye-izdaniya/arkhiv-nomeriv/2016/1-14>
6. IMO – MODEL – COURSE CHARTERS 7.01 – 7.04, 7.08,1.38 – MARINE INVIROMENTAL AWARENESS. LONDON: IMO,MEPC – 2010, 37 p.
7. Резолюция МЕРС.203(62). Электронный текст документа: http://rise.odessa.ua/texts/MEPC203_62.php3
8. Резолюция МЕРС.212(63). Электронный текст документа: [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.212\(63\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.212(63).pdf).
9. Резолюция МЕРС.213(63). Электронный текст документа: http://rise.odessa.ua/texts/MEPC213_63r.php3
10. Резолюция МЕРС.214(63). Электронный текст документа: http://rise.odessa.ua/texts/MEPC214_63.php3
11. Резолюция МЕРС.231(65). Электронный текст документа: http://rise.odessa.ua/texts/MEPC231_65.php3
12. Резолюция МЕРС.278(70). Электронный текст документа: [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-\(MEPC\)/Documents/MEPC.282\(70\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Marine-Environment-Protection-Committee-(MEPC)/Documents/MEPC.282(70).pdf)

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИСАДОК К ТОПЛИВУ

Заблоцкий Ю.В.

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

Введение. Эффективность и экономичность работы транспортных судов напрямую зависит от расходов на топливо, доля которых в общих финансовых затратах на эксплуатацию судна занимает первое место. Оптимизация расхода топлива и повышение эффективности его использования за счет активации его энергетических характеристик способствует увеличению функционирования всей пропульсивной установки. Судовые двигатели внутреннего сгорания относятся к самому распространенному типу тепловых двигателей, используемых на морских и речных судах. По сравнению с другими типами энергетических установок (паротурбинных и газотурбинных), использующихся для обеспечения энергией судового пропульсивного комплекса, судовые дизели характеризуются минимальными расходами топлива как на единицу мощности (кг/кВт·ч), так и на единицу пройденного судном пути (кг/миля).

Актуальность исследования. В настоящий момент конструктивное и технологическое исполнение судовых двигателей внутреннего сгорания достигло своего совершенства, что обеспечивает минимальные удельные расходы топлива данных типов тепловых двигателей по сравнению с другими (паровыми котлами и газовыми турбинами). Поэтому применение присадок к топливу считается одним из путей повышения топливной экономичности дизелей, а научные исследования, направленные на поиск оптимальной концентрации вводимых в топливо присадок, отличаются актуальностью. Использование результатов таких исследований на морских и речных судах будет способствовать повышению экономичности двигателей внутреннего сгорания и энергетической эффективности судна.

Постановка задачи. Присадки к судовым топливам в настоящее время получили довольно широкое распространение на судах, однако результат их применения не всегда получает однозначную оценку. Это связано с различными причинами, которые, прежде всего, зависят от характеристик судового дизеля и элементов его топливной системы, а также от обеспечения правильной технологии использования присадок. В связи с этим целью исследования являлось определение влияния топливных присадок на экономические параметры работы судового двигателя внутреннего сгорания. Исследования в условиях морского судна дедвейтом 51187 тонн были проведены в топливной системе дизеля 6N21L фирмы Yanmar со следующими основными характеристиками:

- тип – вертикальный с водяным охлаждением, 4-х тактный, с газотурбинным наддувом;
- диаметр цилиндра – 210 мм;
- ход поршня – 290 мм;
- частота вращения – 720 мин⁻¹ (об/мин);
- количество цилиндров – 6;
- номинальная мощность – 680 кВт.

Результаты исследования. Согласно стандарту на топливо DIS DP-8217, разработанному международной организацией по стандартизации ISO, в судовых двигателях внутреннего сгорания используются два сорта дистиллятного топлива – чистое дизельное топливо DMB и смешанное топливо DMC, а также очищенное топливо RM. Диапазон вязкости топлив класса DMB и DMC при 100°C лежит в пределах 5...10 сСт, а

их плотность при 15°C составляет 820...850 кг/м³. В связи с эти данные сорта топлива называют легкими. Топлива класса RM (RMG, RMH, RMK) имеют вязкость при 100°C 35...55 сСт и плотность при 15°C 990...1010 кг/м³ и называются тяжелыми. Тяжелые сорта имеют более низкую стоимость по сравнению с легкими, что определяет их использование в судовых дизелях для сокращения финансовых затрат на приобретение топлива. Также необходимо отметить, что тяжелые сорта топлив применяются для обеспечения работы судовых дизелей на всех режимах работы, в том числе на режимах пуска и реверсирования. Надежная эксплуатация дизелей в таких условиях не возможна без процесса топливоподготовки. Подготовка топлива к использованию в судовых дизелях проводится комплексно, начиная с приема топлива на судно и заканчивая его подачей в цилиндр двигателя [1].

Топливные присадки направлены на улучшение эксплуатационных качеств топлива, начиная с его прокачиваемости и заканчивая температурой воспламенения. При этом основными функциями топливных присадок являются диспергирование, повышение смазочной способности, активация процесса горения.

Применение топливных присадок особенно актуально для вспомогательных двигателей, являющихся приводами электрических генераторов. Данные типы двигателей характеризует повышенная (по сравнению с главными двигателями) частота вращения коленчатого вала, а также непрерывная работа в составе судовой электростанции (как на ходовых, так и на стояночных режимах эксплуатации судна). Первое (повышенная частота) сокращает время впрыскивания топлива, второе (работа во время стоянок в акватории морских портов) накладывает дополнительные требования по обеспечению экологических показателей работы двигателей [2].

В состав судовой энергетической установки (на которой производились экспериментальные исследования) входило три дизеля 6N21L фирмы Yanmar, использующихся в качестве дизель-генераторов. Это позволило два дизеля использовать для проведения экспериментов, а один оставлять в качестве «контрольного». С целью обеспечения эксперимента топливная система дооборудовалась расходомером и дозатором присадки. Такая организация подачи присадки в топливную систему обеспечивала требуемую дисперсию и равномерный уровень растворения в топливе [3].

Комплексное исследование влияния присадок к топливу на энергетические, экономические и экологические показатели работы дало следующие результаты.

Первоначальным параметром, определяемым при экспериментах, был удельный эффективный расход топлива b_e . Его измерение выполнялось при нагрузке на дизели 335, 390, 460, 530 и 585 кВт, что соответствовало 0,49, 0,57, 0,68, 0,78 и 0,86 N_{enom} .

На рис. 1 показаны зависимости удельного эффективного расхода топлива b_e от относительной мощности дизеля N_e/N_{enom} для «контрольного» дизеля, работающего на топливе без присадки(2), и «экспериментального» дизеля, работающего на топливе с введенной в его объем присадкой (1). Представленные данные свидетельствуют о том, что использование топливных присадок существенно снижает удельный эффективный расход топлива, особенно на режимах нагрузок в диапазоне (0,55...0,7) N_{enom} , наиболее характерных для работы дизель-генераторов.

Уровень дозировки присадок варьируется в широких пределах и зависит от назначения присадки и характеристик топливной системы, в которой она используется. Присадки, которые вводятся в топливные цистерны или отдельные участки топливных магистралей для биологического воздействия на топливо или для снижения гидравлических потерь, дозируются в соотношении 1:8000...1:12500. Присадки, обеспечивающие улучшение процесса сгорания топлива, вводятся в него в пропорции 1:1000...1:8000. И в том, и в другом случае дозировка может меняться в зависимости от конструкции двигателя, эксплуатационного состояния топливной системы, уровня

загрязнения топлива в цистернах, элементного состава топлива (в зависимости от содержания примесей ванадия, натрия и серы).

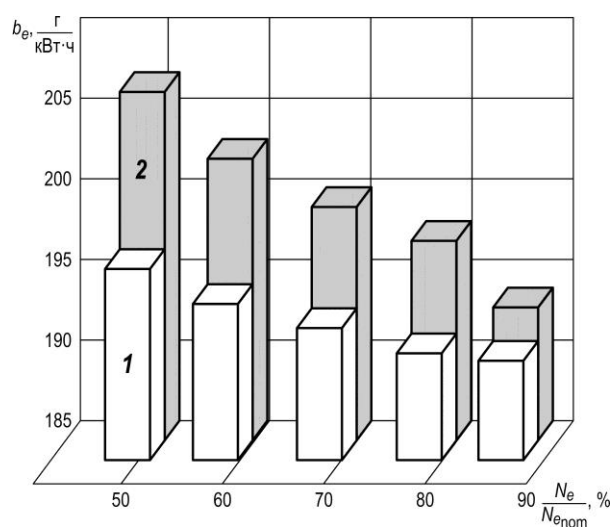


Рисунок 1 – Зависимости удельного эффективного расхода топлива дизеля 6N21L от его относительной мощности $N_e/N_{ном}$: 1 – «экспериментальный» дизель, работающий на топливе с присадкой; 2 – «контрольный» дизель

Оптимальный диапазон дозирования присадки определяется экспериментально, в связи с этим при исследованиях выбирались следующие соотношения присадки и базового топлива – 1:2000, 1:3500, 1:5000, 1:6500 и 1:8000. При этом наименьшее значение удельного эффективного расхода топлива было получено при концентрациях 1:3500 и 1:5000, которые и были приняты для дальнейших исследований. Графические зависимости удельного эффективного расхода топлива дизеля 6N21L от его относительной мощности $N_e/N_{ном}$ для различных концентраций присадки в топливе показаны на рис. 2.

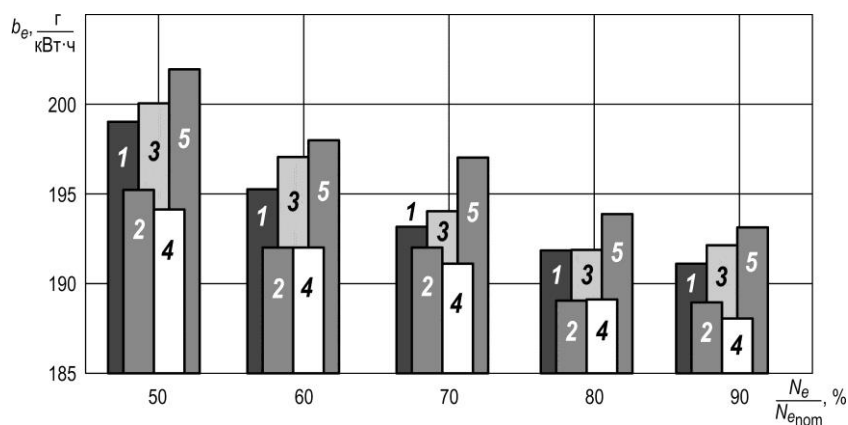


Рисунок 2 – Зависимости удельного эффективного расхода топлива дизеля 6N21L от его относительной мощности $N_e/N_{ном}$ для различных концентраций присадки в топливе: 1 – концентрация 1:2000; 2 – концентрация 1:3500; 3 – концентрация 1:6500; 4 – концентрация 1:5000; 5 – концентрация 1:8000

Выводы. Экспериментально полученные результаты позволяют сделать следующие выводы.

1. Использование присадок к топливу приводит к повышению топливной экономичности судового дизеля. Так, при использовании топливных присадок на различных режимах работы судового четырехтактного дизеля возможно достичь снижения удельного эффективного расхода топлива от 3,5 до 5,8 %. При этом

максимальное повышение топливной экономичности происходит в диапазоне 50...60 % нагрузки дизеля, т.е. на режимах, характеризующихся наибольшим эксплуатационным периодом работы, а также повышенной тепловой напряженностью.

2. Для разной концентрации присадки в базовом топливе наблюдается разное значение снижения удельного эффективного расхода топлива. На наш взгляд это объясняется тем, что часть свободных радикалов присадки остаются незадействованными в разрыве внутримолекулярных связей топлива и активации его горючих составляющих.

3. Во время проведения экспериментов визуально было определено улучшение технического состояния дизеля и его топливной аппаратуры при использовании топливных присадок. Так, при моточистке дизелей было установлено, что элементы цилиндропоршневой группы дизеля, работающего с топливной присадкой, имеют меньший нагар на поверхностях нагрева (в частности, на головке поршня, крышке цилиндра и выпускном клапане, а также более подвижные поршневые кольца) чем у дизеля, работающем на топливе без присадки. Кроме того, форсунки дизеля, использующего топливную присадку, практически не имели нагара вокруг сопловых отверстий, а их распылители находились в менее изношенном состоянии. Это еще раз свидетельствует об интенсификации процессов смесеобразования и сгорания при использовании топлива с присадкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заблоцкий Ю.В., Куропятник А.А. Повышение топливной экономичности и экологических параметров работы судовых дизелей при использовании присадок к топливу // Austria-science. – 2017. – № 2. – С. 83-88 / publishing «Austria-science»© 2017.

2. Zablotsky Yu.V. Reducing of thermal factor of exit-gas system of marine medium-speed diesel engine due to the usage of fuel additives // Science and Education : material of the XIII international research and practice conference, Munich, November 2nd – 3rd, 2016 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany 2016. – P. 96-103.

3. Zablotsky Yu.V., Sagin S.V. Enhancing Fuel Efficiency and Environmental Specifications of a Marine Diesel When using Fuel Additives // Indian Journal of Science and Technology, Published by Indian Society of Education and Environment. – December 2016. – Vol. 9. – Iss. 46. – P. 353-362. DOI: 10.17485/ijst/2016/v9i46/107516.

СТРУКТУРА СТАЛІ EN 1.4003 ПІСЛЯ ЗВАРЮВАННЯ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ

*Зайчук Н.П., Садова О.Л., Мисковець С.В., Фещук Ю.П.
Луцький національний технічний університет
(Україна)*

Вступ та актуальність дослідження. Підвищення якості та надійності зварних конструкцій у процесі їх виготовлення та експлуатації на сьогодні є комплексом питань та проблем, до числа яких слід віднести: використовувані матеріали та їх особливості; технології зварювання; потреби транспортної галузі у наданні необхідного комплексу властивостей зварюваним вузлам; застосування ефективних методів створення конструкцій та ремонту.

Ряд підприємств України використовує сталі вітчизняного та закордонного виробництва, що призводить до потреби вдосконалення технологій зварювання або їх повної заміни. Ефективність обраного технологічного процесу підтверджується надійністю та роботоздатністю зварного вузла, які гарантуються якісним зварним швом, однорідністю структури у всіх шарах зони термічного впливу та основного металу.

Постановка задачі. На сьогодні існує не один вид зварювання. Усі вони є перспективними та актуальними для багатьох галузей: машинобудування, літакобудування, мостобудування, медицина та ін. Застосування нових та закордонних сталей створює широке поле для проведення досліджень та встановлення режимів зварювання, вивчення процесів, властивостей та структур зварного з'єднання великого переліку як деталей та транспортних вузлів. В процесі виготовлення продукції, а саме, зварювання труб з нержавіючої сталі, вагому роль відіграє якість зварних з'єднань із низькими затратами ресурсів. Вивчення особливостей формування структури дозволяє обрати належні способи та режими у конкретних випадках. А враховуючи, що корозія є головною причиною виходу з ладу вихідних патрубків автотранспорту, то дослідження зварного шва та встановлення адекватних режимів зварювання залишаються відкритими [1].

Метою даної роботи є покращення якості зварного шва вихідного патрубка, виготовленого з нержавіючої сталі марки EN 1.4003 та вибір оптимального виду зварювання.

Постановка задачі. В роботі головним було вирішити наступні питання:

– підібрати спосіб зварювання для вихідного патрубка, виготовленого з нержавіючої сталі марки EN 1.4003.

– проаналізувати структуру отриманих зварних з'єднань.

Для зразків використовували ручне дугове зварювання в інертному газі вольфрамовим електродом ДСТУ 3761.3-98. Зварювали трьома способами: дротом, неплавким електродом без присадки, а також з присадкою.

Кромки зварюваного виробу і присадний метал розплавляються дугою, що горить між неплавким вольфрамовим електродом і виробом. При цьому використовується електрод з чистого, або з активованого вольфраму. За необхідності в зварювальну ванну додається присадний метал. По мірі переміщення дуги розплавлений (рідкий) метал зварювальної ванни твердне (тобто кристалізується), утворюючи зварний шов, що з'єднує кромки деталей. Дуга, зварювальна ванна, торці вольфрамового електрода і присадного дроту, а також остигаючий шов захищені від впливу навколишнього середовища інертним газом (аргоном або гелієм), що подається в зону зварювання пальником. Зварювання виконується постійним струмом прямої полярності, коли плюсова клема джерела живлення підключається до виробу, а мінусова – до пальника, або змінним струмом (при зварюванні алюмінію) [2-4].

Результати досліджень. Матеріалом дослідження було обрано сталь EN 1.4003 та її зварні шви. Це феритна, легована хромом, нержавіюча сталь (табл. 1), що містить приблизно 11 % Cr, решта – залізо (Fe).

Таблиця 1 – Хімічний склад марки сталі EN 1.4003

Позначення складу нержа-віючої сталі по стандарту EN 10088-3	Структура нержавіючої сталі	Вміст вуглецю (C)	Вміст хрому (Cr)	Вміст нікелю (Ni)	Вміст молібдену (Mn)	Наявність інших елементів
1.4003	феритна	0,03	10,5...12,5	0,3	0,3...1	–

Через відсутність Mo та Ni – це відносно дешевий сплав, що має порівняно низьку корозійну стійкість та може використовуватись у слабоагресивних середовищах. Володіє достатньою механічною міцністю, піддається куванню, придатна для зварювання (табл. 2). Дана сталь знайшла широке застосування у будівельній і транспортній галузях; нафтовій, автомобільній, гірничій промисловостях, у електронному обладнанні, цукровій промисловості. Виготовляють у вигляді листів, труб, кілець, профілів різного виду, тощо. У порівнянні із подібними сталями має ряд переваг та особливостей. Її можна застосовувати у слабоагресивних середовищах, піддавати зварюванню (навіть деталей більшої товщини), сталь придатна для роботи на тертя у вологих середовищах та при температурах нижче 0 °С.

Таблиця 2 – Фізичні властивості сталі марки EN 1.4003

Назва	Щільність, г/см ²	Температура плавлення, °С	Теплове розширення	Модуль пружності, ГПа	Теплопровідність, Вт (м·К)	Питомий електричний опір
Показник	7,74	1430-1510	11,1-12,3·10 ⁻⁶	200	30,5	0,0678·10 ⁻⁶

Результати досліджень мікроструктури зварних з'єднань марки сталі EN 1.4003 показано на рис. 1 з використанням напівавтомата Mig C3000i.

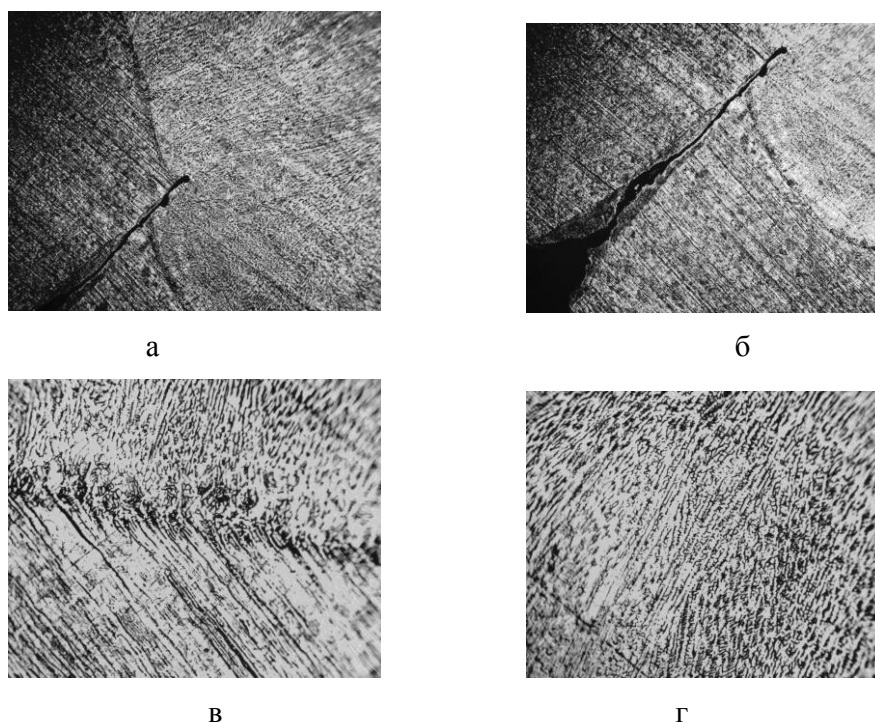


Рисунок 1 – Мікроструктура зварного з'єднання (зварювання плавким електродом в середовищі інертного газу, зварювальний апарат Mig C3000i). а, б – $\times 100$, в, г – $\times 200$

З приведених мікроструктур чітко видно межі кромки та місця зварювання. На багатьох зразках під час зварювання зварювальним апаратом Mig C3000i спостерігали щільні дефекти на межі зварювання та непровари. При більших збільшеннях

спостерігається різка межа зварювання та різнозернистість структури. Потовщений перехідний шар у свою чергу буде провокувати неоднорідність властивостей по зварному шву та свідчить про недостатню розплавленість кромки, що забезпечує неоднорідну структуру при кристалізації.

На рис. 2 приведено мікроструктуру шва з використанням інверторного апарату TransTig 1750 Plus без використання присадки.

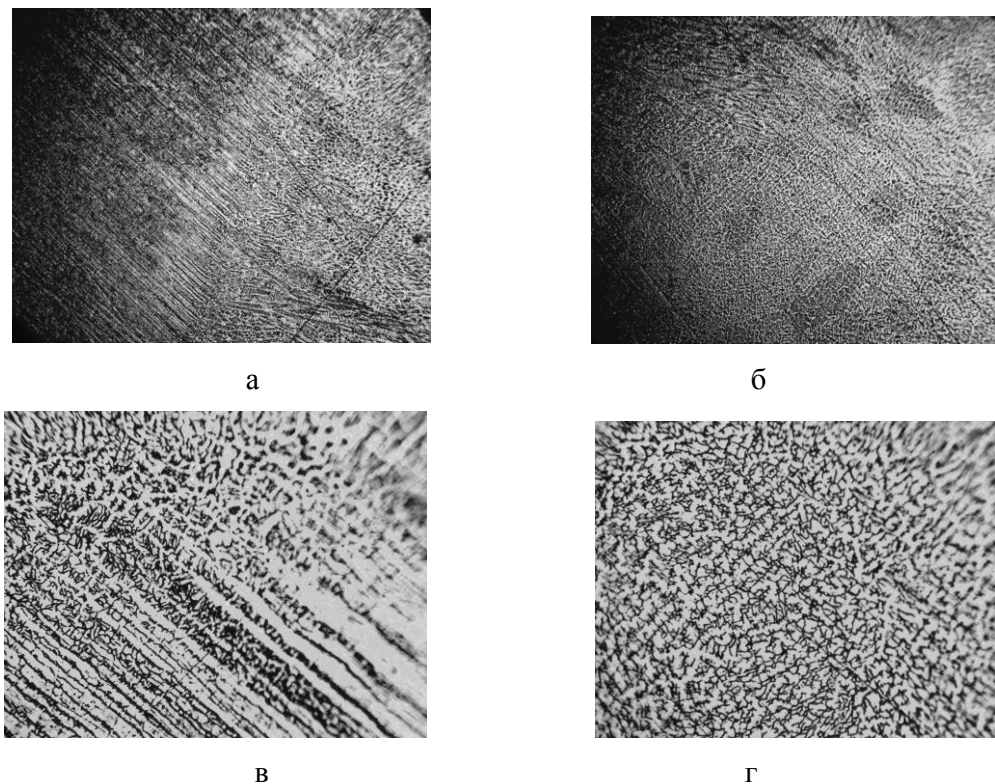


Рисунок 2 – Мікроструктура зварного з'єднання (зварювання неплавким електродом в середовищі інертного газу, зварювальний апарат TransTig 1750 Puls): а, б – $\times 100$, в, г – $\times 200$,

На рис. 3 приведено мікроструктуру зварного з'єднання отриману зварюванням неплавким електродом в середовищі інертного газу з присадкою. Дані структури майже не відрізняються від тих, які приведені на попередніх зразках. Достатня однорідність структури помітна на фото при збільшенні у 100 та 200 разів.

Під час вивчення структури зразків виконаних на зварювальному апараті TransTig 1750 Plus було виявлено більш однорідні ділянки зварного з'єднання, кромки щільно прилягають одна до одної. Зварне з'єднання утворюється лише за рахунок розплавленого основного металу, або за рахунок основного металу і металу присадного дроту, при цьому відсутня суттєва різниця між розмірами зерен. Така структура повинна забезпечувати однакові властивості по перерізу та по довжині усього зварного шва. Саме це є запорукою надійності з'єднання.

Дотримання технології зварювання буде гарантувати міцність шва, інертне середовище повинне здійснювати захисну функцію та запобігати корозійним процесам.

Несуцільність при зварюванні дротом на апараті Mig C3000i може бути отримана при через недостатність рідкої фази. Якщо об'єм проміжків між армуючими частками перевищує об'єм розплавленого металу, то суцільне з'єднання не може бути отримано.

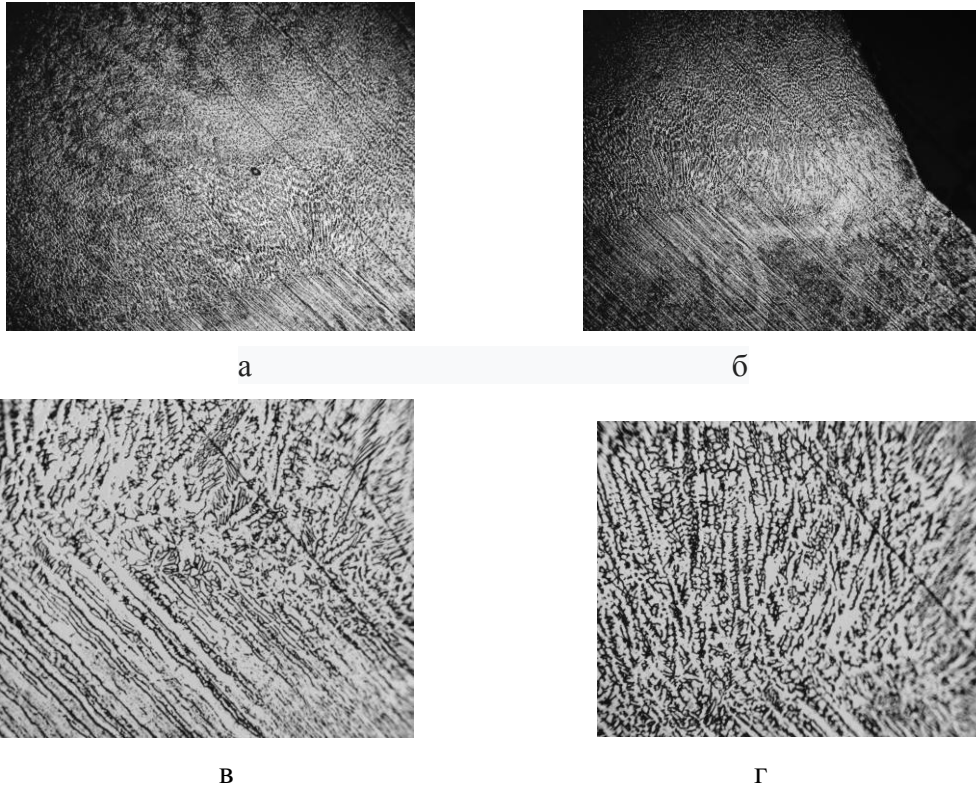


Рисунок 3 – Мікроструктура зварного з'єднання (зварювання неплавким електродом в середовищі інертного газу з присадкою, зварювальний апарат TransTig 1750 Plus). а, б – $\times 100$; в, г – $\times 200$

Висновки. Під час досліджень виявлено дефект герметичності зварних з'єднань. Для вирішення даної проблеми було проведено зварювання деталі патрубку вихідного трьохма способами зварювання: дротом, неплавким електродом без присадки, а також з присадкою. Встановлено, що найкращу якість зварного з'єднання за однорідністю структури отримано способами з неплавким електродом з присадкою та без. З мікроструктури видно, що перехід від основного металу до зварного з'єднання є плавним, без дефектів порівняно з способом зварювання дротом. Способи зварювання забезпечують гарну якість і формування зварних швів, дозволяють точно підтримувати глибину проплавлення металу, що дуже важливо при зварюванні тонкого металу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Володін В.Я. «Сучасні зварювальні апарати». Наука і техніка, 2008.
2. Спеціальні способи зварювання : підручник / І. В. Кривцун, В. В. Квасницький, С. Ю. Максимов, Г. В. Єрмолаєв, за загальною редакцією академіка НАН України, доктора технічних наук, професора Б. Є. Патона. – Миколаїв : НУК, 2017.– 346 с.
3. Моїсеєнко В.П., «Матеріали й їхня поведінка під час зварювання», Вища освіта. 2009. 128с.
4. Теорія зварювальних процесів: Підручник для вузів / А.В. Коновалов, А.С. Куркін, Е.Л. Нерівний, Б.Ф. Якушин; Під ред. В.М. Нерівного. - М.: Из МГТУ ім. Н.Е. Баумана, 2007. - 752 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ, НАПОВНЕНИХ ВИСОКОДИСПЕРСНИМИ ЧАСТИНКАМИ

Кашицький В.П., Малець В.М. Матрунчик Д.М.

Луцький національний технічний університет

(Україна)

Вступ. Широке застосування епоксикомпозитних матеріалів в якості захисних покриттів зумовлено здатністю до структурної та фізичної модифікації епоксидних смол, відсутністю летких речовин під час тверднення, можливістю структуруватися у широкому температурному інтервалі, високими значеннями адгезійної і когезійної міцності, хімічною стійкістю до дії агресивних середовищ, атмосферостійкістю, високою термодинамічною сумісністю з іншими полімерами [1]. Композиції на основі епоксиолімерів використовують в якості захисних покриттів, ефективність використання яких зростає у випадку введення високодисперсних наповнювачів, які забезпечують підвищення механічних характеристик [2].

Актуальність дослідження. Епоксикомпозитні матеріали модифіковані високодисперсними частинками використовують для створення виробів з високою корозійною стійкістю та зносостійкістю [3]. На їх основі можуть бути розроблені покриття, що ефективно взаємодіють з електромагнітним випромінюванням в широкому діапазоні частот та є стійкими в умовах впливу агресивних середовищ. Висока стійкість до впливу експлуатаційних факторів полімеркомпозитних покриттів в основному визначається такими критеріями, як природа, вміст та розподіл високодисперсних частинок, способами модифікацій композицій та кількістю функціональних шарів у покриттях [4].

Постановка задачі. Стійкість епоксикомпозитних покриттів до впливу агресивних середовищ визначається здатністю матеріалу чинити опір проникненню хімічно-активного середовища до поверхні, яку захищає покриття у процесі експлуатації [5]. В даній роботі для застосування розроблених композитних матеріалів в якості антикорозійних покриттів для захисту деталей транспортних засобів, вузлів та механізмів, що експлуатуються в агресивних середовищах, досліджено корозійну стійкість епоксикомпозитів модифікованих високодисперсними наповнювачами (порошками фторопласту, заліза марки ПЖР-3, карбонільного заліза, цирконію), оптимальний вміст (6 мас. ч.) яких попередньо визначено за їх фізико-механічними характеристиками [6].

Результати досліджень. Результати експериментальних досліджень підтверджують високу хімічну стійкість розроблених матеріалів на основі епоксидних смол (таблиця 1) в різних агресивних середовищах, оскільки епоксиолімерна матриця сповільнює електрохімічні реакції на поверхні металу та впливає на кінетику процесу, утворюючи дифузійний бар'єр [3].

Встановлено, що азотна та сірчана кислоти призводять до максимальної втрати маси епоксикомпозитних зразків. Деструкція полімеру в розчинах даних кислот пояснюється їх здатністю окислювати речовини та сорбцією полімером молекул агресивних середовищ, внаслідок чого змінюється структура матеріалу та руйнуються нестійкі зв'язки [3].

Введення до складу епоксиолімерної матриці високодисперсних наповнювачів сприяє підвищенню хімічної стійкості за рахунок зменшення об'єму полімерної матриці композиту та збільшення кількості фізико-хімічних зв'язків [3].

Після занурення епоксикомпозитів в розчини кислот H_2SO_4 та HNO_3 зафіксовано зниження маси зразків, наповнених порошками карбонільного заліза та заліза марки ПЖР-3, що пов'язано з розчиненням та видаленням продуктів корозії. Збільшення маси

зразків відбувається після витримки епоксикомпозитів, наповнених порошками фторопласту, заліза марки ПЖР-3 або карбонільного заліза, в середовищі кислот HCl або водного розчину солі NaCl. Для зразків аналогічного складу витримка в кислотах H₂SO₄ та HNO₃ також призводить до збільшення маси. Поверхня зразків покривається продуктами корозії, що призводить до зростання їх маси.

Таблиця 1 – Корозійна стійкість епоксикомпозитних матеріалів

Агресивне середовище	Зміна маси зразків епоксикомпозитних матеріалів, наповнених високодисперсними порошками, %				
	Полімерна матриця	Фторопласт	Залізо марки ПЖР-3	Карбонільне залізо	Цирконій
H ₂ SO ₄	- 1,18	- 1,01	- 3,00	+ 2,08	+ 1,44
HNO ₃	- 1,94	+ 0,00	- 2,2	- 0,60	+ 0,88
HCl	- 1,12	+ 0,13	+ 0,46	+ 0,57	+ 0,00
NaCl	- 1,01	+ 0,23	+0,66	+ 0,33	- 0,6
NaOH	- 0,97	+ 0,49	+0,76	- 0,59	+ 0,65

Встановлено, що для епоксикомпозитів наповнених порошком цирконію не зафіксовано зміни маси досліджуваних зразків після витримки в агресивному середовищі HCl завдяки наявності корозійностійких частинок наповнювача, які перешкоджають проникненню молекул хімічно-активних речовин в об'єм епоксиолімерної матриці. Аналогічні результати отримано для епоксикомпозитів, наповнених високодисперсними частинками фторопласту, що були занурені в кислоту HNO₃.

Висновки. Експериментально встановлено, що найвищу хімічну стійкість мають епоксикомпозити, наповнені порошком фторопласту в кількості 6 мас.ч., оскільки даний наповнювач є хімічно інертним та виступає перешкодою для проникнення агресивного середовища за рахунок високої адгезійної міцності на межі розділу фаз в результаті обробки композиції в електромагнітному полі, що забезпечує зменшення коефіцієнту дифузії молекул хімічної речовини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Buketov A.V. Influence of the ultrasonic treatment on the mechanical and thermal properties of epoxy nanocomposites / A.V.Buketov, O.O. Sapronov., M.V. Brailo, V.L. Aleksenko // Materials Science, 2014.– Vol. 49, № 5. – P.696-701.
2. Букетов А.В. Властивості модифікованих ультразвуком епоксиластів / А.В. Букетов, П.Д. Стухляк, І.В. Чихіра. – Тернопіль: Крок, 2011. – 201 с.
4. Стухляк П.Д. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані енергетичними полями / П.Д. Стухляк, А.В. Букетов, І.Г. Добротвор. – Тернопіль: Збруч, 2008. – 208 с.
4. Букетов А.В. Дослідження впливу ультразвукової обробки на фізико-механічні і теплофізичні властивості епоксидних антикорозійних нанокмозитів / А.В. Букетов, О.О. Сапронов, М.В. Браїло, В.Л. Алексєнко // Фізико-хімічна механіка матеріалів, 2013. – № 5. – С. 126-132.
5. Васильченко Г. Аналіз впливу магнітної обробки на експлуатаційні характеристики матеріалів / Г. Васильченко, О. Сапронов // Перша наукова конференція «Теоретичні та прикладні аспекти розвитку нових автоматизованих технологій і дослідження матеріалів», (Тернопіль, 18 травня 2011 р.). – С. 28.
6. Малець В.М. Розробка технології формування епоксикомпозиційних покриттів з високодисперсними наповнювачами / В.М. Малець, П.П. Савчук, В.П. Кашицький // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: матеріали 5-ої міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2014. – С. 279-280.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ З ОРГАНІЧНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ

*Кашицький В.П., Садова О.Л., Щеглов С.М.
Луцький національний технічний університет
(Україна)*

Вступ. Високі технологічні, фізико-хімічні, механічні та експлуатаційні характеристики композитних матеріалів на основі епоксидних смол дозволяють широко використовувати їх для захисту від корозії та впливу абразивних частинок робочих поверхонь обладнання [1, 2]. Однак застосування високовартісних наповнювачів не завжди є доцільним для виготовлення виробів, які не потребують високої міцності. Досить перспективним є застосування в якості наповнювачів матеріалів природного походження з метою заміни існуючих металевих та неметалевих армуючих елементів в композитних матеріалах [3, 4]. Використання волокнистих наповнювачів [5, 6] забезпечує значне підвищення механічних характеристик, однак технологічність формування виробів є низькою. В результаті емпіричних досліджень розроблено композитні матеріали на основі вторинного поліпропілену та органічних наповнювачів, а саме відходів рослинного походження з високими фізико-механічними характеристиками [7], що вказує на можливість та доцільність застосовувати дані дисперсні матеріали для армування полімерних систем.

Актуальність дослідження. Розробка нових біодеградабельних композитних матеріалів на основі наповнювачів органічного походження є актуальним напрямком дослідження властивостей в матеріалознавстві, оскільки біокомпозитні матеріали мають меншу вартість порівняно з аналогічними полімеркомпозитами за рахунок вмісту дешевого наповнювача, який характеризується екологічністю та відновлюваністю. Дані матеріали можуть бути піддані вторинній переробці або утилізації, оскільки містять наповнювач органічного походження. Розроблені полімеркомпозитні матеріали з використанням органічних наповнювачів можуть бути використані для виготовлення елементів декору транспортних засобів.

Постановка задачі. В даній роботі необхідно визначити оптимальних склад біокомпозитного матеріалу наповненого високодисперсним порошком крохмалю, дослідити структуру та фізико-механічні характеристики композитного матеріалу на основі епоксиолімерної матриці.

Результати досліджень. Крохмаль – дрібнодисперсний білий порошок з частинками розміром від 3 нм до 100 нм, який не плавиться, стійкий до нагрівання під час відсутності вологи, що робить можливим його використання в якості наповнювача в ряді пластиків на основі таких полімерів як поліетилен, полістирол, поліпропілен. Дані матеріали в компості повністю руйнуються мікроорганізмами протягом 2-3 місяців з утворенням CO_2 і H_2O , тому даний наповнювач є доцільним для використання в якості органічної добавки епоксикомпозитних матеріалів.

Експериментально встановлено, що адгезійна міцність епоксикомпозитів при збільшенні вмісту порошку крохмалю до 60 мас. ч. збільшується у 1,4 рази до 13,45 МПа. При збільшенні вмісту порошку до 100 мас. ч. спостерігається пониження механічних властивостей в 3,2-3,8 раз, що пов'язано недостатнім змочуванням частинок через утворення конгломератів. Дослідження показали, що найвищу адгезійну міцність (13,45 МПа) має епоксикомпозитний матеріал, наповнений крохмалем в кількості 65 мас. ч. Встановлено, для розроблених композитних матеріалів характерний адгезійно-когезійний характер руйнування клейового шва.

Експериментально встановлено, що міцність при стисканні зменшується в 1,7 раз до 40,4 МПа при збільшенні кількості порошку крохмалю до 50 мас. ч. Це пояснюється низьким вмістом наповнювача, що є недостатнім для опору полімерної системи зовнішньому навантаженню. При збільшенні вмісту порошку крохмалю до 80 мас. ч. спостерігається підвищення даної характеристики в 2,3 рази. Підвищені значення міцності

при стисканні вказують на достатній рівень взаємодії полімерної матриці із високодисперсним наповнювачем.

Для розроблених епоксикомпозитів, що містять 80 мас. ч. порошку крохмалю, спостерігається незначне підвищення ступеня структурування на 2-3 %, що вказує про утворення додаткових фізико-хімічних зв'язків у зовнішніх поверхневих шарах навколо наповнювача, що підвищує механічні та експлуатаційні характеристики даних епоксикомпозитних систем. Подальше підвищення вмісту порошку крохмалю до 100 мас. ч. знижує ступінь структурування на 0,5-0,9 %. При збільшенні вмісту крохмалю до 110 мас. ч. ступінь структурування знижується на 6,1 %. Різде зниження ступеня структурування пов'язане з тим, що частинки крохмалю, крім полісахаридів містять воду (10-20 %), що призводить до ускладнення утворення фізико-хімічних зв'язків між активними центрами на поверхні наповнювача та вільними радикалами в полімерному ланцюгу епоксидної макромолекули.

В результаті аналізу мікроструктури встановлено, що найбільші пори за розміром мають епоксикомпозитні матеріали, наповнені порошком крохмалю в кількості 110 мас. ч., а найменші – наповнені 50 мас. ч., що пов'язано з в'язкістю композиції в результаті введення високого вмісту високодисперсного наповнювача. Для епоксикомпозитів наповнених порошком крохмалю зафіксовано однорідність утворення пор в об'ємі матеріалу.

Висновки. Встановлено, що найвищі значення адгезійної міцності (13,45 МПа) має епоксикомпозитний матеріал із вмістом 65 мас. ч. порошку крохмалю, що пояснюється оптимальним вмістом високодисперсного наповнювача та його рівномірним розподілом в об'ємі полімерної матриці. При дослідженнях на стискання встановлено, що найвищі значення міцності при стисканні (94,5 МПа) мають епоксикомпозитні матеріали, що містять 100-110 мас. ч. високодисперсного наповнювача, що пов'язано з формуванням епоксикомпозитної системи з високим вмістом гель-фракції (98,1 %) при вмісті наповнювача 90-100 мас. ч.

При аналізі мікроструктури епоксикомпозитних зразків, наповнених крохмалем, встановлено, що найбільш однорідну структуру з найменш проявленими дефектами (пори, агломерати) мають епоксикомпозити, наповнені порошком крохмалю в кількості 100 мас. ч.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. М.: Техносфера, 2004. – 408 с.
2. Кербер М. Л. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология / М. Л. Кербер, В. М. Виноградов, Г. С. Головкин: Учебное пособие. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
3. Girisha K G, Anil K C & Akash. Mechanical properties of jute and hemp reinforced epoxy/polyester: International Journal of Research in Engineering & Technology (IMPACT: IJRET) Vol. 2, Issue 4, Apr 2014, 245-248.
4. S. Kobayashi, et al., Processing and characterization of hemp fibre textile composites with micro-braiding technique, Composites: Part A;2014;59: 1-8.
5. Honey Banga, V.K. Singh, Sushil Kumar Choudhary Fabrication and Study of Mechanical Properties of Bamboo Fibre Reinforced Bio-Composites Innovative Systems Design and Engineering. Vol.6, No.1, 2015, 84-98.
6. Venkateshwaran N, Elayaperumal A, Sathiya GK, Prediction of tensile properties of hybrid-natural fiber composites. Composites: Part B; 2012; 43(2):793-796.
7. Карев А. І. Властивості органічних наповнювачів деревно-полімерних композитів будівельного призначення / А. І. Карев, Ю. М. Данченко, Д. Г. Яворська // Науковий вісник будівництва. – 2016. – Т. 86, № 4. – С. 160-164.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖІРСЬКОГО СУДНА

Колебанов О.К., Селиванов А.Л.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Чаусовский Г.О.

*Запорізький національний університет
(Україна)*

Вступ. Аналіз публікацій присвячених аваріям на морському транспорті показує про великий відсоток впливу «людського чинника» на розвиток аварійних ситуацій. Одним з основних чинників запобігання аварійній ситуації є безперебійна робота системи електропостачання судна. Це стосується абсолютно всіх типів судів. Проте деякі особливості морських систем безперебійного живлення визначаються типом судна. Складніші рішення по забезпеченню надійного і безперебійного електроживлення використовуються на борту пасажирських круїзних лайнерів, оскільки тут необхідно думати не лише про безпеку, але і про розвагу пасажирів. У процесі розвитку аварії при виникненні загрози загибелі пасажирського судна постає необхідність вжити заходів для швидкої евакуації пасажирів. Найбільша небезпека виникає тоді, коли відмовляють пристрої, які підключені до електричної мережі. Втрата шансів на врятування може виникати внаслідок відключення від джерел електроенергії систем звукової сигналізації і сповіщення, аварійного освітлення і інших пристроїв. В літературі практично не зустрічаються відомості про можливості аварійних дизель-генераторів пасажирських круїзних лайнерів забезпечити електроенергією найбільш відповідальні системи при знеструмленні головного розподіляючого щита (ГРЩ), метою роботи [1] є розрахунок сумарної потужності необхідною для підтримки роботи пропульсивної системи, аварійного освітлення з системою автоматики судна, насосів рульових пристроїв, обладнання яке може бути увімкнена в разі аварійної ситуації або пожежі.

При увімкненні усього аварійного обладнання пасажирського судна «Empress», сумарне навантаження 502.5 кВА перевищує максимальну потужність аварійного генератора 450кВА [1]. Для забезпечення надійної роботи системи аварійного живлення необхідні наступні зміни.

1 Зробити спеціальний режим маневрування автоматичній системі моніторингу/керування Kongsberg в якому після знеструмлення усе обладнання необхідне для забезпечення пропульсивної системи буде вмикатися автоматично після появи напруги на шинах АРЩ у необхідній послідовності та з необхідними затримками часу. В аварійній ситуації через помилку або повільну дію оператора пропульсивна система може зупинитися що в свою чергу може призвести до зіткнення.

Щоб запобігти цьому необхідно змінити програму Kongsberg, додати спеціальний режим «маневрування» в якому в разі знеструмлення ГРЩ одразу після появи напруги на шинах АРЩ обладнання запускалося би автоматично у послідовності при якій пропульсивна та рульова система стає контрольованою.

2 Зробити список обладнання з меншим пріоритетом, яке буде автоматично вимикатися у разі перевантаження АГ. При переході на живлення аварійного освітлення на батарею та переході насоса забортної води з другої швидкості, що відповідає максимальній потужності, на першу тим самим уменшите навантаження на АГ на 52кВт. При зниженій потужності насоса забортної води підвищення температури можна компенсувати частково або повністю (залежно від навантаження) якщо збільшити потік прісної води через холодильник. Для цього треба зробити зворотній зв'язок по температурі (електронний термостат). Краще якщо щит аварійного освітлення буде брати живлення від батарей доти працює аварійний генератор та перемкнеться на АРЩ тільки тоді, коли

АРЩ буде живитися від ГРЩ. В нормальному режимі аварійне освітлення працює від трансформатора 440/220В, коли знеструмлюється АРЩ щит аварійного освітлення запитується від інвертора. Тобто у режимі перевантаження можливо знизити струм випрямителя до нуля, а потім якщо з'явиться запас потужності АГ підзарядити батарею.

Зробити спеціальну сторінку в Kongsberg в якій оператор буде бачити обладнання яке живиться від АРЩ, навантаження яке він може увімкнути. З підтримкою пропульсивної системи необхідно зробити захист від перевантаження АГ при помилці оператора та щоб спростити роботу оператора в аварійній ситуації. Для цього треба змінити програму Kongsberg та зробити спеціальну сторінку, у якій оператор може бачити список обладнання підключеного до АГ та сумарне навантаження.

У колонці статус напроти кожної позиції обладнання три статуса обладнання: ручний, контроль на локальній панелі; автоматичний контроль; помилка, несправність обладнання.

У колонці можливість запуску кольоровий код: блакитний обладнання працює; білий обладнання зупинено та може бути запущене; жовтий обладнання зупинено та може бути запущене, але для його запуску потужність перевищить максимальну доступну та буде автоматично вимкнено зарядку аварійної батареї та можливо перехід насосу заборотної води на першу швидкість; червоний недостатньо потужності АГ.

Комп'ютер має слідкувати за потужністю та струмом АГ та рахувати статус «можливість запуску» в реальному часі та змінювати колір при зміні навантаження, режиму роботи випрямителя, потужності насоса охолодження заборотної води та видавати на екран доступну потужність АГ. У колонці «можливість запуску» також має бути вказана потужність та струм обладнання. При появі доступної потужності АГ, випрямитель першим (через невеликий проміжок часу) має автоматично повертатися до нормального режиму роботи, насос охолодження має повертатися до нормального режиму роботи після переходу до економічного режиму тільки по команді оператора. Таким чином неможливо перевантажити АГ через помилку оператора.

Висновки. При знеструмленні навіть на короткий час зупиняться головні двигуни, що дуже небезпечно під час маневрування. Запропоновано комплекс заходів для підтримки роботи пропульсивної системи у випадку знеструмлення ГРЩ, що робить судно більш безпечним.

ЛІТЕРАТУРА

1. Колебанов О.К. Недоліки аварійної системи електропостачання пасажирського судна / О.К. Колебанов, Г.О. Чаусовский. // Матеріали 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції. Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування. –Херсон: ХДМА, 2017 – С. 100–104.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОШКОДЖУВАНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТУ

Колесніков В.О.

*Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України;
(Україна)*

Продовжено розвиток наукового напрямку пов'язаного з застосуванням інформаційних технологій в різних галузях [1 - 10]. Їх можна розділити на кілька підрозділів: 1 – ті що стосуються освіти [1, 3, 9]; 2 – ті що мають безпосереднє прикладне застосування на різних видах транспорту [2, 4 - 8, 10].

Згідно з останніми уявленнями впродовж «життєвого» циклу деталі для попередження аварійно-небезпечних ситуацій, стан деталі за різними параметрами, в залежності від умов експлуатації, необхідно контролювати шляхом її діагностики.

Одна зі стратегій в промисловому виробництві - Product Lifecycle Management (PLM) - комплекс технологічних рішень з управління життєвим циклом виробів. Вона також відома під назвою Continuous Acquisition and Lifecycle Support (CALS) - безперервна інформаційна підтримка поставок і життєвого циклу виробу. Дана бізнес-стратегія систематизує і аналізує всі виробничі процеси - від оцінки попиту на продукт до утилізації. PLM на сьогоднішній день об'єднує в комплексну систему такі технології і системи як управління даними про виріб (PDM), вибір стратегічних постачальників, перевірка і управління відповідниками та інші [11].

Довгострокові переваги впровадження систем управління життєвим циклом виробів (PLM) не вдасться реалізувати без наявності ефективної стратегії цифрового виробництва. Вона є «другим китом» четвертої промислової революції. Цифрове виробництво - це інтегрована комп'ютерна система, що включає в себе можливості чисельного моделювання, тривимірної (3D) візуалізації, інженерного аналізу, призначені для розробки конструкції виробів і технологічних процесів їх виготовлення. Дана технологія також дозволяє моделювати виробничі процеси, оптимізувати технології до початку випуску продукту [11].

Припустимо, що ми вже пройшли стадію комп'ютерного моделювання виробу. Для цього нам можуть знадобитися такі комп'ютерні пакети програм: ANSYS, SolidWorks та ін. в залежності від потреб.

Наступний етап виробництва може включати механічну обробку заготовки. Проведені експерименти по визначенню впливу змащувально охолоджуючих рідин (ЗОР). Токарну обробку зразків здійснювали на верстаті МК 6141. Використовували різець оснащений з тврдосплавною пластиною ВК-6. Досліджувані зразки нових ЗОР були виготовлені на основі соняшникової (ЗОРс), ріпакової (ЗОРр) олій та нафтової оливи (ЗОРн). Експерименти проводили в умовах сухого різання, з водою та з додаванням різних ЗОР. Під час механічної обробки деталі, від матеріалу заготовки відокремлюються – продукти різання (рис. 1). Попередні дослідження дозволили встановити взаємозв'язок між морфологією стружки та параметрами механічної обробки [12].

Часові залежності електродного потенціалу сталі отримували при застосуванні потенціостату EG&INSTRUMETS Model № 362 при швидкості розгортки потенціалу 10 мВ/хв. Після механічної обробки (зріз поверхні зразка різцем на токарному верстаті) для зразків сталі у воді потенціал падає на 30% в той час, як у ЗОРс зростає на 33%, а ЗОРр та ЗОРн – до 17% та 7% відповідно (рис. 2).

Розвиток комп'ютерних технологій дозволяє проводити моделювання процесів стружкоутворення, а також порівнювати з реальними результатами (рис. 3). Це можна робити за допомогою сучасних програмних пакетів таких як: ANSYS, ABAQUS, COSMOSWorks, LS-DYNA та ін.



Рисунок 1 – Продукти різання сталі 38ХНЗМФА після точіння з ЗОРр

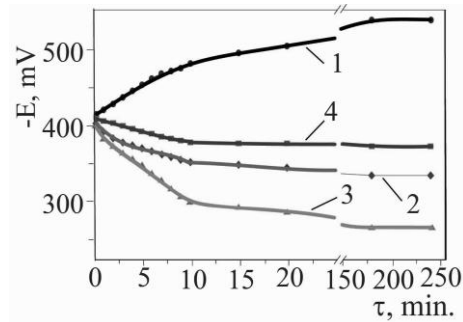


Рисунок 2 – Часові залежності електродного потенціалу сталі 38ХНЗМФА після механічної обробки в: 1 – воді, 2 – ЗОРр, 3 – ЗОРс, 4 – ЗОРн.

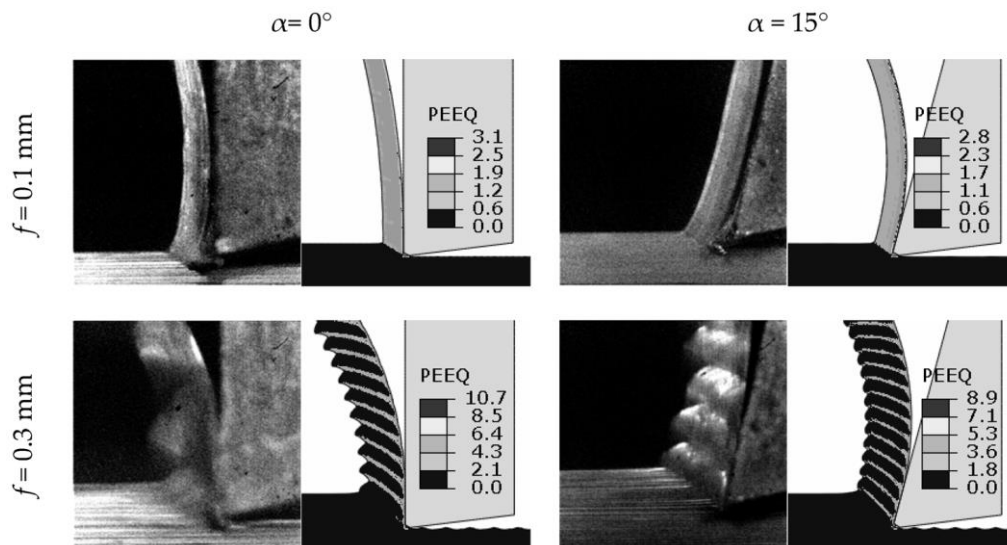


Рисунок 3 – Приклад комп'ютерного моделювання [13]

Після механічної обробки деталь може бути прийнята до експлуатації. На транспорті багато вузлів машин та механізмів працюють в умовах тертя, в тому числі під впливом різних середовищ. Серед інформативних джерел, що дозволяють оцінювати робочий стан вузла тертя, є продукти зношування (рис. 4). Досліджували триботехнічні можливості високоазотних сталей в умовах сухого тертя (ролик по ролику). Зносотривкість вивчали на машині тертя СМТ – 1 (2070). Швидкість ковзання нижнього ролика становила 1480 обертів за хвилину, а верхнього 1240 (проковзування складало 15%). Нижній ролик (діаметр 42 mm) виготовлений зі сталі 45 (HRc = 60 од.). Верхній ролик виготовляли з високоазотної сталі сплав №1 твердість 45...50 HRc (хімічний склад наведено в табл. 1). Лінійна швидкість верхнього ролика складала 2,27 m/s, а нижнього 3,08 m/s. В умовах сухого тертя навантаження складало 250, 400, 500, 600 N. Розміри продуктів зношування становлять 25...40 μm при $P = 400\text{ N}$ та 40...100 μm , якщо $P = 500\text{ N}$.

Таблиця 1 – Хімічний склад досліджуваних сталей

№ п/п	Марка	C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	V	N
1.	Сплав № 1	0,06	0,52	19,4	17,5	0,13	2,08	0,14	0,97
2.	Сплав № 2*	0,42 - 0,5	0,17 - 0,37	0,5 - 0,8	До 0,25	До 0,25	–	–	–

*S до 0,04%, P до 0,035, C до 0,25, Cu до 0,25, As до 0,08.

Подальша ідентифікація частинок зношування може відбуватись за допомогою методів комп'ютерного зору. Одна з концепцій таких досліджень описана у роботі [4]. Огляд класифікацій частинок зношування (також наведено власні узагальнення отриманих результатів) наведено у роботі [5]. Автором даної роботи у співавторстві отримано патент «Спосіб визначення форми поверхні частинок після сухого та водневого зношування системою комп'ютерного зору» [7]. Для прикладу див. електронний ресурс [14] рис. 5. Тобто, вже зараз реалізуються комп'ютерні програми, що можуть проводити ідентифікацію продуктів зношування, в т. ч. за допомогою методів комп'ютерного зору, наприклад, з моторного масла двигуна автомобіля.

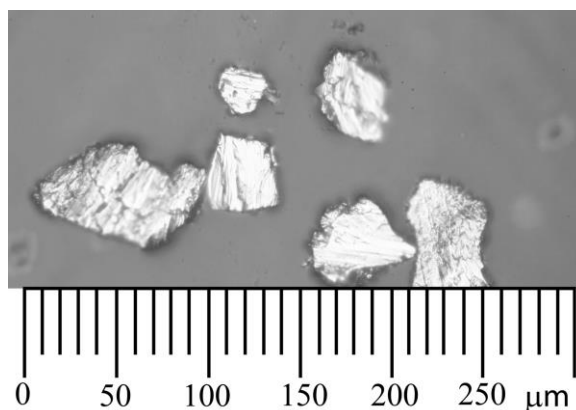


Рисунок 4 - Продукти зношування високоміцної сталі, отримані в умовах тертя кочення

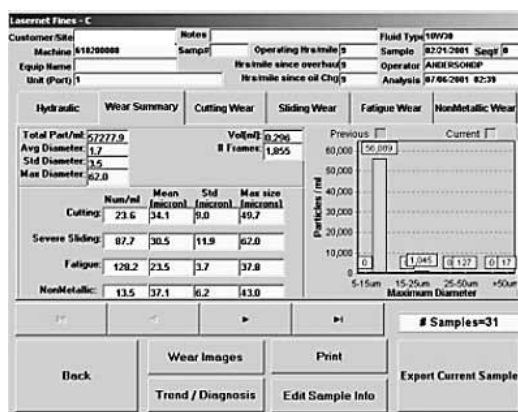


Рисунок 5 – Принт скрін діалогового вікна комп'ютерної програми, що дозволяє ідентифікувати частинки зношування [14]

Висновки. Наведено деякі результати досліджень, що стосуються «життєвого» циклу виробів. Наголошено, що після стадії комп'ютерного проектування, існує «виробнича» стадія, коли відбувається виготовлення деталі, або заготовки, наприклад, з застосуванням металорізальних верстатів, під час якої відокремлюються продукти різання, які можуть служити «ідентифікаторами» протікання технологічних процесів. Під час «експлуатації» іншої стадії життєвого циклу деталі необхідно проводити діагностику пошкоджуваності деталі. Для прикладу вибрані деталі, що працюють в умовах тертя, під час яких відокремлюються продукти зношування. Автором цієї роботи пропонується за

допомогою систем комп'ютерного зору, проводити ідентифікацію як продуктів різання, так і продуктів зношування, з метою контролювання пошкоджуваності поверхневих шарів деталей. Також застосування сучасних мікроскопів дозволяє суттєвим чином «цифрувати» та автоматизувати ці процеси. Серед перспективних кроків, що можуть допомогти забезпечити необхідний рівень стабільного існування виробу для транспортної галузі, є застосування сучасних комп'ютерних пакетів, що дозволяють моделювати всі стадії «життєвого циклу».

ЛІТЕРАТУРА

1. Колесников В.А. Развитие новых компьютерных технологий в Германии // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля // Вид-во СХУ ім. В.Даля, 2008. – № 6(124). Частина 2. – С.170-175.
2. Balyts'kyi O.I., Kolesnikov V.O Investigation of wear products of high nitrogen manganese steels // Materials Science (Springer). – 2009, vol. 45, N 4. – P.576-581.
3. Колесников В.А., Верительник Е.А., Манченко М.В., Колесникова Е.Б. Перспективы использования новых пакетов компьютерных программ при изложении курсов инженерных дисциплин // XV Науково-практична конференція «Університет і регіон: Проблеми сучасної освіти» 11-12 листопада 2009 // Зб. Наук. Праць СХУ.-Частина II.- Луганськ.- 2009.– С. 259 -261.
4. Колесников В.А. Концепция компьютерной обработки изображений частичек износа // Тези доповідей Міжнародна наук.-практична конф. «Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства», 22-23 грудня 2010 року, м. Луганськ. С. – 112 -114.
5. Колесников В.А., Балицкий А.И., Погорелов О.А. Классификация частиц износа сталей (по морфологии), образовавшихся в условиях трения качения // Наукові вісті Далівського університету // Електронний журнал СХУ ім. В.Даля, 2011. – № 4.
6. Колесников В.А. Продукты износа в двигателях автомобилей // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Економічні, екологічні та соціальні проблеми вугільних регіонів СНД 19 квітня 2013 р. С. 361 -364.
7. Пат. 108524 Україна, МПК G01N3/56, G 01N15/10. Спосіб визначення форми поверхні частинок після сухого та водневого зношування системою комп'ютерного зору / Балицький О.О., Колесніков В.О., Гаврилюк М.Р., Погорелов О.О., Колеснікова Е.Б.; Власник Фізико-механічний інститут. - № у 2015 12575; заявл. 21.12.2015; опубл. 25.07.2016, Бюл. № 14. – 11 с.
8. Колесніков В.О., Нестеров А.О., Глюзицький О.О. Застосування можливостей обчислювального матеріалознавства та ІТ технологій для розробки автомобільних деталей // Матеріали IV-ї Міжнародної науково-технічної інт.-конф. «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. С. 6-12.
9. Колесников В.А., Сыроваткин С.В., Колесникова Е.Б. Использование технологий виртуальной реальности для подготовки специалистов в области автомобильного транспорта // Матеріали IV-ї Міжн. наук. - техн. інтернет-конф. «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 14-15 квітня 2016 р., м. Вінниця. С. 18-22.
10. Савінова В. В., Колесніков В.О. Застосування методів комп'ютерного зору в автомобільній індустрії // Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції «Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 13-14 квітня 2017 р., м. Вінниця. С. 113 -120.
11. Революційний темп: Індустрія 4.0. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://siemens.rbc.ru/article2.html>.
12. Balitskii A., Hawrilyuk M., Elias J., Balitska W., Kolesnikow W. Oddziaływanie wodoru na kształtowanie i odprowadzenie wiórów w obróbce skrawaniem stali wysokostopowych z użyciem ekologicznych cieczy smarująco-chłodzących // Obrobka

skrawaniem – 10. – Obrobka skrawaniem podstawa rozwoju metrologii / Pod redakcja Jana Burka // X Szkola Obrobki Skrawaniem, Rzeszow-Lancut, 2016. – S. 447-452.

13. Badis Haddag, Samir Atlati, Mohammed Nouari and Abdelhadi Moufki 2Dry Machining Aeronautical Aluminum Alloy AA2024-T351: Analysis of Cutting Forces, Chip Segmentation and Built-Up Edge Formation . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: // <http://www.mdpi.com/2075-4701/6/9/197/htm>.

14. Comparison of Wear and Contaminant Particle Analysis Techniques in an Engine Test Cell Run to Failure – by Spectro Scientific. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=3393>.

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ ТЕРМОАКУСТИЧНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СУДНОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Коробко В.В.

*Національний університет кораблебудування ім. адмірала С.О. Макарова
(Україна)*

Для сучасного стану судноплавства характерним є зростання вимог, що до економічності суден та їх екологічної безпечності. Задовільнити ці вимоги є досить складною проблемою, оскільки вирішення може бути знайдено з урахуванням взаємно пов'язаних та суперечливих факторів.

Завдяки впровадженню низки нових технічних рішень була підвищена економічність судових двигунів, зменшені об'єми шкідливих викидів. Для нових суден пропонуються судові двигуни, характеристики яких задовольняють вимогам TIER II та TIER III. Зростання ефективності двигунів призвело до змін параметрів вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) СЕУ. Так, зменшилась температура відходячих газів ДВЗ, при цьому зросла температура надувного повітря, підвищилась температура рідини систем охолодження, з'явилися робочі речовини з криогенною температурою, це LNG та LPG палива [1,2].

Таблиця 1 – Температури теплоносіїв ВЕР сучасних СЕУ [1.2]

Теплоносій	МОД	СОД	Характеристика ВЕР
	Температура [К]		
Відхідні гази ДВЗ	490 - 530	500 - 690	Середньотемпературні ВЕР [3]
Надувне повітря	400 - 490	380 - 470	–
Рідина системи охолодження	355 - 360	360 - 370	Низькотемпературні ВЕР [3]
Оточуюче середовище, повітря та забортна вода	298	298	ISO ambient reference conditions
LNG паливо	111	111	Низькотемпературні (НТ)
LPG паливо	225	225	або криогенні – температура
120/510 Ethylene (вантаж)	169	169	нижча за довкілля

За таких умов склалась ситуація, коли традиційні схеми утилізації ВЕР на суднах стають малоефективними або економічно недоцільними. Ці обставини вимагають розробки нових інноваційних заходів до енергозбереження в судовій енергетиці.

З метою стимулювати створення нових технологій енергозаощадження та захисту довкілля, ІМО був запропонований узагальнюючий критерій - **EEDI** – *Energy Efficiency Design Index* [4], який має застосовуватись при проектуванні нових суден.

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ emission}}{\text{Transport work}} = \frac{Ne * SFC * C_f}{DWT * speed} [gCO_2/ton-mile]. \quad (1)$$

Припускається, що цей критерій надає змогу оцінювати ступінь досконалості конструктивних рішень на етапі проектування. Можна бачити, що головна парадигма такого підходу – це зменшення споживання вуглецевих палив на транспортування тони вантажу. За нових вимог, під час проектування суден, мають бути обрані такі рішення, які забезпечать мінімальні значення критерію EEDI, що встановлені для різних типів суден.

Перш за все, проєктантами вирішуються питання визначення швидкості ходу судна, комплектації пропульсивного комплексу, також підлягають оптимізації склад СЕС та систем СЕУ. Крім того, для отримання максимальної транспортної роботи, маса вантажу взятого на борт має бути максимальною. Досягнути цього можна за рахунок зменшення таких складових дедвейту, як вага обладнання СЕУ та об'єм запасів робочих речовин (палива, мастила, води).

За цих умов, важливого значення набувають енергогенеруючі технології енергозбереження, які здатні ефективно перетворювати скидну теплову енергію СЕУ в механічну роботу і, тим самим, сприяти зменшенню емісії CO₂. Особливої уваги заслуговують системи, які здатні використовувати низькотемпературні ВЕР, оскільки доля таких викидів постійно зростає.

В разі утилізації ВЕР СЕУ, в механічну роботу буде перетворена лише мала частина скидної теплоти, тому, на перше місце виходять технології, здатні ефективно працювати за умов малого термічного опору, що є край складною задачею.

На рис.1 показані залежності к.к.д. теплових двигунів (ТД) та двигуна Карно від температур наявних джерел енергії. Максимальну можливу потужність енергогенеруючої системи утилізації Ne_{carno}^{max} , в першому приближенні, можна оцінити,

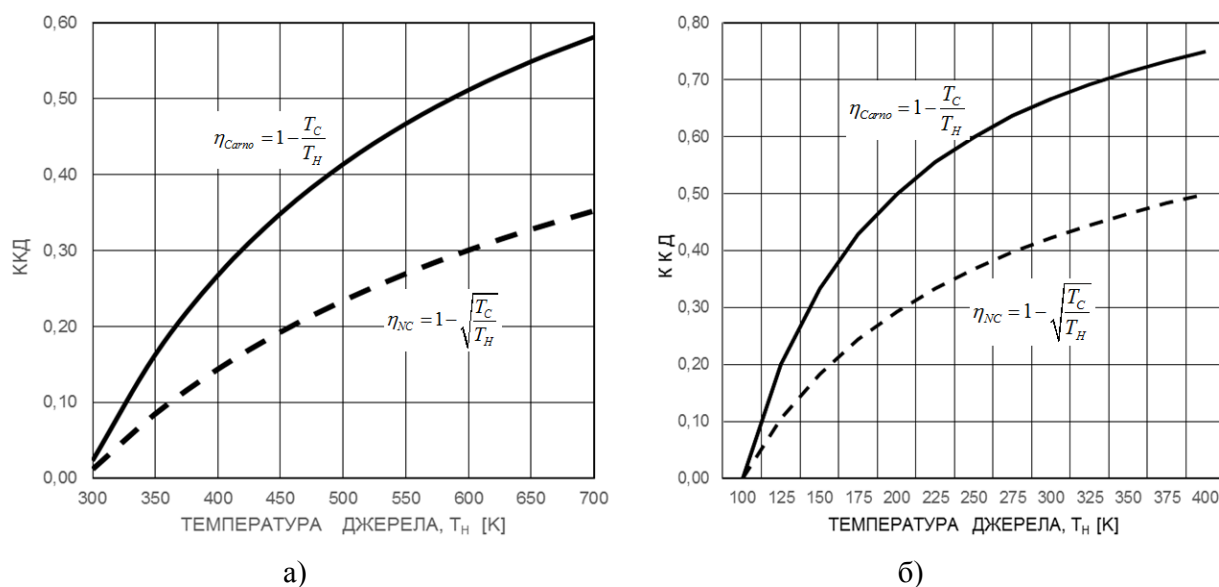


Рисунок 1 Залежність ефективності ТД від температурного рівню джерел енергії.

а – низькотемпературний ТД, T_c=293 К; б – «криогенний» ТД, T_c=111 К

виходячи з температурного рівню наявних теплоносіїв та кількості ВЕР. Згідно з теоремою Карно, можна записати, що

$$Ne_{carno}^{max} = (Q_{in}^H - Q_{out}^C) \left(1 - \frac{T_c}{T_H} \right) \quad (2)$$

Більш реалістичну оцінку потужності отримаємо, використовуючи підхід на базі ФТТ термодинаміки, який був започаткований Новіковим та Курзоном [7,8], а саме

$$Ne_{FTT}^{max} = (Q_{in}^H - Q_{out}^C) \left(1 - \sqrt{\frac{T_c}{T_H}} \right) \quad (3)$$

Зрозуміло, що потужність енергогенеруючих систем енергозбереження обмежена термодинамічними параметрами джерел енергії та ефективністю процесів енергоперетворення.

Для утилізації НТ скидних теплових ресурсів запропоновані системи, в яких реалізується цикл Ренкіна на органічних теплоносіях [5]. Останнім часом увагу привертає цикл А.І. Kalina [6], де в якості робочого тіла використовується двокомпонентна водно-аміачна суміш. Цей цикл дозволяє утилізувати енергію низькотемпературних джерел, рівня 90 – 120⁰С. Низькій температурний потенціал джерел теплової енергії вимагає застосування теплообмінників з розвинутими поверхнями, легкокип'ячих робочих речовин, тощо. В сукупності ці фактори призводять до значного ускладнення СЕУ, та неприйнятним масогабаритними характеристиками. Крім того, такі системи мають високу початкову вартість, складні в експлуатації, їм притаманна низька надійність. В деяких

технологіях застосовуються шкідливі для довкілля речовини. В результаті маємо численні випадки, коли на судах відмовляються від використання розвинених систем енергозбереження. Враховуючи наведену інформацію, можна зробити висновок, що існує потреба в створенні нових типів судових енергогенеруючих систем утилізації ВЕР.

Характерним є приклад СЕУ танкеру типу LNT A-BOX, який оснащений ГД Wartsila 12V50DF, потужністю 11700 кВт. Система утилізації ВЕР цього судна здатна заощадити лише 40% скидної енергії ГД, для потреб загально суднових споживачів. В результаті значні обсяги ВЕР, в тому числі криогенної енергії LNG палива, втрачаються.

В подібних випадках в нагоді можуть стати системи на базі термоакустичних теплових машин (ТАТМ). Застосовування ТАТМ в СЕУ дозволяє суттєво спростити системи утилізації ВЕР. ТАТМ відрізняються від механічних теплових машин високою надійністю та меншою вартістю. Термоакустичні двигуни не мають в своєму складі рухомих частин, не використовують шкідливі для довкілля речовини, вони здатні працювати від будь яких зовнішніх джерел енергії, в тому разі криогенних.

В якості корисного навантаження в ТАТМ доцільно використовувати термоакустичні рефрижератори, або електрогенератори з приводом від імпульсних двонаправлених турбін (ІДТ) [11].

На рис.2 показана схема енергогенеруючої системи утилізації потенціалу НТ скидних теплових ресурсів, яка побудована з використанням ТАТМ [8,9]. В системі передбачаються два контури ВЕР різних температурних рівнів. У високотемпературному контурі (ВТК) додатково утилізуються до 4500 кВт скидної енергії, крім того, у низькотемпературному контурі (НТК), маємо 450 кВт криогенного потенціалу LNG палива.

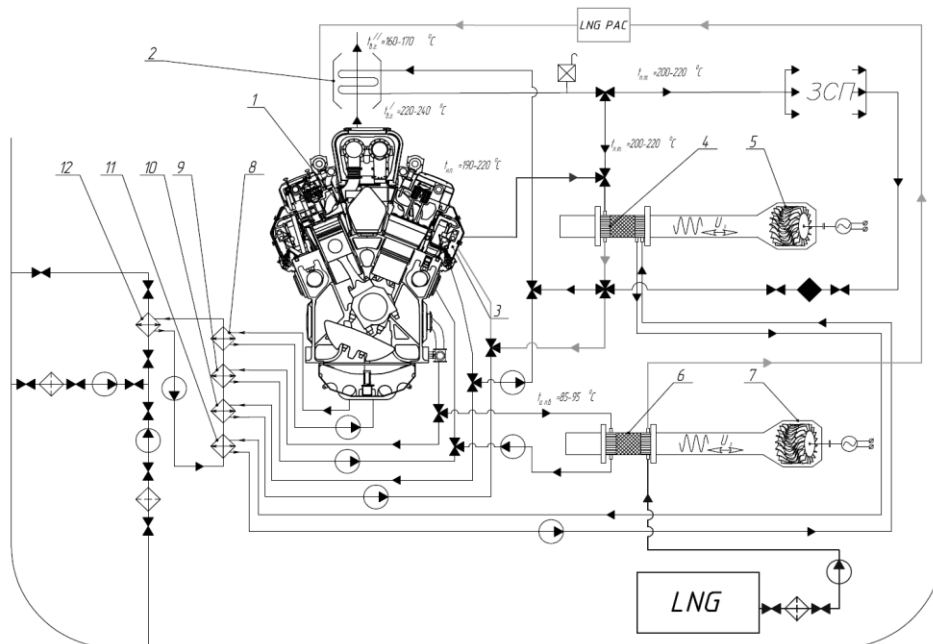


Рисунок 2 – Схема системи утилізації ВЕР СЕУ з ТАТМ 1 – ГД, 2 – УК, 3 - ОНП, 4 – нагрівач ТАД, 5 – ТАТГ, 6 – криогенний ТАД, 7 – ТАТГ, 8 – 12 охолоджувачі систем СЕУ.

Особливістю запропонованої системи є використання ТАТМ з різними термодинамічними циклами. Для ВТК – «УК – ОНП» передбачено використання ТАТМ з циклом Стірлінга. В цьому випадку, ефективність перетворення теплової енергії в акустичну становить $\eta_{ТАТД}^{Стірлінг} = (0,42 - 0,46)\eta_{Карно}$, к.к.д. ІДТ $\eta_{ІДТ} = (0,7 - 0,85)$, к.к.д. електрогенератора $\eta_{ЕГ} = (0,90 - 0,95)$. Тоді електрична потужність термоакустичного турбогенератора може бути розрахована, як

$$Ne_{TATM} = \eta_{TATD} \eta_{ДТ} \eta_{EG} (Q_{in}^H - Q_{out}^C) \quad (4)$$

В низькотемпературному, (криогенному) контурі – «LNG–NG–система охолодження ГД з робочими температурами 400 – 110 К, доцільним є використання ТАТМ, які працюють за циклом Брайтона. Термодинамічна ефективність таких ТАД не перевищує $\eta_{TATD}^{Брайтон} = (0,18 - 0,20) \eta_{Carnot}$, але таке рішення цілком оправдано, оскільки в цьому контурі ТАД виконує функцію випарного теплообмінника системи регазифікації, а генерація електричної енергії є додатковим ефектом [9].

Розрахунки за формулою (3) показали, що використання ТАТМ в системі енергозбереження дає можливість отримати додатково до 1200 кВт електричної енергії, результати розрахунків за виразом (4) дають близький результат – 1360 кВт.

Висновок. Використання ТАТМ та систем на їх основі дає принципову можливість підвищити енергетичну ефективність СЕУ, зменшити емісію CO₂ та задовільнити вимогам ІМО, формалізованим у вигляді критерія EEDI. Бажаний ефект може буде досягнений за рахунок:

- розширення об'єму ВЕР, придатних до утилізації за рахунок споживання низькотемпературних та криогенних викидів;
- спрощення конструкції систем енергозощадження, покращення їх масогабаритних характеристик та зменшення вартості обладнання;
- підвищення надійності експлуатації систем енергозбереження СЕУ та економії коштів на обслуговування.

ЛИТЕРАТУРА

1. MAN, Waste heat recovery system (whrs) for reduction of fuel consumption, emissions and EEDI, Tech. rep., MAN Diesel and Turbo, Copenhagen, Denmark, 2011, <https://www.mandieselturbo.com>
2. Dig Vijay Singh, Eilif Pedersen., A review of waste heat recovery technologies for maritime applications. [Text] /Dig Vijay Singh, Eilif Pedersen., //Energy Conversion and Management 111 (2016) 315–328. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman>
3. ІМО. Interim guidelines on the method of calculation of the energy efficiency design index for new ships [Electronic resource] // International Maritime Organization, 2009. – Mode of access: <https://goo.gl/4Amxuv>
4. Yun E., Park H., Youl S., Chun K., Dual parallel organic Rankine cycle (ORC) system for high efficiency waste heat recovery in marine application [Text]/ Yun E., Park H., Youl S., Chun K.//Journal of Mechanical Science and Technology, 29, 2015, pp. 2509-2515.
5. Kalina A.I. Combined cycle and waste heat-recovery power-systems based on a novel thermodynamic energy cycle utilizing low-temperature heat for power-generation. [Text] / Kalina A.I. //Mech Eng 1983;105(11):104.
6. Novikov, The efficiency of atomic power stations, [Text]/ I. I. Novikov, //Atomnaya Energiya, vol. 3, p. 409, 1957, English transl. in Journal of Nuclear Energy, vol. 7, p. 125, 1958.
7. Curzon F.L. Efficiency of a Carnot engine at maximum power output [Text]/F.L. Curzon, B. Ahlborn // Amer. J. Phys. 43, 1975. – P. 22–24.
8. Коробко В.В., Перспективи застосування термоакустичних технологій в системах регазифікації/ Коробко В.В., Московко О.О. // матеріали VI міжнародної науково-технічної конференції: «Суднова енергетика: стан та проблеми», – 2013.
9. Коробко В.В. Дослідження особливостей використання імпульсних двонаправлених турбін в термоакустичних машинах [Text] / Коробко В.В., Московко О.О., Воронов І.В.//Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон: Видавництво ХДМА, 2016. – № 1 (14). – С. 201 - 208.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ СТРАТИФИКАЦИИ ВЯЗКОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Кривой М.А.

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

Введение. Нефть и производные от нее нефтяные системы (нефтяные топлива и нефтяные масла) являются предметом изучения многих естественных наук, каждая из которых вносит определенный вклад в развитие представлений о строении и структуре этих систем. С точки зрения органической химии нефтяные масла – это смесь низко- и высокомолекулярных соединений, относящихся к различным гомологическим рядам. С позиций аналитической химии нефтяное масло, как элемент нефтяной системы, представляет собой смеси органических соединений сложного состава. С позиций коллоидной химии моторное масло, получаемое из нефти, – это сложная многокомпонентная смесь, которая в зависимости от внешних условий проявляет свойства молекулярного раствора или дисперсной системы. При этом система приобретает: 1) структурно-механическую прочность; 2) неустойчивость, способность к расслоению на фазы.

Актуальность исследования. Структурно-механическая прочность системы повышает смазочную способность моторного масла. Особенно актуальным приобретение данного свойства является для режимов граничного смазывания, когда в смазочном слое возникает дополнительное расклинивающее давление, повышающее несущую способность масляного клина. Подобные физические свойства моторных масел, применяемых в судовой энергетике для обеспечения надежной эксплуатации судовых дизелей, в настоящее время изучены лишь поверхностно и еще не приобрели должного практического применения. Поэтому исследования, проводимые в этом направлении актуальны, а использование их результатов будет способствовать повышению уровня технической эксплуатации судовых дизелей.

Постановка задачи. Смазывание подшипниковых узлов судовых двигателей внутреннего сгорания является неотъемлемым процессом, обеспечивающим их надежную эксплуатацию и безаварийную работу. Подтверждением этому может являться тот факт, что при аварийной остановке главного двигателя или «обесточивании» всего судна, одним из механизмов, работа которого обеспечивается аварийным генератором, является циркуляционный масляный насос, подающий смазочный материал к сопряжению коленчатый вал – вкладыш подшипника. Пленка смазочного материала, разделяющая эти элементы, находится под воздействием переменной нагрузки, а, следовательно, ее толщина постоянно меняется. При этом режим трения в трибологической системе вал – вкладыш, постоянно меняется с гидродинамического на граничный, а изменение толщины масляного слоя вызывает соответствующее изменение вязкости масла. Учитывая это, задачей исследования было определение диапазона изменения вязкости масла, разделяющего поверхности трибологической системы вал – вкладыш при изменении сдвиговых усилий.

Результаты исследования. Традиционно считается, что основным видом смазывания контактируемых деталей судовых дизелей является гидродинамическое, когда поверхности разделены между собой масляным слоем, выполняющим несущие функции. Однако, гидродинамическое смазывание обеспечивается лишь при длительных установившихся режимах работы. Для режимов пуска и реверса любого механизма неперенным спутником являются процессы полужидкостного или граничного трения в его контактируемых элементах. Для судовых дизелей наиболее ответственными из таких узлов являются сопряжения втулка – поршневое кольцо и вал – вкладыш подшипника.

Если в первом случае на зеркале цилиндровой втулки остается остаточный слой смазочной пленки (который способен обеспечить требуемый режим смазывания), то во втором, после вывода дизеля из эксплуатации поступление масла в сопряжение вал – вкладыш прекращается и под воздействием сил тяжести происходит проседание вала на постель подшипника. Это приводит к вытеснению смазочного материала из сопряжения и непосредственному контакту поверхностей вала и вкладыша подшипника. Таким образом, пуск судового дизеля изначально происходит в режиме полужидкостного или граничного трения в данном трибосопряжении, а поверхности разделены между собой тонким слоем смазочного материала, либо находятся в непосредственном контакте (рис. 1, а). Аналогичный режим смазывания наблюдается при реверсе дизеля, когда вследствие его остановки минимизируется зазор в сопряжении вал-вкладыш [1].

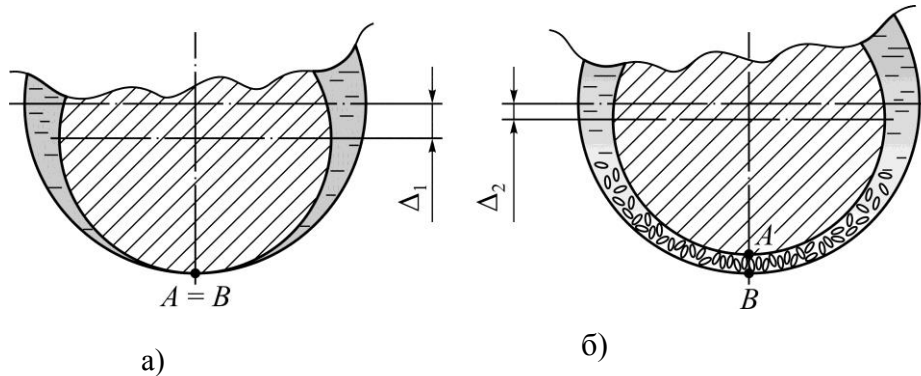


Рисунок 1 – Состояние трибосопряжения вал – вкладыш подшипника во время пуска судового дизеля: а) смазочный материал со стандартной структурой смазочного слоя; б) смазочный материал с ориентированной структурой молекул в граничном слое

Практические во всей технической литературе традиционно поведение смазочного материала, находящегося в зоне трения, рассматривается с позиции гидродинамической теории смазки, учитывающей только объемную вязкость смазочного материала. При этом предполагается, что природа поверхностей трения и их молекулярное взаимодействие с жидкостью, служащей смазкой, не изменяют свойств жидкости. Однако, даже при большой толщине смазочного слоя и отсутствии скорости, смазочное действие зависит не только от объемных механических свойств смазки, но и от ее молекулярного взаимодействия с поверхностями трения. Это способствует образованию структурной ориентации молекул в граничном смазочном слое (рис. 1, б) и связанному с этим понижению пусковых моментов.

Наибольшая эффективность действия поверхностных сил наблюдается в непосредственной близости к поверхности твердой фазы. По мере удаления от границы твердой подложки действие этих сил убывает, но, в определенных условиях (специальный материал твердой подложки, химический состав используемой жидкости и специальных добавок к ней) возможно увеличение их радиуса действия. Из этого вытекает утверждение, то толщина смазочной прослойки, соответствующей граничному трению, зависит от глубины, на которую распространяется в жидкости молекулярное действие твердой поверхности [2].

Образование ориентированной структуры молекул препятствует контакту поверхностей *A* и *B* (рис. 1, б), повышая, тем самым, надежность работы трибологической системы вал – смазочный слой – вкладыш. Кроме того, в данном случае уменьшается относительное смещение осей вала и подшипника, по сравнению со случаем, когда их поверхности разделены смазочным материалом со стандартной структурой смазочного слоя, т.е. $\Delta_2 < \Delta_1$ – рис. 1 [3].

При исследованиях определение вязкости масла, по своему состоянию соответствующего гидродинамическому режиму смазывания (объемная вязкость) ν_{vol} ,

проводилось штатним судовим вискозиметром, определение вязкости масла, соответствующего режиму граничного смазывания (вязкость граничного слоя) v_{bl} – с помощью ротационного вискозиметра, разработанного Б. А. Алтоизом и С. В. Кирияном в Одесском национальном университете [4].

Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты реологических испытаний судовых масел

Тип смазочного материала и его характеристика		Скорость сдвига, γ , c^{-1}					
		0	25	50	75	100	125
Масло MLC30	Объемная вязкость, v_{vol} , cСт	228					
	Вязкость граничного смазочного слоя, v_{bl} , cСт	256	239	221	218	214	208
Масло HLX40	Объемная вязкость, v_{vol} , cСт	212					
	Вязкость граничного смазочного слоя, v_{bl} , cСт	224	218	209	203	196	192
Масло HT70	Объемная вязкость, v_{vol} , cСт	217					
	Вязкость граничного смазочного слоя, v_{bl} , cСт	224	221	216	211	207	203
Масло Cyltech70	Объемная вязкость, v_{vol} , cСт	222					
	Вязкость граничного смазочного слоя, v_{bl} , cСт	244	235	226	217	211	205

Приведенные в таблице 1 результаты подтвердили «неньютоновский» характер течения смазочного материала в узком зазоре пары трения вал – вкладыш. Стратификация вязкости по ширине смазочного слоя подтверждает жидкокристаллическую структуру граничного слоя в узком зазоре между поршневым кольцом и втулкой цилиндра. В диапазоне скоростей сдвига $\dot{\gamma}=0 \dots 125 \text{ c}^{-1}$ (соответствующих основным эксплуатационным режимам работы судовых малооборотных дизелей), стратификация вязкости различных моторных масел составляет (0,9...1,12) значения объемной вязкости v_{vol} . Для моторных масел, исследуемых в работе, уровень стратификации вязкости моторного масла показан на рис. 2, где верхняя часть диаграммы соответствует отсутствию сдвиговых усилий ($N_e=0$ кВт), а нижняя – сдвиговым усилиям при максимальной нагрузке ($N_e = N_e^{\max}$).

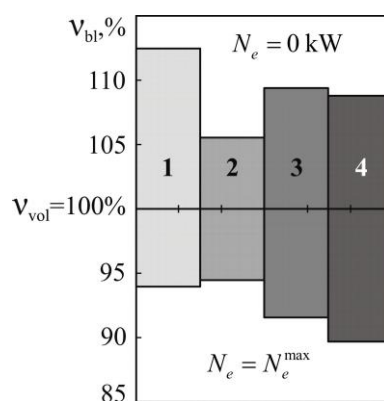


Рисунок 2 – Диаграмма стратификации вязкости различных судовых моторных масел в зависимости от нагрузки дизеля: 1 – MLC30; 2 – HLX40; 3 – HT70; 4 – Cyltech70

Выводы. В результате экспериментальных исследований установлено, что смазочный материал, находящийся в узком зазоре трибологической системы коленчатый вал – смазочный материал – вкладыш подшипника судовых дизелей, представляет собой радиально-анизотропную жидкость, которая характеризуется различными значениями вязкости по ширине масляного слоя.

Механические нагрузки, воздействующие на упорядоченные молекулярные слои граничного смазочного слоя, приводят к их деструкции, что вызывает снижение его вязкости и уменьшение демпфирующих свойств масла.

При увеличении частоты вращения вала дизеля (а, следовательно, и скорости поршня) в масляном слое возникают сдвиговые усилия, способствующие уменьшению его вязкости. Этот факт необходимо учитывать при выборе сорта масла для смазывания цилиндропоршневой группы, а также при определении браковочных показателей масла, т.к. и в том, и в другом случае определяется значение вязкости для большого объема жидкости, а эксплуатация цилиндропоршневой группы происходит при значениях вязкости, характерных для граничного слоя.

Следует отметить, что при отсутствии сдвиговых нагрузок, а также при начальном движении контактируемых поверхностей, вязкость граничного смазочного слоя на 10...12% превышает объемную вязкость масла. Этот эффект особенно важен для пусковых режимов работы судовых дизелей, когда скорость перемещения поршня еще не позволяет равномерно распределить масляную пленку по поверхности цилиндрической втулки и создать требуемый режим смазывания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривой М. А. Обеспечение режимов смазывания подшипниковых узлов судовых малооборотных дизелей при режимах пуска и реверса / М. А. Кривой // Суднова енергетика : стан та проблеми : матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв : НУК, 2017. – С. 74-78.
2. Sagin S. V., Semenov O. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / American Journal of Applied Sciences, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208
3. Сагин С. В. Реология моторных масел при режимах пуска и реверса судовых малооборотных дизелей // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67-71.
4. Кириян С.В., Алтоиз Б.А. Реология моторных масел с квазижидко-кристаллическими слоями в триаде трения // Трение и износ. – 2010. – Т. 31 ; № 3. – С. 312–318.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Куропятник А.А.

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

Введение. Современное судостроение характеризуется увеличением дедвейта практически всех типов судов и в первую очередь контейнеровозов, балкеров и танкеров. Для обеспечения скоростных характеристик судна и выполнения внутрисудовых операций пропорционально росту дедвейта судна повышается мощность судовой энергетической установки. Мощность главных двигателей (передающих свою мощность на винт и обеспечивающих движение судна) ведущих дизелестроительных фирм Mitsubishi, MAN Diesel, Wartsila-Sulzer достигает 56000...81000 кВт, а вспомогательных двигателей (являющихся приводом судовых электрогенераторов) – 2500...4200 кВт. При среднем удельном эффективном расходе топлива 175...188 г/(кВт·час) суточный расход топлива главным двигателем может составлять 235...350 тонн/сутки, а вспомогательными двигателями, количество которых на современных судах до 4-х, (а количество параллельно работающих до 3-х), до 8...10 тонн/сутки. При этом в атмосферу выбрасывается 16...24 тонн/час выпускных газов, в состав которых входят токсичные компоненты. Все токсичные компоненты, которые образуются в судовых дизелях, можно разделить на две группы. К первой группе относятся продукты неполного сгорания топлива – это монооксид углерода, углеводороды, альдегиды, сажа. Токсичные компоненты второй группы образуются в результате полного окисления химических элементов, входящих в состав топлива и воздуха – это оксиды азота NO_x и серы SO_x .

Актуальность исследования. Оксиды азота являются единственными загрязняющими веществами, которые не могут быть устранены путем смены сорта топлива (как это возможно для снижения выбросов SO_x), поскольку чаще всего они образуются при соединении азота (обязательно находящегося в составе жидкого топлива) с кислородом (обязательно находящегося в составе воздуха в цилиндре дизеля). Судовые дизели, которые находятся в эксплуатации, требуют постоянного поиска эффективных способов снижения токсичности отработавших газов, в первую очередь, выбросов оксидов азота. Снижение концентрации NO_x в выпускных газах достигается за счет использования различных технологических и конструкционных решений, одним из которых является рециркуляция выпускных газов (Exhaust gas recirculation – EGR). Это определяет актуальность проведения исследований по определению оптимальных режимов эксплуатации систем рециркуляции выпускных газов [1].

Постановка задачи. Количество оксидов азота в выпускных газах судовых дизелей регламентируется требованиями MARPOL Annex VI. В последнее десятилетие системы рециркуляции отработавших газов все шире применяются как в стационарной, так и в судовой энергетике. Разработка данных систем и их установка выполняются для вновь проектируемых судов. Широкий опыт технической эксплуатации этих систем в настоящее время ещё не накоплен, а рекомендации по их использованию в основном базируются на теоретических расчетах и моделировании происходящих при этом процессов. Учитывая изложенное, задачей исследования было определение влияния системы рециркуляции выпускных газов на экологические, энергетические и экономические показатели работы судового малооборотного дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi, оборудованного штатной системой ERG.

Результаты исследования. Принципиальная схема судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi с системой рециркуляции выпускных газов, на котором выполнялись исследования, показана на рис. 1.

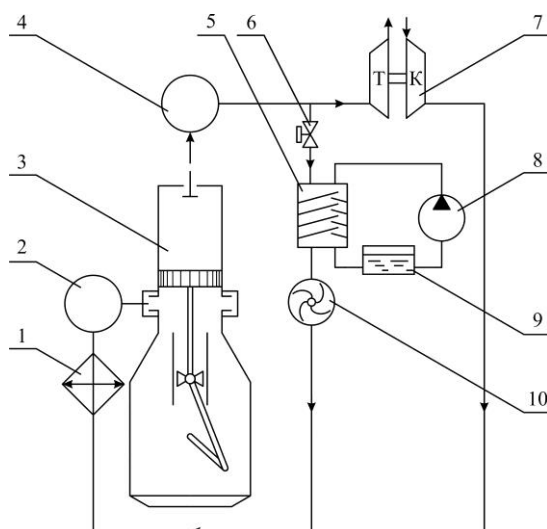


Рисунок 1 – Принципіальна схема системи рециркуляції вихідних газів для судового малооборотного дизеля 7UEC60LS фірми Mitsubishi: 1 – охладитель воздуха; 2 – воздушный ресивер; 3 – цилиндр дизеля; 4 – выпускной коллектор; 5 – скруббер; 6 – управляющий клапан системы рециркуляции выхлопных газов; 7 – газотурбоагнетатель; 8 – водяной насос; 9 – водяная цистерна; 10 – газовый нагнетатель с электрическим приводом; Т, К – газовая турбина и воздушный компрессор газотурбоагнетателя

Выводные газы из цилиндра дизеля 3 поступают в выпускной коллектор 4 и далее к газотурбоагнетателю 7, после чего через газовыпускную трубу удаляются в атмосферу. Газотурбоагнетатель 7 забирает воздух из машинного отделения и после сжатия направляет его через охладитель 1 и ресивер 2 к продувочным окнам дизеля. Система рециркуляции выхлопных газов состоит из управляющего клапана 6, скруббера очистки газов 5, нагнетателя 10, водяной цистерны 9 и водяного насоса 8. В случае использования системы рециркуляции выхлопных газов их количество регулируется клапаном 6. Выходные газы очищаются и предварительно охлаждаются в скруббере 5, после чего дополнительным нагнетателем подаются на смешение с воздухом (поступающим из газотурбоагнетателя 7) и поступают к охладителю 1 и ресиверу 2 и далее через продувочные окна в цилиндр дизеля 3. Газовый нагнетатель 10 представляет собой вентилятор с постоянной геометрией проходного сечения [2].

Степень рециркуляции уходящих газов во время экспериментов изменялась в следующих значениях: EGR=4,7 %, EGR=9,8 %, EGR=14,6 %, EGR=18,8 % и определялась с помощью газоанализатора Testo350XL. Эксперименты выполнялись для следующих скоростных режимов работы дизеля: 55, 65, 75 и 80 об/мин, что соответствовало значениям относительной мощности дизеля: $0,3N_{\text{enom}}$, $0,5N_{\text{enom}}$, $0,77N_{\text{enom}}$ и $0,93N_{\text{enom}}$. В качестве N_{enom} принималась номинальная мощность, соответствующая значению коэффициента избытка воздуха α . Для определения мощности дизеля производилось его индицирование с помощью судовой системы диагностики Doctor. Кроме того, для каждого режима работы дизеля с помощью судовых измерительных средств определялся часовой расход топлива [3].

Результаты, отражающие изменение удельного эффективного расхода топлива b_e , концентрации оксидов азота NO_x в выхлопных газах и относительного снижения эффективной мощности $\frac{N_{e\text{EGR}}}{N_e} \cdot 100$, судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi в зависимости от частоты вращения коленчатого вала n , и степени рециркуляции выхлопных газов EGR показаны на рис.2-4.

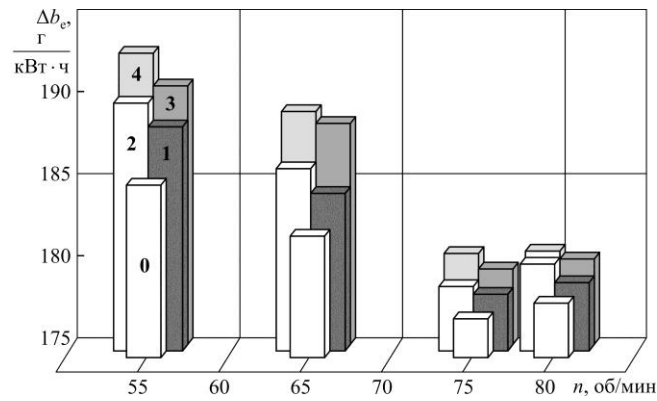


Рисунок 2 – Изменение удельного эффективного расхода топлива b_e , г/(кВт·ч) судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi в зависимости от частоты вращения n , об/мин и степени EGR, %: 0 – работа без рециркуляции (EGR=0%); 1 – EGR=4,7%; 2 – EGR=9,8%; 3 – EGR=14,6%; 4 – EGR=18,8%

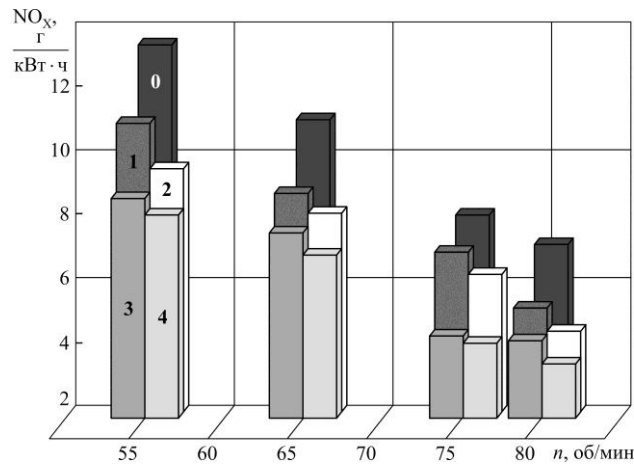


Рисунок 3 – Изменение концентрации оксидов азота NO_x , г/(кВт·ч) в выпускных газах судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi в зависимости от частоты вращения n , об/мин и степени EGR, %: 0 – работа без рециркуляции (EGR=0%); 1 – EGR=4,7%; 2 – EGR=9,8%; 3 – EGR=14,6%; 4 – EGR=18,8%

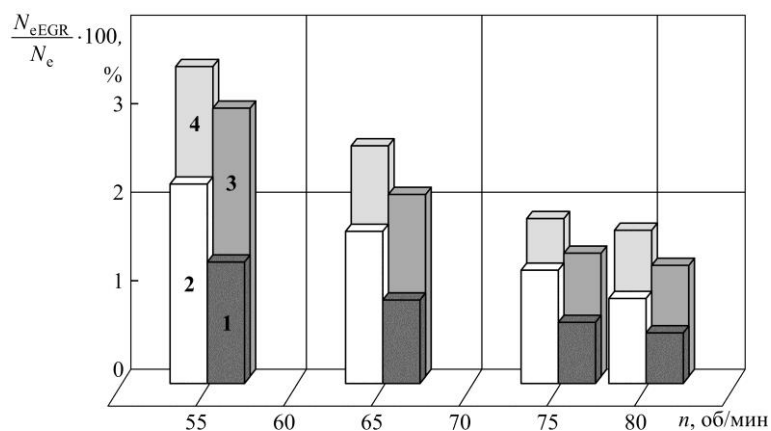


Рисунок 4 – Относительное снижение эффективной мощности $\frac{N_{eEGR}}{N_e} \cdot 100, \%$ судового дизеля 7UEC60LS фирмы Mitsubishi в зависимости от частоты вращения коленчатого вала n , об/мин и степени рециркуляции газов EGR: а) 1 – 4,7%; б) 2 – 9,%; в) 3 – 14,6%; г) 4 – 18,8%

Выводы. Необходимость обеспечения требуемых экологических параметров работы судовых дизелей (в частности эмиссии NO_x в выпускных газах) вынуждает использовать дополнительные технологические решения. Одним из таких вариантов является комплектация судовых дизелей системами EGR, обеспечивающими принудительную подачу в цилиндр части выпускных газов из газоразделительной системы. Система EGR снижает количество воздуха, предназначенного для сгорания топлива, поэтому количество выпускных газов, возвращающихся в цилиндр дизеля, должно поддерживать надежное самовоспламенение и последующее сгорание топлива.

Использование системы рециркуляции выпускных газов улучшает экологические параметры работы судового дизеля, в частности снижает уровень эмиссии NO_x . Так экспериментально установлено, что изменение степени рециркуляции выпускных газов в диапазоне 4,7...18,8% обеспечивает снижение концентрации оксидов азота NO_x в выпускных газах соответственно до 13,3...3,3 г NO_x /(кВт·ч) в зависимости от частоты вращения и нагрузки дизеля, которые в экспериментах изменялись в интервале $n_{\text{раб}}=(0,67...0,975)n_{\text{ном}}$ и $N_{\text{ераб}}=(0,3...0,93)N_{\text{ераб}}$. Снижение концентрации NO_x в выпускных газах в процентном отношении находится в пределах 19,5...48,8 %, причем большие значения соответствуют интервалу нагрузок $(0,77...0,93)N_{\text{еном}}$, т.е. наиболее распространенным из эксплуатационных режимов работы дизеля.

Использование системы рециркуляции выпускных газов способствует снижению энергетических и экономических показателей работы судового малооборотного дизеля. Так, экспериментально установлено, что такой экономический показатель как удельный эффективный расход топлива повышается пропорционально росту степени рециркуляции выпускных газов. Для разных скоростных режимов работы дизеля в процентном соотношении он составляет 0,85...2,01% для случая EGR=4,7 % и 2,16...4,34% для случая EGR=18,8 %. Повышение степени рециркуляции выпускных газов снижает эффективную мощность дизеля. На режимах, близких к номинальной нагрузке, (например при $n_{\text{раб}}=0,975n_{\text{раб}}$ и $N_{\text{ераб}}=0,93N_{\text{ераб}}$), падение значения эффективной мощности составляет 1,2%, а на режимах $n_{\text{раб}}=0,67n_{\text{ном}}$ и $N_{\text{ераб}}=0,3N_{\text{ераб}}$ – 3,43%.

Невзирая на ухудшение экономических и энергетических показателей дизеля применение способа EGR на морских судах имеет широкие перспективы, потому что его использование обеспечивает выполнение международных требований по защите окружающей воздушной среды от загрязнения и способствует поддержанию экологической безопасности судовых энергетических установок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куропятник А.А. Обеспечение экологических характеристик работы судовых дизелей // Матер. наук.-техн. конференції «Річковий та морський флот : експлуатація і ремонт», 23.03.2017 – 24.03.2017. Частина 1. – Одеса : НУ «ОМА», 2017. – С. 120-123.
2. Sagin S.V., Kuropyatnik A.A. Application of the system of recirculation of exhaust gases for the reduction of the concentration of nitric oxides in the exhaust gases of the ship diesels // American Scientific Journal, 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 67-71.
3. Куропятник А.А. Снижение концентрации оксидов азота в выпускных газах судовых дизелей // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67-71.

ПОЛІПШЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ВАРИКАПА

Литвиненко В.М.

*Херсонський національний технічний університет
(Україна)*

Доценко Г.Г.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Анотація. Розроблена технологія виготовлення високовольтних варикапів, що забезпечує підвищення виходу придатних приладів за рахунок зменшення їх зворотних струмів. Представлені результати експериментального дослідження впливу чотиришарового захисту р- n переходу варикапа плівками діелектриків і гетерування за допомогою шліфовки зворотної сторони пластин на вихід придатних приладів. Приведені технологічні режими створення гетеруючої області в структурі варикапа і формування плівок діелектриків чотиришарового захисту його р- n переходу.

Ключові слова: плівки діелектриків, гетерування, р- n перехід, варикап, структурні дефекти.

Однією з проблем високовольтних варикапів є стан поверхні р-п переходу. Поверхневі заряди, утворені неконтрольованими домішками значно збільшують поверхневу складову зворотного струму варикапу [1]. З метою покращання стану поверхні варикапних структур було проведено випробування в якості захисту р-п переходу покриття з чотирьох шарів діелектричних плівок замість традиційного захисту шаром плівки двоокису кремнію SiO_2 . Варикапні структури експериментальних партій виготовлялися за мезапланарною технологією [2] з використанням у якості вихідного матеріалу кремнієвих епітаксійних структур n- типу провідності з питомим опором 5 Ом·см і завтовшки 35 мкм.

На рис. 1 приведена структура варикапу з послідовним захистом р-п переходу, що виходить на поверхню, шарами двоокису кремнію SiO_2 , боро- та фосфоросилікатного скла (відповідно БСС та ФСС) і плівкою нітриду кремнію Si_3N_4 . В структурі варикапу на рис. 1 сплав «ПОВі0,5», який наноситься на робочу і зворотну поверхню пластин, необхідний для подальшого складання структур варикапів в корпуси.

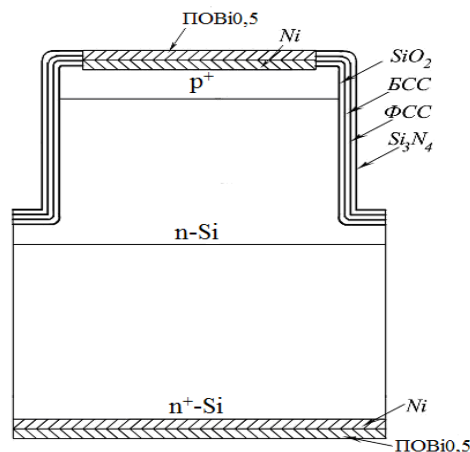


Рисунок 1 – Структура високовольтного варикапа

Одержані експериментальні результати показали, що використання запропонованого методу захисту р- n переходу покриттям з чотирьох шарів діелектричних плівок дає можливість підвищити вихід придатних варикапів на контролі по рівню величини зворотного струму, в середньому на 11%. Отриманий позитивний результат можна пояснити тим, що до складу чотиришарового захисту р – n переходу входять гетеруючі шари плівок боро- і фосфоросилікатного скла, які володіють гетеруючою дією

по відношенню до сторонніх домішок і структурних дефектів в кремнії. Плівка нітриду кремнію Si_3N_4 також виконує гетеруючу дію по відношенню до сторонніх домішок на поверхні кремнію і захищає її від дії навколишнього середовища. Очевидно, що очищення приповерхневих активних областей варикапних структур від небажаних домішок дає можливість значно зменшити поверхневу складову зворотного струму варикапів.

Також для покращання зворотних характеристик високовольтного варикапу в технологічному маршруті його виготовлення було застосовано гетерування [3]. Перед першою високотемпературною технологічною операцією – загонкою бору на зворотній стороні пластини була створена область гетера за допомогою її шліфування. Щоб уникнути попадання забруднень на робочу сторону пластини, її захищали шаром лаку ХВ-784. Шліфовку пластин проводили на шліфувальному верстаті В1М3.105.000. Шліфовка проводилася абразивом на основі двоокису алюмінію з розміром часток 2-15 мкм. За допомогою шліфування на неробочій стороні пластини формувався порушений шар завтовшки приблизно 10 мкм, який і використовувався для гетерування. Після видалення захисного шару лаку на робочій стороні пластин і стандартної хімічної обробки пластини були передані на загонку бору. В процесі загонки бору, яка проводиться при $T=1050^\circ\text{C}$, атоми небажаних домішок (наприклад, Ni, Fe, Cu, Na) мігруючи по кристалу, осідають на дислокаціях, які утворюються в області порушеного шару [4]. При цьому відбувається очищення активних областей варикапів від сторонніх домішок, що запобігає утворенню в них окислювальних дефектів упаковки і інших структурних дефектів.

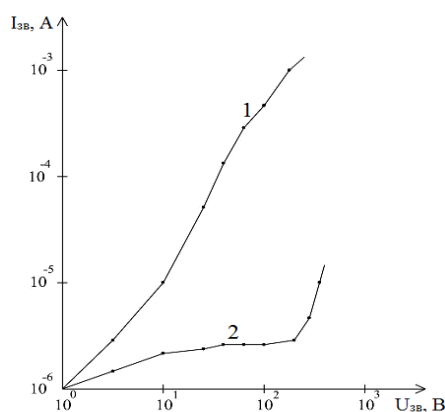


Рисунок 2 – Вольт - амперні характеристики варикапних структур: 1 - варикапна структура, виготовлена за базовою технологією; 2 – варикапна структура, виготовлена з використанням гетерування

Металографічні дослідження показали відсутність окислювальних дефектів упаковки в активних областях кремнієвих структур після загонки бору.

На рис. 2 приведені вольт - амперні характеристики діодних структур, виготовлених за базовою технологією (без використання гетерування) і за технологією з використанням гетерування. Видно, що застосування методу гетерування шліфовкою зворотної сторони пластини дає можливість значно зменшити рівень зворотних струмів варикапів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Горшков А.П. Физика поверхности полупроводников: Учебное пособие / А.П. Горшков, С.В. Тихов. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2013. – 101с.
2. Малышева И.А. Технология производства интегральных микросхем / И.А. Малышева. - М.: Радио и связь, 1991.- 344с.
3. Лабунов В.А. Современные методы геттерирования в технологии полупроводниковой электроники / В.А. Лабунов, И.Л. Баранов, В.П. Бондаренко, А.М. Дорофеев. – Зарубежная электронная техника, № 11(270), 1983. –М.: ЦНИИ «Электроника». - С. 3-66.
4. Рейви К. Дефекты и примеси в полупроводниковом кремнии. - М.: Мир, 1984.- 472 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ РЕЖИМІВ РУХУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЛІСОЗАГОТІВЛІ

Мачуга О.С., Яхно О.М.

*Національний лісотехнічний університет України
(Україна)*

Вступ. Енергетичний підхід до моделювання та розрахунку задач полягає у визначенні усіх енергетичних чинників, які є вагомими для розглядуваної механічної системи. Далі із умов мінімуму такого енергетичного виразу визначаються особливості розглядуваних механічних процесів. Для технологічного транспорту лісозаготівлі – харвестерів та форвадерів, які експлуатуються на територіях із ухилом, важливим є визначення допустимих режимів руху з огляду на функції, які виконує в даний момент розглядуваний транспортний засіб. З цією метою попередньо побудовано функційні та структурні схеми технологічного транспорту лісозаготівлі, типізовано експлуатаційні особливості таких механізмів, запропоновано розширену з огляду на експлуатаційні умови математичну модель. В даній роботі аналізується та визначається допустимий кут косогірності для руху харвестера із заданою швидкістю. Виконано потужнісні розрахунки на базі енергетичного підходу.

Двигун транспортного засобу повинен мати певний запас потужності для одночасного виконання транспортної та виробничої функцій, які систематизовано в роботі [1]. Потужність транспортної функції визначається відношенням [2]

$$N = \frac{vG(f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \cdot \cos \beta)}{v_e} + 33367 \cdot \sin \alpha \cdot \cos(\beta - \gamma) + 117571. \quad (1)$$

де G, f, v - вага механізму із навантаженням, коефіцієнт опору та швидкість – відповідно. Для проектуючих розрахунків двигуна харвестера, який повинен забезпечувати виконання транспортної функції одночасно з виробничою для заданих ухилів лісосіки α , відхилення траси харвестера β та напрямку маніпулятора γ – збудовані відношення, які охоплюють усі можливі операції технологічної функції:

А - захоплення стовбура. На даному етапі одночасно виконуються наступні процеси: рух харвестера лісосікою; обертовий рух кабіни з маніпулятором; осьовий рух маніпулятора (складання-розкладання); 4 - коловий (захоплюючий) рух ножів та вальців під час стискання стовбура.

Б - зрізання дерева. Одночасно виконується: рух харвестера лісосікою; коловий (захоплюючий) рух ножів та вальців; натяг стовбура; рух приводу повороту ланцюгової пилки; рух приводу механізму пиляння.

В - падіння дерева. Під час падіння харвестер може рухатись від напрямку валки дерева з одночасним переміщенням маніпулятора і поворотом харвестерної головки. На даному етапі одночасно виконуються такі операції: рух харвестера лісосікою; маневр маніпулятором із затисненим стовбуром; обертання багатоопераційної головки; протягнення стовбура уздовж харвестерної головки зі значним пришвидшенням (сповільненням).

Г - первинне оброблення стовбура: рух маніпулятора; протягнення стовбура подавальними вальцями; коловий рух гілкорізних ножів; рух приводу повороту ланцюгової пилки; рух приводу ланцюгової пили; поворот кабіни зі стрілою-маніпулятором та затисненим стовбуром.

Для харвестера в цілому безрозмірна повна потужність двигуна по усіх етапах:

$$N^0 = \max(N_A^0, N_{A'}^0, N_{A''}^0, N_{A'''}^0). \quad (2)$$

Залежність необхідної потужності двигуна від експлуатаційних умов для Valmet 911.3 - харвестера подано на рисунку 1. Горизонтальна лінія відповідає дійсній потужності двигуна харвестера. Отримані результати свідчать про значний вплив виконання виробничої функції на необхідну потужність двигуна харвестера, або на вид руху харвестера лісосікою. Зокрема для розглядуваного максимальний ухил лісосіки, на якій можливий висхідний рух, поєднаний із виконанням виробничої функції з огляду на потужність механізму – $6,3^{\circ}$ (рисунок 1 а) є значно менший за ухил, яким цей же механізм може рухатись уверх – $36,3^{\circ}$ [2]. Можливий рух механізму лісосікою із ухилами, більшими понад максимальні величини - косогірними ходами харвестера з мінімальним кутом відхилення траєкторії руху від висхідної лінії площини лісосіки, що визначається графічними залежностями на рисунку 1 б.

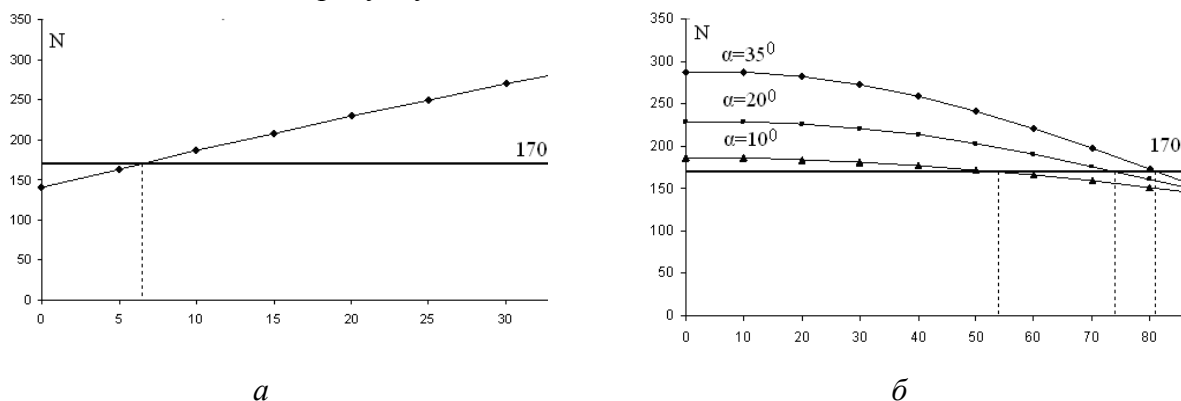


Рисунок 1 – Залежність потужності N від: а - кута α для $\beta = 0, \gamma = 30^{\circ}$; в області де $N \geq 170$ рух харвестера можливий лише косогірними ходами; б – кута β для $\alpha = 35^{\circ}, \gamma = 30^{\circ}$; рух харвестера можливий лише в області де $N \leq 170$ і тільки косогірними ходами

Для планування лісозаготівельних робіт стандартним харвестером Valmet 911.3 визначено максимальний кут ухилу лісосіки α_{\max} шляхом виявлення точок перетину графіка функції $N = N(\alpha)$ для різних швидкостей руху: $v = (0, 50; 1,38; 3,00) \text{ м/с}$; $\beta = 0, \gamma = 30^{\circ}$ із горизонтальною лінією $N_{\text{дв}} = 170 \text{ кВт}$ (рисунок 2).

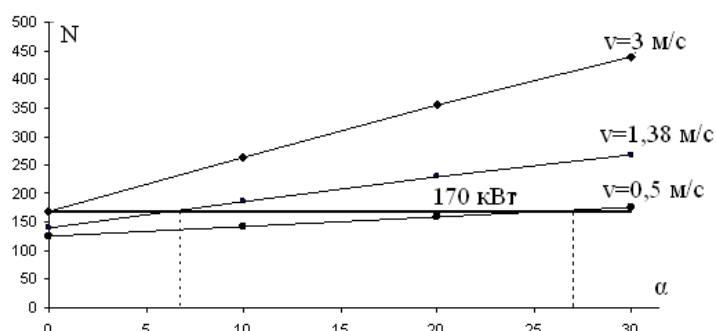


Рисунок 2 – Залежність величини N від кута α для різних значень швидкості v руху харвестера із виконанням ним операцій виробничої функції.

У випадку ухилів, більших за визначені з рисунку 2 значень максимальних кутів підймання α_{\max} для кожного із значень швидкості v , рух харвестера можливий тільки косогірними ходами, мінімальний кут відхилення напрямку руху від висхідного напрямку визначається графіком кривої $N = N(\beta)$ для $\alpha = \alpha_{\max} + 10^{\circ}$ (рисунок 3).

Характер графічних залежностей $N = N(\alpha, v)$ (рисунок 2) свідчить про можливість існування залежності $\alpha_{\max} = \alpha_{\max}(v, N_{\text{дв}})$ у випадку, коли на серійну машину монтували б двигуни різних типів. З графіків (рисунок 4) слідує, що за необхідності долання менших або більших максимальних ухилів може бути досягнуте шляхом підбору потужності двигуна механізму. Отримані результати свідчать про суттєву залежність необхідної потужності харвестера за одночасного виконання ним виробничої функції від заданої швидкості його руху лісосікою з ухилом.

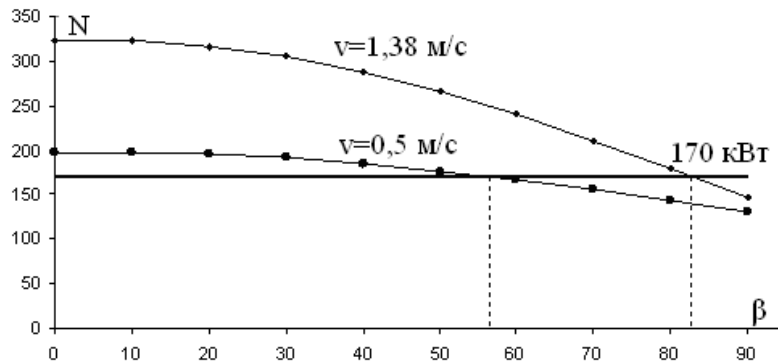


Рисунок 3 – Залежність величини N від кута β для різних значень швидкості v руху харвестера лісосікою із виконанням ним операцій виробничої функції

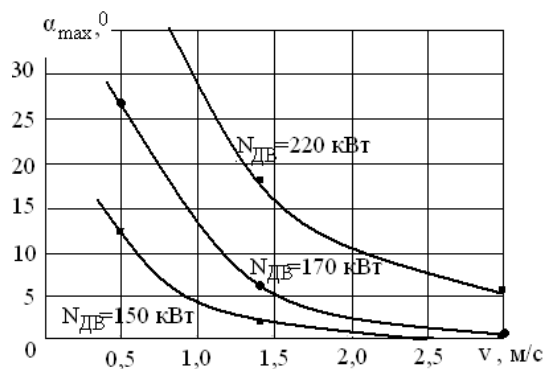


Рисунок 4 – Залежність максимально можливого кута ухилу лісосіки α_{\max} , на який може підійматись харвестер Valmet 911.3 без необхідності рухатись косогірними ходами за одночасного виконання операцій виробничої функції, від швидкості руху для різних типів двигунів

Запропонований підхід дозволяє визначати необхідну потужність механізму для конкретних умов експлуатації – параметрів лісосіки, траєкторій та швидкості руху, розміру маніпулятора, діаметрів зрушуваних стовбурів тощо. У випадку заданої потужності двигуна та параметрів поверхні лісосіки необхідно коригувати швидкісні режими руху харвестера із вибраними траєкторіями (чи навпаки) із урахуванням збудованих для кожного конкретного випадку тягових характеристик.

Важливим технічним завданням є визначення розподілу потужності між окремими групами операцій виробничої функції. Зокрема для харвестерів фірм ВАТ «Белінкоммаш» та АМКОДОР за використання розробленого вище енергетичного підходу отримано результати, подані в таблиці 1, де $N_i^0 = N_i / N_{\text{дв}}$ у групах операцій $i = \hat{A}, \acute{A}, \hat{A}, \tilde{A}$; $N_{\text{дв}}$ – потужність двигуна.

Таблиця 1 – Розподіл витрати додаткової потужності для виробничої функції

Харвестер	N_A^0	N_A^0	N_A^0	N_A^0
АМКОДОР 2551	0,27	0,07	0,24	0,44
МВР Белінкоммаш	0,23	0,08	0,30	0,37

Подані результати свідчать про найбільше споживання потужності операціями групи Γ – первинне оброблення стовбура, які виконуються харвестером під час його зупинки на лісосіці. Важливим є врахування потужності на етапі B – падіння дерева, оскільки ця група операцій поєднується із рухом харвестера.

Висновки. У зв'язку із тим, що під час руху гірською лісосікою лісові машини, зокрема харвестери та форвадери, перебувають у складних механічних процесах, викликаних нахилом до горизонту площини руху, асиметричними навантаженнями та деформаціями елементів конструкцій, а також пов'язаних із необхідністю одночасного енергозабезпечення технологічної та транспортної функцій, до розв'язування задач, що виникають під час експлуатації такої техніки, пропонуються мінімаксні методи в рамках енергетичного підходу. З цією метою розроблено та використано у дослідженнях специфічні математичні моделі, які дозволяють розглядати експлуатацію технологічного транспорту лісозаготівлі з позицій ексергійно - анергійного аналізу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Библюк, Н. І. Лісозаготівельні комбайни: особливості конструкції, функційні схеми, перспективи / Н. І. Библюк, О. С. Мачуга // Вестник национального технического университета Украины «КПИ». Сер. «Машиностроение». – Киев: НТУУ «КПИ». – 2009. – № 55. - С. 235 – 241.
2. Мачуга, О. С. Особливості експлуатації лісозаготівельних комбайнів на лісосіках з ухилом / О. С. Мачуга // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT - 2013): Збірка матеріалів конференції. – Том 2 (ХДМА, Херсон, Україна, 29 – 30 травня 2013). – Херсон: Херсонська державна морська академія, 2013. – С. 207 – 210.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ СМАЗЫВАНИЯ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Мацкевич Д.В.

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

Введение. Судовые двигатели внутреннего сгорания, эксплуатирующиеся в диапазоне частот вращения 500...1000 об/мин, устанавливаются на всех без исключения судах морского и речного флота. Функциональным назначением подобных двигателей, относящихся к категории среднеоборотных дизелей (СОД), является передача мощности на винт (в этом случае они считаются главными) или на электрогенератор (когда они являются вспомогательными). Неотъемлемым компонентом, обеспечивающим работу всех дизелей, является моторное масло, которое выполняет функции разделения пар трения и отвода тепла из трибологических узлов, в частности подшипников кривошипно-шатунного механизма (КШМ).

Актуальность исследования. Развитие судовых СОД сопровождается ростом их агрегатных мощностей за счет увеличения хода поршня, применения наддува с высокой степенью повышения давления, а также их форсировкой по частоте вращения. Следствием этого является возрастание тепловых и силовых нагрузок на узлы трения КШМ, снижение интенсивности маслообмена, ухудшение реологических характеристик моторного масла. Поэтому исследования, результат которых обеспечит восстановление реологических характеристик моторного масла во время эксплуатации СОД и приведет к экономии топлива и смазочных материалов, являются актуальными, а научные разработки, выполняемые в этом направлении, целесообразными.

Постановка задачи. Задачей исследования являлось разработка метода, способствующего восстановлению реологических характеристик моторного масла, используемого в циркуляционных системах смазывания судовых СОД и способствующего повышению надежности работы комплекса дизель – моторное масло – масляная система. Экспериментальные исследования выполнялись на судовом СОД S6A2 фирмы Mitsubishi, установленном в качестве вспомогательного двигателя на судне дедвейтом 11300 тонн.

Результаты исследования. Работоспособность подшипников КШМ СОД обеспечивается рабочей жидкостью – моторным маслом системы циркуляционной смазки. Эксплуатация моторного масла в дизеле происходит длительный период времени, в течение которого его реологические характеристики постоянно изменяются, что приводит к ухудшению состояния двигателя. Изменение как реологических, так и эксплуатационных характеристик моторного масла происходит ввиду его окисления, термоокислительной деструкции, загрязнения, коллоидного старения и срабатывания присадок.

Общепринятой характеристикой степени окисления работавших масел является кислотное число. Кислотное число далеко не полная характеристика степени окисления масла. В процессе окисления образуются не только кислоты, но также и нейтральные кислотные соединения, продукты уплотнения и т.д.

Продукты окисления парафиновых углеводородов состоят в основном из растворимых в масле соединений кислого и нейтрального характера. Большую часть продуктов окисления нафтеновых углеводородов составляют кислоты и оксикислоты. Направление окисления углеводородов меняется в зависимости от условий поступления кислорода в масло. При окислении достаточно толстого слоя масла, при слабом доступе

кислорода (окисление с поверхности, без проникновения в объем, при нормальном давлении) – что характерно для циркуляционных систем смазывания судовых СОД, концентрация кислорода незначительно влияет на скорость процесса окисления во всем объеме масла. Окисление в данном случае направлено на образование продуктов уплотнения (осадка). В условиях интенсивной диффузии кислорода в масло его концентрация повышает скорость окисления и приводит к образованию малорастворимых продуктов кислотного и нейтрального характера. Основные закономерности окисления масла в объеме и в тонкой пленке различны. В условиях окисления в тонкой пленке наблюдается интенсивное испарения масла и разложение соединений, образующихся при окислении [1].

Процесс термической деструкции циркуляционных масел судовых СОД связан с выполнением ими функции смазывания элементов цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Температурные условия работы масел в ЦПГ влияют не только на процесс окисления. Для некоторых углеводородов, составляющих основу моторных масел, эти температуры представляют крекингую зону. Термическая стабильность углеводородов, являясь функцией их структуры, возрастает с увеличением ароматических фракций. Процесс коллоидного старения работающего масла может быть охарактеризован дисперсностью и степенью агрегации нерастворимых загрязнений. Одна из важнейших проблем при смазке СОД обусловлена проникновением в масло продуктов неполного сгорания топлива – сажи. Первичные сажистые частицы, попадающие в масло из камеры сгорания, имеют размеры 0,03...0,05 мкм. В масле эти частицы образуют дисперсную фазу с большим запасом свободной поверхностной энергии, которая обуславливает стремление частиц к агрегации. Образующиеся агрегаты сажистых частиц активно адсорбируют полярные продукты окисления масла и вместе с ними подвергаются коллоидному старению.

Указанные явления приводят, в частности, к изменению вязкости, плотности и кислотного числа масла. При этом наиболее весомым, с точки зрения обеспечения качества работающего масла, является изменение его вязкости.

Современное смазочное масло представляет собой дисперсную систему, вязкость которой согласно уравнению Эйнштейна (выведенного им на основании учета гидродинамического сопротивления течению, которое оказывают частицы дисперсной фазы), зависит от объема дисперсной фазы:

$$\nu = \nu_0(1 + \alpha\chi),$$

где ν – вязкость дисперсной системы;

ν_0 – вязкость дисперсионной среды;

α – коэффициент, учитывающий форму частиц дисперсной фазы (для сферических частиц $\alpha=2,5$);

χ – объемная доля дисперсной фазы.

Таким образом, возрастание вязкости масла при работе в дизеле свидетельствует, прежде всего, о повышении его загрязненности нерастворимыми продуктами старения. Увеличение вязкости за счет образования в нем высокомолекулярных продуктов окисления менее значительно [2].

Для определения динамики изменения вязкости в процессе эксплуатации моторного масла из объема масляной системы судового СОД S6A2 фирмы Mitsubishi производился отбор проб масла с различным временным интервалом. Главный параметр, который подлежал измерению, была вязкость моторного масла. В качестве моторного масла использовалось масло MLC30 фирмы Castrol [3].

При эксплуатации моторного масла циркуляционных систем смазывания судовых СОД важным является разделение понятия вязкости на «объемную» и «пристенную».

Под «объемной» понимается вязкость моторного масла, измеряемая для большого объема и не имеющая непосредственного контакта с поверхностью. Именно такое значение вязкости определяется с помощью вискозиметров, и именно это значение

считается характеристикой масла. Величина «объемной» вязкости не изменяется по мере удаления от металлической поверхности, не зависит от изменения сдвиговых нагрузок и определяется выражением Ньютона

$$v = \frac{\tau}{\dot{\gamma}}; \quad (1)$$

где τ – напряжение сдвига;

$\dot{\gamma}$ – скорость сдвига.

Жидкости, обеспечивающие такие вязкостные характеристики, называются ньютоновскими.

Под «пристенной» вязкостью понимают вязкость в тонком граничном слое (толщина которого не превышает 25 мкм), находящимся непосредственно у металлической поверхности. Моторное масло в таких условиях не подчиняется закону Ньютона для вязких жидкостей (1) и относится к классу неньютоновских. Определения вязкости неньютоновских жидкостей возможно с помощью специальных реометров, моделирующих процессы смазывания и трения в узком зазоре контактируемых деталей.

В выполненных исследованиях измерение «объемной» вязкости производилось в судовых условиях с помощью штатной судовой экспресс-лаборатории Viscomar фирмы UNITOR [4]. Измерение вязкости в граничном слое выполнялось с помощью ротационного вискозиметра в научной лаборатории [5]. Измерение «пристенной» вязкости выполнялось для скорости сдвига $\dot{\tau}=125 \text{ с}^{-1}$, что соответствовало сдвиговым усилиям, возникающим в подшипниковых узлах КШМ судового СОД S6A2 фирмы Mitsubishi. В обоих случаях увеличение вязкости носило экспоненциальный характер и представлено на рис. 1.

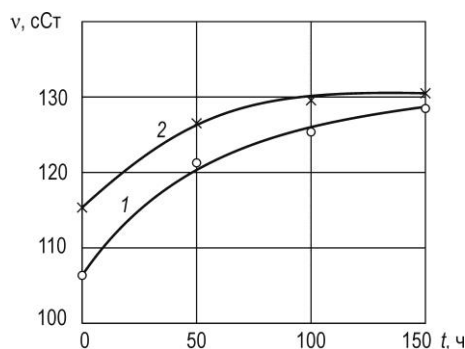


Рисунок 1 – Изменение вязкости моторного масла MLC30 фирмы Castrol в процессе эксплуатации: 1 – «объемная» вязкость; 2 – «пристенная» вязкость при скорости сдвига 125 с^{-1}

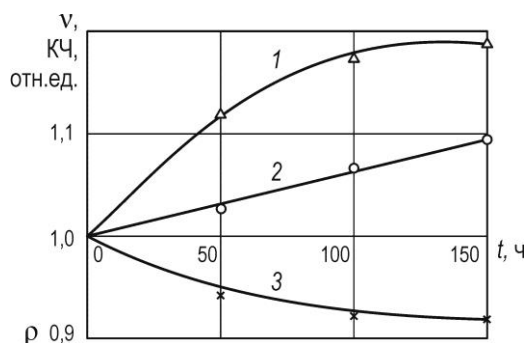


Рисунок 2 – Изменение реологических характеристик моторного масла MLC30 фирмы Castrol в процессе эксплуатации: 1 – «объемная» вязкость; 2 – кислотное число; 3 – плотность

Также в судовых условиях производилось определение плотности и кислотного числа масла как параметров, относящихся к браковочным показателям работы моторного масла. Для удобства восприятия изменение названных параметров приведено в относительных величинах на рис. 2.

Анализируя приведенные данные, следует, прежде всего, рассмотреть вязкость граничного смазочного слоя, как определяющий параметр его реологических характеристик. Ввиду жидкокристаллической структуры граничного смазочного слоя ее увеличение (в отличие от «объемной» вязкости) происходит по экспоненте с меньшим показателем. Это объясняется увеличением упругодемпфирующих свойств слоя, ввиду наличия в нем ориентационной упорядоченности молекул, что предотвращает его окисление и попадание в него посторонней дисперсной фазы.

Выводы:

1. Для судовых моторных масел необходимо различать вязкость в большом объеме («объемную» вязкость) и вязкость в граничном слое («пристенную»), которая имеет большее значение, что объясняется возникновением ориентационной упорядоченности молекул в граничном смазочном слое.

2. В процессе эксплуатации масла в циркуляционной системе происходит рост значений как «объемной» вязкости, так и вязкости граничного смазочного слоя, что объясняется окислением масла и попаданием в него несгоревших углеводородов. При этом увеличение вязкости граничного смазочного слоя происходит по экспоненте с меньшим показателем, что объясняется увеличением упругодемпфирующих свойств слоя, ввиду наличия в нем ориентационной упорядоченности молекул, благодаря чему снижается окисление моторного масла и попадание в него посторонней дисперсной фазы.

3. Проведенные эксперименты подтверждают возможность восстановления реологических характеристик моторного масла путем воздействия на его жидкокристаллические свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сагин С.В. Контроль реологических характеристик судовых моторных масел в процессе эксплуатации среднеоборотных дизелей // *Austria-science*. – 2017. – № 7. – С. 29-33

2. Sagin S. V., Semenov O. V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / *American Journal of Applied Sciences*, Published by Science Publication, 2016. – Vol. 13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208.

3. Мацкевич Д.В. Регенерация эксплуатационных свойств моторных масел судовых дизелей // Матер. наук.-техн. конференції «Річковий та морський флот : експлуатація і ремонт», 23.03.2017 – 24.03.2017. Частина 1. – Одеса : НУ «ОМА», 2017. – С. 72-74.

4. Сагин С.В. Реология моторных масел при режимах пуска и реверса судовых малооборотных дизелей // *Universum: Технические науки*. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 67-71.

5. Кириян С. В. Реология моторных масел с квазижидкокристаллическими слоями в триаде трения / С. В. Кириян, Б. А. Алтоиз // *Трение и износ*. – 2010. – Т. 31 ; № 3. – С. 312–318.

КАСКАДНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ У СКЛАДІ ВАЛОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

*Наговський Д.А., Дощенко Г.Г., Бабенко Д.І.
Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Останнім часом з ростом енергооснащеності сучасних суден і збільшення потужності СЕС коли, наприклад, потужність СЕС на суховантажниках, контейнеровозах, ролкерах, газозах і др. складає порядку (0,22 – 0,32) від потужності головної енергетичної установки (ГЕУ). А на пасажирських суднах потужність СЕС може складати до 0,7 від потужності ГЕУ.

При наведених значеннях потужностей СЕС розширюється можливість застосування комбінованих електромеханічних передач не тільки на рибпромислових суднах, суднах льодового плавання, але і на суднах інших типів і призначення. При цьому певний інтерес представляють режими у відповідності з відміченими третьою і четвертою схемами роботи установки, особливо якщо розширити область їх застосування.

Дійсно, режим сумісної роботи головного двигуна (ГД) і електродвигуна може застосовуватися не тільки для забезпечення максимальної швидкості судна, а і при певних умовах на несталіх режимах (зрушенням судна з міста, розгону і др.).

При роботі одного електродвигуна на гребний вал можливо забезпечення судну не тільки малого ходу, а і тривалий ходовий режим з визначеною швидкістю при непрацюючому ГД.

Окрім того, в таких передачах може бути передбачено режим реверсування при приводі гвинта від електродвигуна, що дозволяє спростити ГД і підвищити надійність його роботи.

Таким чином, при реалізації відмічених режимів роботи комбінованих електромеханічних пропульсивних комплексів розширюється їх можливість, підвищується надійність роботи в тому числі і при аварійних режимах. У зв'язку з цим необхідно проведення досліджень по визначенню оптимального співвідношення потужностей ГД і СЕС на суднах з такими пропульсивними комплексами, вибору типу електричної машини (валогенератора), дослідженню режимів і особливостей роботи машин і агрегатів комплексів, їх систем управління, регулювання. Ці питання ми розглянемо далі.

З урахуванням необхідності роботи валогенератора, як в режимі генератора, так і в режимі двигуна, в якості такої електричної машини може бути вибрана каскадна безконтактна електрична машина (БЕМ).

Каскадні БЕМ представляють собою об'єднання на одному валу двох машин з електрично зв'язаними обмотками роторів. Одна з машин, які входять в склад каскадної машини, може бути асинхронною [1,3].

На рисунку 1 приведена схема каскадного генератора, який складається із асинхронної і синхронної машин. Роторні обмотки замкнуті друг на друга з перехрещуванням фаз. Статорна обмотка асинхронної машини (ОГ2) включається в мережу, а статорна обмотка синхронної машини може підключатися до регулятора напруги. Доцільно відмітити, що статорна обмотка синхронної машини може бути трифазною. Тоді вона може виконувати роль безконтактної регулюючої ланки, за допомогою якої можна регулювати приведений активний опір ротора асинхронної машини і регулювати її частоту обертання.

Каскадна БЕМ може використовуватися і як асинхронний генератор зі стабілізацією частоти методом вантаження, у котрого статорна обмотка першої машини з'єднана з основним навантаженням, а статорна обмотка другої машини – з регульованим

опором. Цей же тип БЕМ дозволяє генерувати струм постійної частоти в обмотці при змінній частоті обертання ротора, якщо живити обмотку струмом регульованої частоти від окремого перетворювача. Такі машини представляють інтерес для установок, маючих змінну частоту обертання вала приводу.

Як відомо, комбіновані передачі застосовують для покращення техніко-економічних і експлуатаційних показників СЕУ, а також забезпечення якостей, котрі потрібні у відповідності з призначенням судна.

Сполучення типів передач можуть бути самими різноманітними, як ми розглянули раніше. На рис. 1 представлена схема комбінованої передачі, яка є найбільш відповідною до наших вимог.

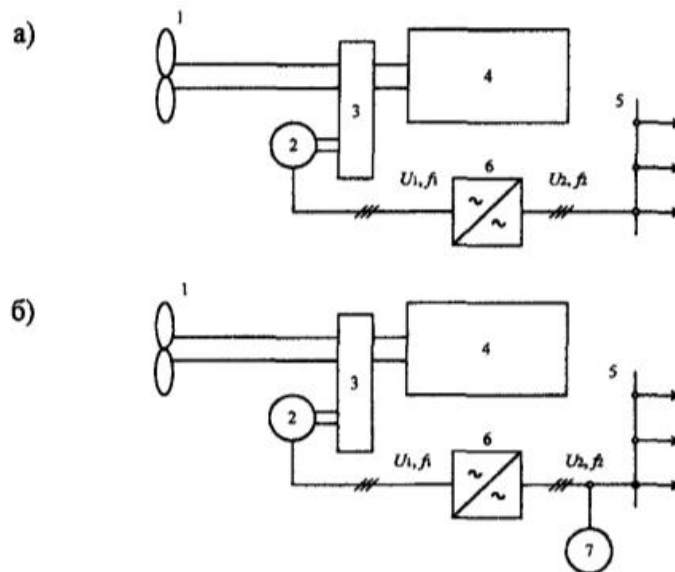


Рисунок 1 – Валогенератори з комбінованою передачею

Можливі чотири схеми роботи установки:

- 1) ГД 4 по прямій передачі через муфту 5 працює на гребний вал і гвинт (муфта 6 увімкнута, нормальний хід судна);
- 2) ГД працює так же, але частина його потужності споживається електродвигуном 2, працюючим в режимі генератора (навішений валогенератор);
- 3) на гребний вал працюють як ГД 4, так і електродвигун 2 через муфту 6 і зубчасту передачу 3 (режим максимальної швидкості судна);
- 4) ГД відключений за допомогою муфти 5, а на гребний вал працює тільки електродвигун 2, що забезпечує судну малий хід.

В ходових режимах резерв потужності ГД використовується для приводу електричної машини, яка працює в режимі генератора (валогенератора), забезпечуючого електроенергією судової системи. При цьому дизель-генератори можуть знаходитись в холодному резерві або один з них забезпечує живлення частини приймачів електроенергії, працюючи роздільно або спільно (паралельно) з валогенератором.

В даних системах валогенератор може працювати зі змінною частотою обертання. Для одержання постійної частоти змінного струму на виході валогенератора встановлюється перетворювач частоти. При цьому перетворювач частоти в залежності від принципу роботи може підключатися безпосередньо до шин ГРЩ (схема а), або працювати з синхронним компенсатором (схема б).

Одним з типів бкзціткових електричних машин є каскадний генератор, електрична схема якого показана на рисунку 2 [3].

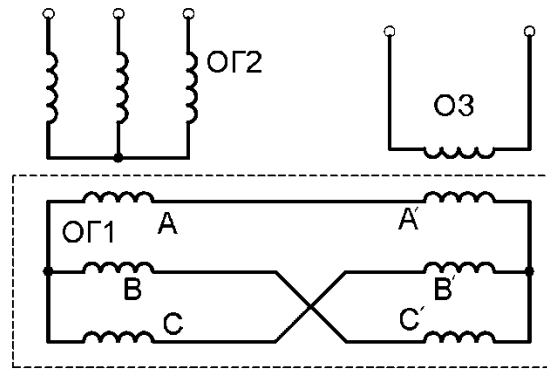


Рисунок 2 – Електрична схема каскадного генератора

Генератор складається з двох машин:

1) збудника Z – синхронного генератора з явновираженими полюсами і обмоткою збудження $OZ3$ на статорі і обмоткою якоря $OЯЗ$ на роторі;

2) основного генератора G , котрий являється асинхронним перетворювачем частоти і містить на роторі розподілену первинну обмотку $OG1$ і на статорі вторинну розподілену обмотку $OG2$. Обмотки $OЯЗ$ і $OG1$ замкнуті друг на друга з перехресуванням фаз (інверсні обмотки). Крім збудника і генератора в машині звично є під збудник P з постійними магнітами на роторі і обмоткою якоря $OЯП$ на статорі, котра через випрямний блок $ВВ$ і регулятор напруги $РН$ живить $OZ3$ постійним струмом.

Працює генератор таким чином. При обертанні ротора наводиться $ЕДС$ в $OЯП$ і по $OZ3$ тече постійний струм, завдяки чому наводиться $ЕДС$ $OЯЗ$.

Струм ротора створює магнітний потік, який обертається в збуднику з частотою n відносно $OЯЗ$ в сторону, протилежну напрямленню обертання ротора. Потік, створований $OЯЗ$, таким чином, буде нерухомим відносно статору, як і в звичайних синхронних машинах з зовнішніми полюсами. Той же струм ротора з частотою f_p , протікаючи по $OG1$, утворює потік Φ , обертовий відносно ротору з частотою [2]:

$$n_{\Phi(p)} = 60 f_p / p_r, \quad (1)$$

де p_r - число пар полюсів обмотки $OG1$.

За рахунок перехресного з'єднання фаз обмоток $OЯЗ$ і $OG1$ потік, створований струмами в $OG1$ буде обертатися в ту ж саму сторону, що і ротор, тому частота обертання потоку Φ відносно статору і обмотки $OG2$ [2]:

$$n_{\Phi(c)} = n_{\Phi(p)} + n - n(1 + p_3 / p_2), \quad (2)$$

Потік наводить в $OG2$ робочу $ЕДС$ з частотою [2]:

$$f_c = p_2 n_{\Phi(c)} / 60 f_p = n(p_2 + p_3) / 60. \quad (3)$$

Таким чином, частота f_c визначається сумою $p_2 + p_3$ і може мати підвищені значення.

Вихідна потужність генератора P_G , що знімається з обмотки $OG2$, одержується за рахунок потужності, яка передається від $OЯЗ$ через $OG1$ в $OG2$ трансформаторним способом без підсилення, і потужності, яка передається із $OG1$ в $OG2$ з підсиленням завдяки обертанню ротора і перетворенню механічної енергії. Електромагнітні потужності генератора P_G і збуджувача P_3 зв'язані співвідношенням [2,3]:

$$p_3 / p_2 = p_3(p_3 + p_2), \quad (4)$$

звідки випливає, що раціонально мати $p_r > p_3$.

Разом з тим, як відомо [1], в ходовому режимі головний двигун працює при найбільш економічному режимі, який складає 70-80% від повної потужності ГД. Споживана потужність складає ВГ 4 -10 % від потужності головного двигуна. Таким чином, при використанні на судні валогенератора, потужність ГД знаходитиметься в

економічному режимі, а ДГ при цьому не використовується і знаходиться в резерві. Завдяки цьому, в даному випадку, не потрібне застосування легкого палива, а споживане паливо головного двигуна зміниться несуттєво.

Крім того в даний час на ряд судів встановлюються системи з комбінованими пропульсивними комплексами, в яких валогенератор може працювати як в режимі генерування електроенергії, так і в режимі двигуна.

У режимі електродвигуна потужність каскадної електричної машини (КЕМ) приймаємо рівній 600кВт при частоті обертання 1500 об/хв.

Таким чином, початковими даними для розрахунку КЕМ є:

- Номінальна потужність $S_{ном}=600\text{кВт}$;
- Частота $f=50\text{Гц}$;
- Номінальна напруга $U_{нл}=400\text{В}$;
- Коефіцієнт потужності $\cos\varphi = (1 \div 0,8)$;
- Частота обертання $n=1500\text{об/хв.}$

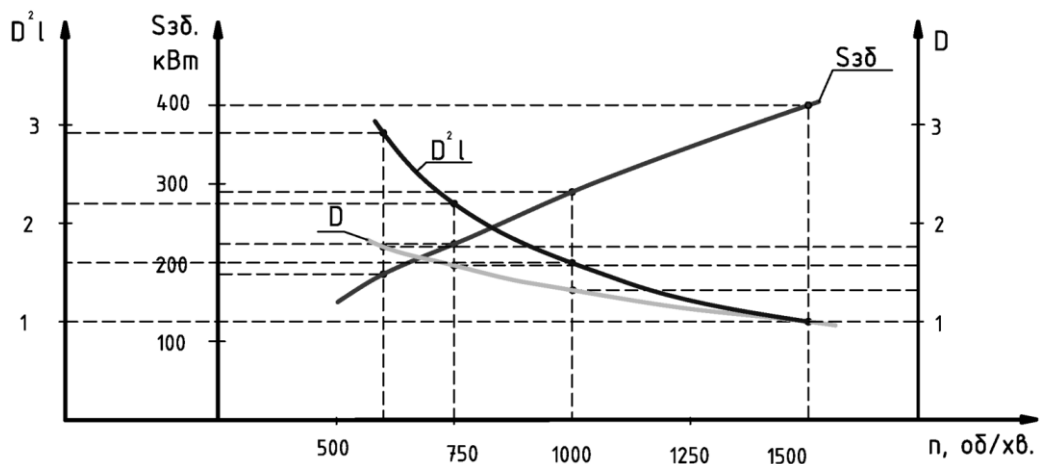


Рисунок 3 – Результати порівняльного аналізу каскадної електричної машини

Висновки. Проведені розрахунки КЕМ потужністю 800 кВА при частоті обертання 1500 об/хв. показують, що при повітряному охолодженні з температурою $40-50^{\circ}\text{C}$ її маса може складати порядку 4000 кг (питома маса приблизно 7 кг/кВА). ККД при $\cos\varphi = 0,8$ дорівнює 0,76. В разі потреби ходу судна з максимальною швидкістю, ВГ (у режимі двигуна) і ГД працюють спільно. Для економічного ходу встановлюємо ДГ в резерв, ВГ ставимо на режим генерування. Це розширює можливості енергетичної установки і підвищує надійність плавання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шапиро С.В. Каскадный синхронно-асинхронный генератор [Текст] / С.В. Шапиро, В.А. Кулинич // Электротехника. – №1. – 2002. – С.25-28.
2. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. В 2-х т. Том 1. Учебник для вузов [Текст] / А.В. Иванов-Смоленский; 2-е изд. перераб. и доп. – М.: МЭИ, 2004. – 652с.
3. Гольдберг О.Д. Проектирование электрических машин [Текст] / О.Д. Гольдберг, И.С. Свириденко. – М.: Высшая школа, 2006. – 431с.

БОКОВЫЕ СУДОВЫЕ ВЕТРЯНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС

Настасенко В.А.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Введение. Работа относится к инновациям в сфере альтернативной энергетики на транспортном флоте, в частности – ветряной.

Ветряной энергетике на транспортном флоте уделяется большое внимание, поскольку до XX века она была главным двигателем на флоте. Однако в XXI веке ее применение в основном ограничено прогулочными яхтами и круизными судами, хотя существует большое количество проектов парусных судов, начиная от рыболовецких траулеров, до пассажирских лайнеров. Экологически чистые суда будущего также проектируют с применением парусов. Поэтому анализ технико-экономических показателей судовых ветряных систем является актуальной и важной задачей, имеющей большое практическое и теоретическое значение. Решение данной проблемы составляет главную цель выполняемой работы.

Анализ известных судовых ветряных энергетических систем

Главной особенностью судовых ветряных энергетических систем транспортного флота является то, что средняя скорость доставки грузов судном составляет от 14 до 20 узлов, а средняя скорость самого знаменитого парусника XIX века – чайного клипера Cutti Sark [1], совершавшего рейс протяженностью 19 тыс. миль от китайского порта Фучжоу до Лондона за 107...110 суток, составляла 7,4 узла. Поскольку паруса относятся к системам попутного принципа действия, поэтому при среднегодовой скорости ветра < 7 м/с, или ≈ 14 узлов, ветер просто не догоняет современное транспортное судно. Наиболее проблемной является экваториальная зона (рис. 1), где среднегодовая скорость ветра < 5 м/с, а 2...3 летних месяца стоит абсолютный штиль, и паруса на транспортном судне будут просто лишним грузом.

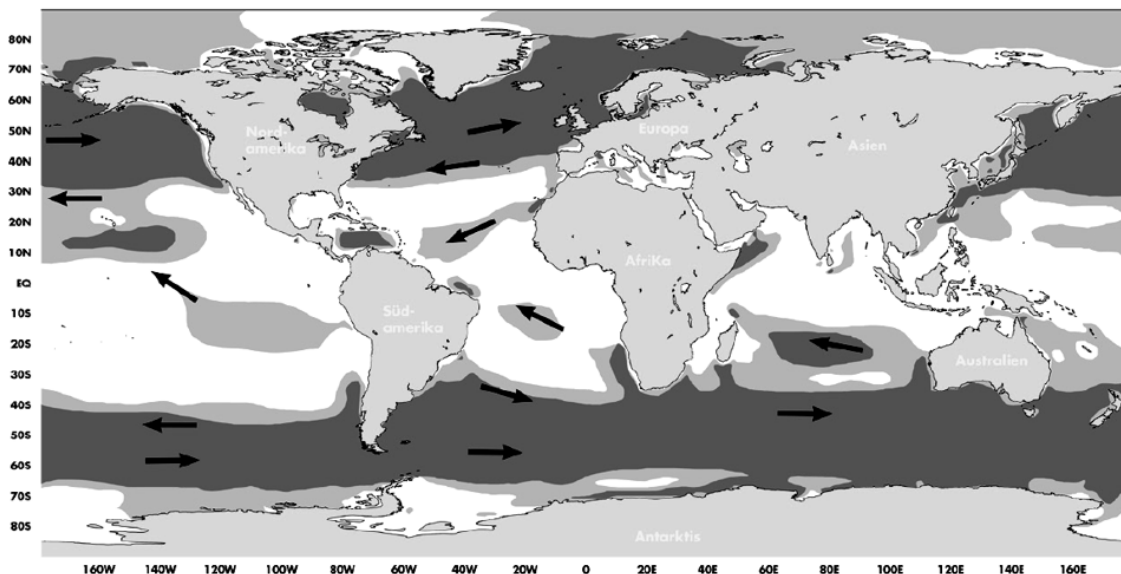


Рисунок 1 – Устойчивые ветры в мировом океане: ■ – сильный 10...20 м/с, ■ – средний 5...10 м/с, □ – слабый до 5 м/с

Исключение составляют «ревушие» 40-е широты, где скорость ветра превышает 10 м/с и круизная компания «Star Clippers Incorporation» успешно эксплуатирует парусные

суда типа «Royal Clipper», закрепленные за определенным маршрутом, где действуют устойчивые попутные ветры, что чаще всего невозможно для судов транспортного флота.

Таким образом, необходим поиск других технических решений, позволяющих судам использовать слабый ветер.

Разработка ветряных энергетических систем профессора В.А.Настасенко

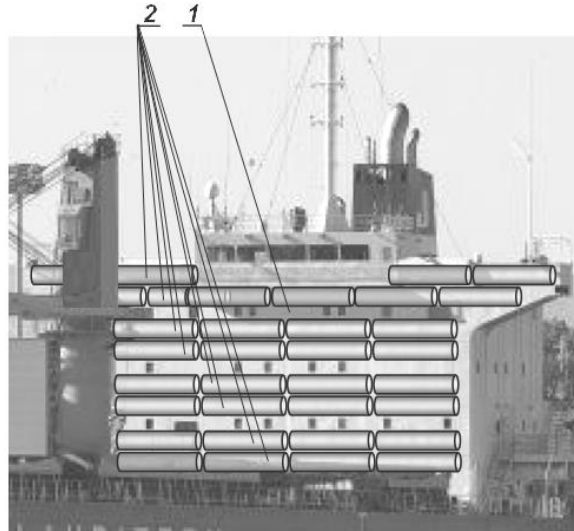


Рис. 2 – Схема размещения на лобовой поверхности 1 надстройки судна ветряной системы встречного принципа действия с барабанными колесами 2

Одной из них является система барабанных ветряных колес и электрогенераторов встречного принципа действия, устанавливаемых вплотную на надстройке судна по патенту Украины на изобретение [2] (рис. 2).

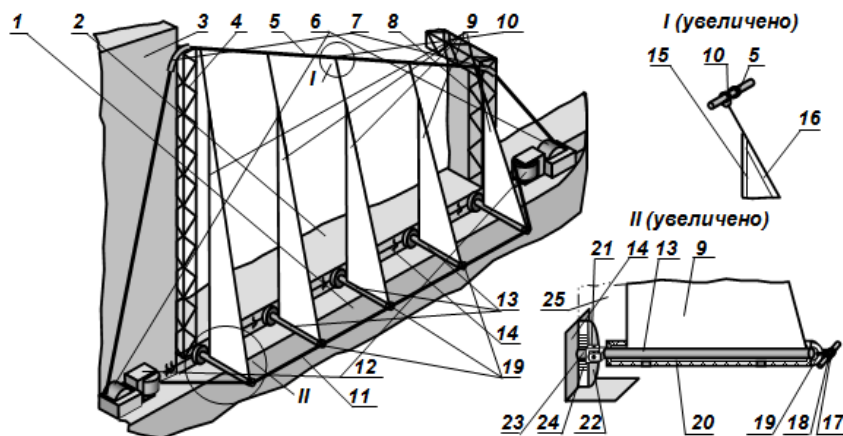


Рисунок 3 – Предлагаемая система судовых вытяжных поворотных боковых парусов

Такая система работает даже при полном отсутствии ветра за счет собственной скорости судна, которая при 14 узлах составляет величину 7,2 м/с, что позволяет вырабатывать до 100 кВт/ч электроэнергии. Этого достаточно для обеспечения бытовых потребностей судна и работы других его электроприборов. При скорости встречного ветра в 10 м/с эта мощность увеличивается до 1 МВт/ч, что позволяет существенно экономить топливо электрогенераторов. Однако дальнейший рост мощности ограничен размерами надстроек судна и частотой вращения ветряных колес, которые при скорости > 10 м/с по условиям эксплуатационной безопасности следует притормаживать, хотя суда способны противостоять ветрам в 20 м/с и более.

Другой из таких систем является система боковых подъемных парусов по патенту Украины на изобретение [3], работающих при боковом ветре (рис. 3). Наиболее эффективны они для контейнеровозов, имеющих большую парусность при боковом ветре, созданную контейнерами, часть которой боковые паруса могут преобразовать в полезную работу тяги судна.

Вытяжные паруса установлены по периферии с правого и левого бортов корпуса 1 судна, имеющего палубу 2 и рулевую рубку 3, которая усилена опорной стойкой 4. Подъем парусов выполняет вытяжной канат 5, который натягивают лебедки 6, установленные у рубки и в носовой части судна. Для устранения перегиба, канат введен в радиусные направляющие элементы 7, установленные на главной опорной стойке 4 и на вспомогательной стойке 8, которая закреплена на отбойнике волн. Вытяжной канат 5 удерживает вершины парусов 9 с элементами их крепления 10. Низ парусов движется поворотным канатом 11, с приводом его от лебедок 12, установленных рядом с лебедками 6. Этот канат поворачивает горизонтальные рей 13, связанные другой своей стороной с боковыми стенками 14 правого или левого бортов корпуса судна. Для укрепления парусов все их стороны прошиты каймой 15 и 16. При этом поворотный канат своими элементами крепления 17 связан с ушками 18, которые шарнирно установлены на концах стержней 19 поворотных рей. На этих же стержнях установлены футляры 20 под сворачивание паруса, а стержень через шарнирное соединение 21 введен в коробку 22 с осью 23 закрепленные на боковых стенках 14 корпуса судна. С осью коробки связана спиральная пружина 24, которая раскручивается при вытяжке тросом паруса, а при его опускании она за счет собственных упругих сил закручивается и вращает стержень 19 поворотной рей 13, который затягивает парус в футляр. При завершении работы парусов, они не только сворачиваются пружинами 23, но и за счет шарниров 21, рей 13 возвращаются к боковым стенкам корпуса судна поворотным канатом, который движется поворотными лебедками, работающими в обратном режиме. Для уменьшения веса и исключения коррозии элементов системы, стержни рей, футляры под паруса, шарниры и коробки под пружины могут быть изготовлены из прочных пластмасс и иметь на своих внешних поверхностях светоотражающее металлизированное покрытие для защиты их от солнечных лучей.

Для отвода потока воздуха, который обтекает корпус судна с размещенными на нем контейнерами, паруса имеют окно 25, которое пропускает обтекающий поток. Для усиления прочности палубы корпуса судна, под вытяжными и поворотными лебедками навариваются листовые фундаменты толщиной до 20 мм, а для усиления мест крепления опорных стоек на стенках рубки, также навариваются листовые полосы толщиной до 12 мм.

Аналогичная система парусов устанавливается на противоположном борту судна.

На рис. 4 показана схема создания тяги жесткими (а) и гибкими (б) боковыми парусами.

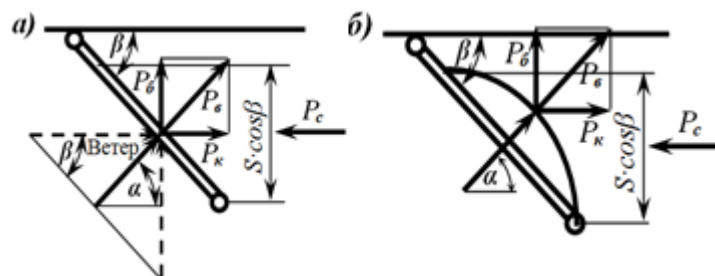


Рисунок 4 – Схема действия ветра на боковые паруса

Ветер под углом α к курсу судна создает давление P_v , которое зависит от его скорости v_v и площади паруса S , и формирует составляющие его величины: боковую силу P_b и курсовую тягу P_k . Эта тяга будет эффективной для судна в том случае, когда она превысит силу P_c встречного сопротивления паруса, зависящую от площади парусности

$S \cdot \cos \beta$, где β – угол наклона паруса к курсу судна, и от разности между скоростью судна v_c и курсовой составляющей скорости ветра $v_w \cdot \cos \alpha$ в рамках зависимости $v_c - v_w \cdot \cos \alpha$. При попутном ветре эффективность жесткого паруса (а) проявится только при $v_w > v_c$, однако, при гибком парусе (б) и углах $\beta < 45^\circ$, она может быть меньше на величину соотношения коэффициентов обтекаемости выпуклой и вогнутой сторон паруса, т.е. почти в 2 раза. При изменении углов α действия ветра и наклона паруса β , исходным элементом для расчетной схемы является нахождение вектора давления P_w . Минимальная скорость бокового ветра для преодоления встречного давления возможна при углах в 45° к курсу судна, что при его скорости в 14 узлов или 7,2 м/с, сводит v_w к величине ≈ 3 м/с. Это обеспечивает возможность для многих случаев применения предлагаемых боковых парусов и в зоне экватора.

Общие выводы по работе. Предлагаемые ветряные системы встречного и бокового принципов действия проф. В.А.Настасенко обладают преимуществами по сравнению с парусными системами попутного принципа действия, поэтому рекомендуются для широкого внедрения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Морской энциклопедический справочник: В двух томах. Том 2 /Под ред. Н.Н.Исанина. – Л.: Судостроение. 1986. -с. 426.
2. Патент України на винахід. № 113088 МПК F 03D 1/02 Спосіб установки на судні системи вітрових генераторів барабанного типу. Заявка № 2014 12388 Від 18.11.14 р. Патеновласник і авт. винах. Настасенко В.О. Бюл. Патенти України № 23 від 12.12.16.
3. Патент України на винахід № 110015 МПК D63H 9/06 Система вітрил судна та спосіб її установки. Заявка № 2012 02005 від 21.02.12. Патеновласник і авт. винах. Настасенко В.О. Бюл. Патенти України № 21 від 10.11.15.

ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОЗПУШУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Волянчук В.О.

*Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)*

Вступ. Інтенсивне освоєння родовищ корисних копалин, транспортування і будівництво нафто- і газопроводів неможливо без сучасної землерийної техніки, здатної розробляти міцні (мерзлі і скельні) ґрунти.

У зв'язку з тим, що міцні ґрунти мають підвищену міцність, їх розробка землерийними машинами неможлива без попередньої обробки, спрямованої на зниження опору ґрунту для подальшої його розробки [1].

Нині використовуються різні способи розробки мерзлих і скельних ґрунтів [2, 3], основні з яких це буропідривні роботи та розпушування ґрунту навісними розпушниками.

Аналіз публікацій. Найбільш ефективним способом руйнування мерзлих та міцних ґрунтів з точки зору продуктивності машин і собівартості розробки ґрунту є горизонтальне пошарове розпушування навісними розпушувачами на базі потужних тракторів [1].

В роботі [2] приведено аналіз існуючих конструкцій розпушувальних агрегатів та принципи їх реалізації, але не розглянуті тенденції розвитку розпушників та не наведено математичний апарат руху робочих органів.

При горизонтальному розпушуванні відрив стружки ґрунту від масиву відбувається у напрямку відкритої поверхні, що є найменш енергоємним способом. В цьому випадку переважають зусилля розтягнення (розриву) ґрунту, які у декілька разів менші ніж зусилля стиску або зсуву [4].

Розпушування ґрунту в порівнянні з буропідривним методом забезпечує зниження витрат, сприяє підвищенню якості робіт і є менш небезпечним для довкілля [5].

Ефективність розпушувального агрегату значною мірою залежить від раціональних режимів роботи силової установки. Системи керування, що серійно випускаються на цей час, прилади індикації, а також уповільнена реакція людини-оператора на умови робочого процесу, що швидко змінюються, не дозволяють повною мірою використати тягові можливості машини [6].

В роботах [7, 8] здійснено аналіз факторів і наведені математичні рівняння для визначення положення робочого органа розпушника. В роботі [7] не наведено математичні моделі взаємодії рушія з ґрунтом. В роботі [8] автори не дослідили вплив реакції ґрунту при його руйнуванні на некеровані переміщення робочого органа.

Мета і постановка задачі. Актуальною проблемою є вдосконалення систем керування розпушувальних агрегатів, що частково або повністю виключає людину-оператора з контурів управління двигунами внутрішнього згоряння і положенням робочого органу.

Основним завданням роботи є аналіз впливу параметрів гідроприводу та систем керування на ефективність роботи розпушувального агрегату та складання методики вибору основних параметрів системи керування розпушувальним агрегатом.

Метою роботи є підвищення ефективності розпушувального агрегату шляхом удосконалення його системи керування.

Вдосконалення системи керування розпушувального агрегату. У відповідності з прийнятими задачами теоретичних досліджень [9] необхідно визначення параметрів пропонованої системи керування розпушувального агрегату, при яких буде дотримуватися прийнятий в роботі критерій ефективності E_n . Виходячи з визначення ефективності робочого процесу землерийної машини як критерій ефективності використовується відношення експлуатаційної продуктивності до годинного розходу палива. Критерій ефективності використовується для оцінки ефективності робочого процесу розпушувального агрегату. Збільшення ефективності розпушувального агрегату можливе

зниженням дисперсії коливань робочого обладнання. Таким чином, збільшується значення ефективної глибини розпушування, а відповідно, і об'єм ґрунту, який розроблюється.

У табл. 1 представлені значення варійованих при дослідженнях на математичній моделі параметрів: τ_3 – час запізнювання гідроприводу; $v_{шт}$ – швидкість штока виконавчого гідроциліндра; b_1 – поріг спрацьовування порогового елемента системи керування для регуляторної гілки; b_2 – поріг спрацьовування порогового елемента системи керування для коректурної гілки; c – поріг спрацьовування порогового елемента системи керування на відключення. Гідропривід розглядається як частина системи керування.

Аналіз залежності показника ефективності від значення порогу b_1 при різних значеннях швидкості штока гідроциліндра і часу запізнення гідроприводу показав, що:

- при малих значеннях швидкості руху штока гідроциліндра $v_{шт}$ потрібно більш швидко спрацьовування системи керування (менші значення порогу b_1);
- збільшення швидкості руху штока гідроциліндра $v_{шт}$ до деякого значення (для $\tau_3 = 0,1 \dots 0,4$ с, $v_{шт} = 0,2 \dots 0,25$ м/с) веде до збільшення раціонального значення порогу b_1 . Подальше збільшення $v_{шт}$ призводить до необхідності знижувати значення b_1 ;
- для кожного значення τ_3 існує раціональне значення швидкості руху штока гідроциліндра $v_{шт}$, якому відповідає своє значення b_1 .

Таблиця 1 – Значення варійованих параметрів гідроприводу та системи керування

№ з/п	Параметри, які фіксуються				
	$v_{шт}$, м/с	b_1 , Н·м	b_2 , Н·м	c , Н·м	τ_3 , с
1	0...0,3	0...100	0	0	0,1...0,5
2	0...0,3	0	0...100	0	0,1...0,5
3	0...0,3	0...100	0...100	0...30	0,1...0,5

Аналіз залежностей ефективності та раціонального значення порога b_2 від параметрів гідроприводу $v_{шт}$ та τ_3 показав, що залежність раціональних значень порогу системи керування для коректурної ланки b_2 від параметрів гідроприводу аналогічна залежності порогу системи керування b_1 .

Аналіз залежності $E_{п} = f(c, \tau_3)$ показав, що для кожного значення τ_3 залежність має виражений максимум, і зі зменшенням часу запізнювання гідроприводу необхідно зменшувати поріг на відключення системи керування. Останнє пов'язано з необхідністю збільшення швидкості спрацьовування системи керування зі збільшенням часу запізнювання гідроприводу при поданні на нього командних дій.

Проведені дослідження дозволяють скласти методику вибору основних параметрів системи керування розпушувальним агрегатом, яка складається з двох частин:

- 1) визначення робочої точки системи керування розпушувальним агрегатом;
- 2) визначення основних параметрів системи керування розпушувальним агрегатом.

Моделювання на комп'ютері робочого процесу розпушувального агрегату робилося з використанням пакету програм для інженерних і наукових розрахунків MATLAB 6.5. Найбільш відомі сфери застосування системи MATLAB [10]:

- математика і обчислення;
- розробка алгоритмів;
- обчислювальний експеримент, імітаційне моделювання, макетування;
- аналіз даних, дослідження і візуалізація результатів;
- наукова і інженерна графіка;
- розробка додатків, включаючи графічний інтерфейс користувача.

Безпосередньо для моделювання робочого процесу розпушувального агрегату використовувався додаток MATLAB Simulink версії 5.0, призначений для імітаційного моделювання. При моделюванні в Simulink використовується принцип візуального програмування, відповідно до якого користувач на екрані з бібліотеки стандартних блоків створює модель пристрою і здійснює розрахунки [11].

Алгоритм визначення раціональних параметрів системи керування розпушувального агрегату був реалізований на мові MATLAB, при цьому робилося завдання параметрів моделі, запуск моделювання і аналіз отриманих даних.

Реальний час одного проходу при тривалості моделювання 150 секунд складав від 1 до 1,5 хвилин. Тривалість повного циклу від завдання початкових даних до виведення на екран отриманих раціональних значень параметрів гідроприводу і системи керування при невідомій швидкості руху штока гідроприводу $v_{шт}$ та восьми інтервалів для кожного варіюваного параметра, складала 2...3 години.

Аналіз випадкових процесів робився за допомогою пакету програм Statistics Toolbox, що входить до складу MATLAB. Визначення максимуму функцій, а також їх апроксимація робилися за допомогою пакету програм Optimization Toolbox, що також входить до складу MATLAB.

Висновки. Характеристики гідроприводу є визначальними при виборі параметрів системи керування розпушувального агрегату.

Основним визначальним параметром є час запізнювання гідроприводу τ_3 , оскільки цей параметр впливає на характер залежностей показника ефективності як від швидкості руху штока гідроприводу, так і від параметрів системи керування.

Швидкість руху штока гідроприводу визначає характер залежностей показника ефективності від параметрів системи керування.

Застосування вдосконаленої системи керування розпушувального агрегату дозволяє підвищити його ефективність на 17...20% [9].

ЛІТЕРАТУРА

1. Будівельна техніка: підручник / О. М. Лівінський, А. Д. Єсипенко, О. І. Курок і ін.; під заг. ред. О. М. Лівінського. – К.: КНУБА, Українська академія наук, «МП Леся», 2013. – 614 с.
2. Toshov J.V. 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.
3. Машины для земляных работ: 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.
4. Доценко А. И. Машины для земельных работ: учебник для студентов вузов / А. И. Доценко, Г. Н. Карасев, Г. В. Кустарев, К. К. Шестопалов. – М.: Издательский дом «БАСТЕТ», 2012. – 688 с.
5. Road and Bridge Construction Equipment. – Satya Narayan Shah: B.Sc. In Mechanical Engineering (India) MS in Manufacturing Engineering & Management (UK), January, 2012, 1. – 112 p.
6. Горбатюк Є. В. Аналіз тенденцій розвитку розпушувальних агрегатів / Є. В. Горбатюк, Т. В. Шевченко // Техніка будівництва: науково-технічний журнал. – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 21. – С. 5–10.
7. Сівко В. Й. Прикладна механіка робочих процесів машин: монографія / В. Й. Сівко, М. П. Кузьмінець. – К.: НТУ, 2009. – 349 с.
8. Сухарев Р. Ю. Методика оптимизации параметров системы управления положением рабочего органа цепного траншейного экскаватора // Омский научный вестник. Серия: Приборы, машины и технологии. – Омск: ОмГТУ, 2008. – №2(68). – С. 61–64.
9. 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.
10. Дьяконов В.П. MATLAB R2006/2007/2008 + Simulink 5/6/7. Основы применения / В.П. Дьяконов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2010. – 800 с.
11. Черных И. В. Simulink: среда создания инженерных приложений / Под. общ. ред. В.Г. Потемкина – М.: Диалог-МИФИ. – 2003. – 496 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ СТРУКТУРУВАННЯ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ У ФІЗИЧНИХ ПОЛЯХ

*Савчук П.П., Кашицький В.П., Боярська І.В., Удовицька Ю.А.
Луцький національний технічний університет
(Україна)*

Вступ. Використання полімеркомпозитних матеріалів в техніці зростає завдяки вдалому поєднанню високої міцності конструкції з невеликою вагою, що особливо є прийнятним для застосування даних матеріалів у виготовленні елементів облицювання транспортних засобів [1]. Висока корозійна стійкість, ударна в'язкість та твердість дозволяють ефективно використовувати дані композити у машинобудівній галузі. Важливу функцію у виготовленні полімеркомпозитів виконує полімерна матриця, яка визначає конфігурацію виробу та забезпечує основні властивості. Досить перспективним є використання в якості полімерної матриці епоксидних олігомерів, які завдяки високій сумісності з іншими олігомерами та твердофазними добавками широко застосовують для виготовлення захисних покриттів, триботехнічних та декоративних виробів [2, 3]. При цьому значні труднощі виникають в процесі виготовлення, що пов'язано з формуванням системи за кімнатної температури, оскільки час переходу епоксидного олігомера у твердий стан триває 24...48 год, залежно від ступеня структуривання полімерної системи. На виробництві проводити формування протягом тривалого часу є економічно не вигідним процесом, тому застосовують нові способи обробки композицій, які задовольняють технологічні вимоги на етапі отримання виробів з епоксидних олігомерів [4, 5].

Актуальність досліджень. Вирішення проблеми скорочення тривалості процесу структуривання епоксикомпозитних матеріалів за рахунок термічного нагрівання виробів призводить до появи напруженого стану системи, що різко знижує механічні характеристики матеріалу. Оптимальний режим структуривання композицій на основі епоксидних смол забезпечує отримання композиту з високими фізико-механічними та експлуатаційними властивостями. Технологічно обґрунтований термічний вплив у процесі або після формування виробів приводить до підвищення інтенсивності релаксаційних процесів внаслідок зміни конформаційного набору, ступеня зшивання матеріалу та підвищення рухливості сегментів макромолекул полімерної матриці, що супроводжується підвищенням механічних характеристик епоксикомпозитів. Тому часто на виробництві застосовують термічне обладнання, яке здатне інтенсифікувати процес структуривання, але при цьому не допустити зростання залишкових напружень.

Останнім часом для структуривання полімерних композицій застосовують зовнішні фізичні поля (індукційне нагрівання, конвекторне нагрівання, інфрачервоне нагрівання). Термічне нагрівання в аеродинамічних печах відбувається внаслідок тертя потоків повітря, створеного рухом вентилятора, що підвищує температуру середовища всередині печі без використання нагрівальних елементів та рівномірно розподіляє тепле повітря в робочій камері печі. Дані печі в 2-3 рази менше споживають енергії, прості і зручні в експлуатації. Використання інфрачервоного нагрівання полягає у підвищенні сегментної рухливості макромолекул полімерної матриці під дією квантів електромагнітного потоку, що забезпечує наближення кінцевих груп макромолекул без інтенсифікації процесів структуривання, оскільки в'язкість композиції зменшується. Відповідно забезпечується висока однорідність системи з низькими залишковими напруженнями [6].

Постановка задачі. Важливим моментом даної роботи є визначення режимів структуривання епоксикомпозитів в оптимальному співвідношенні тривалості процесу структуривання та забезпечення високих фізико-механічних характеристик.

Результати досліджень. Експериментально встановлено, що при використанні ступінчастого режиму структуривання отримано високі значення адгезійної (43,50 МПа)

та ударної (11,6 Дж) міцності, високий ступінь зшивання композитного матеріалу (95,1 %) при вмісті наповнювача оксиду алюмінію 100 мас. ч., однак зафіксовано високі внутрішні напруження (0,84 МПа).

Для інтенсифікації процесу ступінчастого структурування епоксидних композицій застосовано аеродинамічну піч. При використанні даної термообробки спостерігається спад внутрішніх напружень (0,11 МПа) та підвищення значень ударної міцності (16,8 МПа). Незначне зменшення значень адгезійної міцності (42,30 МПа) можна пояснити утворенням структурної сітки з малою кількістю вузлів зшивання (97,3 %).

Для підвищення механічних характеристик епоксидних композитів додатково використано термообробку у зовнішньому полі (інфрачервоне нагрівання). Експериментально визначено, що найвища адгезійна міцність при нормальному відриві складає 45,43 МПа для епоксикомпозитів з вмістом наповнювача оксиду алюмінію 100 мас. ч., що можна пояснити формуванням системи з невисокими залишковими напруженнями (0,3 МПа).

Висновки. Термічне нагрівання в процесі структурування забезпечує утворення додаткових хімічних зв'язків між молекулами матриці та наповнювачем. При коротко тривалому режимі обробки не утворюється достатня кількість хімічних зв'язків між макромолекулами матриці та наповнювачем, а при надто високих температурах відбувається зниження фізико-механічних характеристик через ріст залишкових напружень.

При ступінчатій термічній обробці в аеродинамічній печі ступінь структурування в епоксиполімерах підвищується відповідно до збільшення температури та збільшення тривалості нагрівання, що пов'язано із утворенням більшої кількості вузлів зшивання при цьому і формуванням системи з мінімальними залишковими напруженнями. Оптимальні значення фізико-механічних характеристик отримано при ступінчастій термічній обробці від 25 °С до 100 °С з інтервалом 25 °С протягом 30 хв на кожному етапі, оскільки даний режим забезпечує високий ступінь структурування ($G = 98,57\%$) та створює умови для зниження залишкових напружень ($\sigma_{\text{вн}} = 0,39$ МПа).

Механічні характеристики епоксикомпозитних матеріалів з наповнювачами мають вищі на 15-20 % значення залишкових напружень за рахунок того, що наповнювачі обмежують рухливість макромолекул матриці. Застосування в якості наповнювача порошку оксиду алюмінію забезпечує максимальний ступінь структурування ($G=98,43\%$), однак призводить до появи значних внутрішніх напружень, що пов'язано з локальним зшиванням макромолекул.

ЛІТЕРАТУРА

1. Берлин А.А. Принципы создания композиционных полимерных материалов / А.А. Берлин, С.А. Вольфсон, В.Г. Ошмян, Н.С. Ениколопов. – М.: Химия, 1990. – 240 с.
2. Эпоксидные олигомеры и клеевые композиции / Ю.С. Зайцев, Ю.С. Кочергин, М.К. Пактер, Р.В. Кугер. – К.: Наукова думка, 1990. – 197 с.
3. Артеменко С.Е., Кононенко С.Г., Устинова Т.П. Полимерные композиционные материалы, армированные ПКА-волокнами // Пластические массы. – 1991. – №1. – С. 39-43.
4. Полімерні композиційні матеріали в ракетно-космічній техніці: Підручник / [Джур Є.О., Кучма Л.Д., Манько Т.А. та ін.] – К.: Вища освіта, 2003. – 399 с.
5. Глуханов Н. П. Высокочастотный нагрев диэлектрических материалов в машиностроении. / Н. П. Глуханов, И. Г. Федорова. – Л: Машиностроение, 1983. – 160 с.
6. Кашицький В.П., Галка І.В. Вдосконалення технології комплексної обробки наповнених епоксидних композицій // Матеріали регіональної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів та студентів, 19 травня 2010 р. «Молодь і наука: кроки назустріч». – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2010. – С. 45-46.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОРШНЕВОЕ КОЛЬЦО – ВТУЛКА ЦИЛИНДРА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Сагин С.В.

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

Введение. Эксплуатация судовых двигателей внутреннего сгорания (ДВС) невозможна без использования рабочих жидкостей, одной из которых является смазочное масло. Судовые ДВС характеризуются наличием большого числа трибосопряжений, работоспособность которых происходит при различных условиях смазывания и обеспечивается моторными маслами с различными эксплуатационными свойствами. Для современных судовых дизелей основными узлами смазывания являются цилиндропоршневая группа (ЦПГ) и подшипники движения (рамовые, мотылевые, крейцкопфные).

Актуальность исследования. Системы смазывания, обеспечивающие подачу масла на зеркало цилиндрической втулки, относятся к одним из важнейших систем, обеспечивающих надежную работу судового дизеля. Ведущие дизелестроительные фирмы ведут постоянные исследования, способствующие своевременной подаче масла к паре трения поршневое кольцо – цилиндрическая втулка и равномерному распределению поданного масла по всей поверхности втулки. При этом общей задачей, которую обеспечивают системы подачи цилиндрического масла всех дизелестроительных фирм, является поддержание гидродинамического режима смазывания в паре трения поршневое кольцо – цилиндрическая втулка. При этом не исключается возможность возникновения граничного режима и даже сухого трения в названном трибосопряжении. Именно в таких условиях становится актуальным использование особых жидкокристаллических свойств смазочного материала, которые способствуют возникновению расклинивающего давления и повышению упругодемпфирующих характеристик несущего масляного слоя.

Постановка задачи. Поступательное движение поршня в цилиндре дизеля не только обеспечивает полезную работу, но и способствует механическим нагрузкам на ЦПГ. В случае рассмотрения пары поршневое кольцо – втулка цилиндра в качестве механической силы на молекулы масла действует нормальная сила, прижимающая поршень к стенке цилиндра. Приложенная нагрузка вызывает появление внутренних сил, противодействующих внешним усилиям, которые равны, но противоположны им по направлению. Силу и напряжение можно разделить на нормальные (давление) и касательные (напряжение сдвига). Для пары трения поршневое кольцо – цилиндрическая втулка деструктурирующее действие на масляный слой оказывает именно напряжение сдвига, способствующее срыву молекул масла с контактирующих поверхностей. Задачей исследования являлось идентифицирование режимов трения, возникающих в трибологической системе поршневое кольцо – цилиндрическая втулка судового ДВС, и определение параметров моторного масла, характеризующих способность масляного слоя сопротивляться сдвиговым усилиям.

Результаты исследования. Представление о режимах смазывания цилиндрической группы можно проиллюстрировать на примере модели, показанной на рис. 1. Гидродинамический режим смазывания наблюдается в тех местах, где смазочный материал разделяет поверхности поршня и втулки. В паре трения поршневое кольцо – цилиндрическая втулка режим трения и смазывания меняется на граничный. Это связано с тепловым расширением кольца (благодаря наличию «кольцевого» замка), а также с выполнением кольцом компрессионного действия, когда на верхнюю и внутреннюю часть кольца действуют газы, а наружная поверхность кольца прижимается к поверхности цилиндрической втулки. При этом зазоры в парах трения поршень – втулка $\Delta_{п}$ и кольцо – втулка $\Delta_{к}$ имеют разное значение и соответствуют разным режимам смазывания [2].

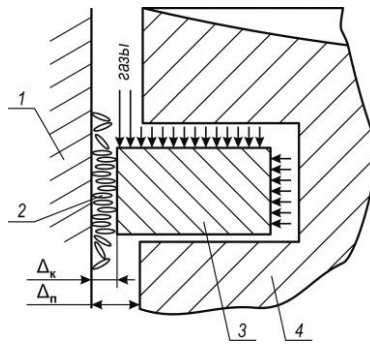


Рисунок 1 – Модель трибологической системы цилиндрическая втулка – смазочный материал – поршневое кольцо/поршень: 1 – втулка цилиндра; 2 – смазочный материал; 3 – кольцо; 4 – поршень

Современный подход к смазочным материалам, учитывающий, что в тонких слоях его поведение необходимо рассматривать с точки зрения жидкокристаллического строения, отмечает не только триботехнические характеристики, но и жидкокристаллические. Выполнение смазочным материалом одной из своих функций – повышения износостойкости контактируемых поверхностей зависит, в основном, от его способности формировать устойчивый граничный слой. Данное свойство смазки, называемое в некоторых случаях «маслянистостью», зависит не только от характеристик самого смазочного материала, но и в значительной мере от поверхности, на которой формируется граничный смазочный слой. Так, в зависимости от типа смазки и подложки его толщина может колебаться в пределах 1...20 мкм.

С целью подтверждения этого высказывания выполнялось определение толщины граничного слоя ряда моторных масел, используемых для смазывания ЦПГ судовых дизелей.

Определение толщины граничного слоя, которая является одной из основных характеристик, определяющей его прочность и способность оказывать сопротивление нормальным нагрузкам, можно производить рядом способов. Традиционные экспериментальные методы изучения структурной упорядоченности вещества (такие как рентгенография, ядерный магнитный резонанс, а также методы, основанные на анизотропии магнитной восприимчивости или электрической поляризуемости) пригодны для исследований объемных образцов и неприменимы для изучения тонких пристенных слоев жидкости, образующихся на твердых поверхностях. Для таких объектов наиболее перспективными являются оптические методы, которые основаны на возникновении в граничном смазочном слое ориентационной упорядоченности молекул, приводящей к появлению оптической анизотропии. К таким методам относятся: изучение дихроизма в электронных спектрах поглощения молекул, определение двойного лучепреломления пристенных слоев жидкости и метод нарушенного полного внутреннего отражения [3].

В процессе полимолекулярной адсорбции ряда жидкостей на поверхности твердого тела сравнительно большая величина межмолекулярных сил обуславливает возможное изменение характеристик граничного слоя. В этом случае асимметричное поле поверхностных сил, действующее со стороны лиофильной твердой подложки, приводит к ориентационному упорядочению жидкокристаллического типа в приповерхностных слоях. Поэтому такие ориентационно-упорядоченные поверхностные слои обладают особыми физико-химическими свойствами (теплоемкостью, анизотропией оптических характеристик, наличием структурной компоненты расклинивающего давления). Эти свойства настолько отличаются от объемных, что ориентационно-упорядоченные поверхностные слои можно рассматривать как особую граничную фазу – эпитропный жидкий кристалл (ЭЖК). Структура такого слоя, образованного вблизи металлической подложки, показана на рис. 2.



Рисунок 2 – Структура узкой симметричной гетерофазной прослойки

Основной характеристикой ЭЖК является его толщина, которая может быть определена с помощью экспериментальной установки, базой которой является спектрофотометр SpecordM40 Carl Zeiss (рис. 3).

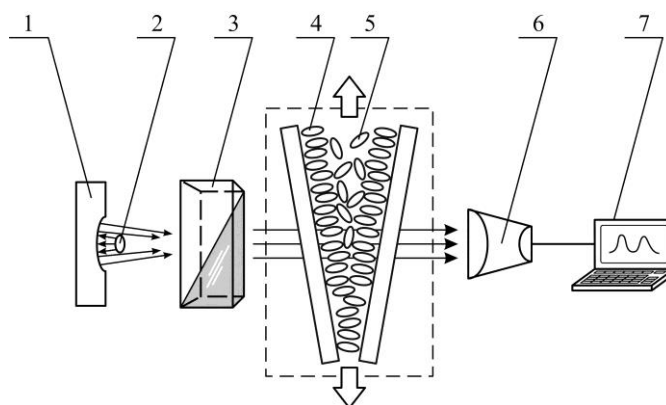


Рисунок 3 – Схема сканирования световым зондом клиновидной прослойки жидкости:

- 1 – фокусирующая линза; 2 – источник света; 3 – поляризатор; 4 – клиновидная кювета; 5 – исследуемая жидкость; 6 – фотоэлектронное устройство; 7 – персональный компьютер

От источника 2 световой луч фокусировался линзой 2 и параллельным пучком направлялся через поляризатор 3 в объем исследуемой жидкости 5. Для осуществления процедуры сканирования граничного слоя по толщине использовалась клиновидная кювета 4, в которой формировалась прослойка исследуемой жидкости переменной толщины. Во время эксперимента кювета перемещалась в направлении, перпендикулярном направлению падающего света. Интенсивность проходящего света фиксировалась с помощью фотоэлектронного устройства 6. Регистрация результатов выполнялась на персональном компьютере 7. Сканирование проводилось с помощью механического устройства, позволявшего перемещать кювету, не открывая кюветной камеры и фиксировать перемещение с точностью 0,1 мм, что соответствовало изменению толщины зазора в кювете 1...2 нм. Сканирование слоя по толщине в диапазоне 3...20 мкм производилось на длине волны максимума поглощения примесных молекул. Температура в экспериментах поддерживалась в диапазоне $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Результаты выполненных исследований приведены на рис. 4, где показаны зависимости оптической плотности исследуемого вещества D (в относительных единицах), от его толщины d .

Первоначальное исследование дихроизма поглощения выполнялось для вазелинового масла (позиция 2 на рис. 4). Данное масло во многих классических работах по изучению вопросов граничного смазывания является «контрольным», с которым сравниваются результаты, полученные при исследованиях. Следует также отметить, что вазелиновое масло обладает сравнительно небольшим коэффициентом поглощения света, что облегчает задачу оптических исследований. Точка перегиба приведенных на рис. 4 зависимостей соответствует толщине граничного слоя смазки, а первоначальный участок зависимости $D=f(d)$ характеризует степень упорядоченности молекул в граничном слое.

Если исследуемая жидкость не образует ЭЖК фазу, то вид зависимости $D=f(d)$ соответствует позиции 1 на рис. 4. Легирование моторных масел высокомолекулярными спиртами, эфирами и кислотами способствует возникновению в них дополнительных свободных полярных групп, адсорбирующихся на твердой поверхности. Это способствует большей организации молекул в слое ЭЖК и увеличению его толщины. Подтверждением этому являются результаты определения толщины граничного слоя моторных масел Mobilgard570 и Energol CLO50M (позиции 3 и 4 на рис. 4).

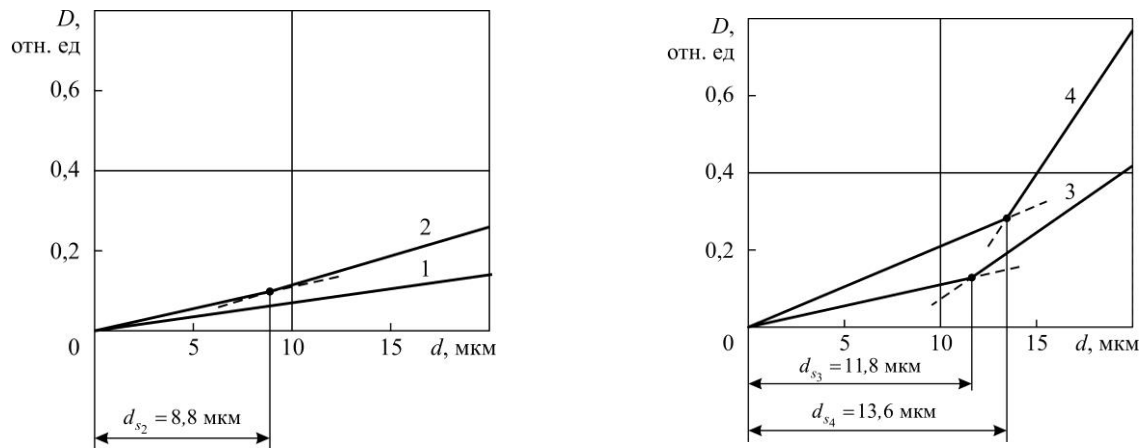


Рисунок 4 – Зависимости оптической плотности D от толщины исследуемого вещества: 1 – идеальная жидкость, не образующая граничный слой смазки; 2 – вазелиновое масло; 3 – моторное масло Mobilgard570; 4 – моторное масло Energol CLO50M

Выводы. Приведенные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Процесс смазывания в трибологической системе цилиндровая втулка – смазочный материал – поршневое кольцо/поршень происходит в смешанном режиме. Трибосопряжение втулка–поршневое кольцо обеспечивается граничным режимом смазывания, а трибосопряжение втулка–поршень – гидродинамическим.

2. Моторные масла, применяемые в судовой энергетике и обеспечивающие работу судовых двигателей внутреннего сгорания, образуют у металлической поверхности ориентационно-упорядоченную граничную фазу, близкую по своим характеристикам к жидкому кристаллу.

3. Толщина граничного слоя смазки судовых моторных масел лежит в диапазоне 11...14 мкм, что обеспечивает режим граничного трения и способствуют возникновению дополнительного раскливающего давления и повышению упругодемпфирующих свойств масляного слоя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sagin S.V., Semenov O.V. Marine Slow-Speed Diesel Engine Diagnosis with View to Cylinder Oil Specificarion / American Journal of Applied Sciences, 2016. – Vol.13. – Iss. 5. – P. 618-627. DOI: 10.3844/ajassp.2016.618.627

2. Sagin S.V., Semenov O.V. Motor Oil Viscosity Stratification in Friction Units of Marine Diesel Motors / American Journal of Applied Sciences, 2016. – Vol.13. – Iss. 2. – P. 200-208. DOI: 10.3844/ajassp.2016.200.208

3. Sagin S.V. Determining the thickness of the boundary layer lubrication of marine motor oils by optical methods // Science and Education : material of the XIII international research and practice conference, Munich, November 2nd – 3rd, 2016 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany 2016. – P. 82-89.

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ДИСПЕРНИХ ДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ

Сапронова А.В., Лещенко О.В., Букетова Н.М.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Стухляк Д.П.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(Україна)

Вухерер Т.

Маріборгський університет

(м. Маріборг, Словенія)

Вступ. Вагомим в індустрії полімерів є розробка захисних покриттів, які характеризуються не лише високими експлуатаційними характеристиками, а й незначною вартістю. Для зниження вартості захисних покриттів доцільно використовувати добавки, які є відходами від промисловості, одним із яких є гранульований шлак. Поверхня добавки характеризується значною пористістю, що складає 60...70%, а це викликає значний інтерес при дослідженні його впливу на властивості композитних матеріалів і покриттів на їх основі.

Мета роботи: дослідити властивості захисних епоксикомпозитних покриттів, наповнених добавками, які є відходами від промисловості.

Результати досліджень та їх обговорення. При формуванні композитного матеріалу (КМ) використано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78). Як наповнювач для експериментальних досліджень використано гранульований шлак (ГШ) різної зернистості: $d = 80$ мкм, $d = 63$ мкм, $d = 40$ мкм.

Встановлено, що введення у епоксидний зв'язувач наповнювача ГШ зернистістю 80 мкм за вмісту $q = 10$ мас.ч. приводить до незначного підвищення показників руйнівних напружень при згинанні КМ відносно матриці на $\Delta\sigma_{32} = 1,00$ МПа. При збільшенні вмісту часток ГШ ($q = 20...40$ мас.ч.) у епоксидному зв'язувачі зростає кількість зв'язків -С-N-, -С-С-, -С-O-, -СН-. Відповідно зростають і руйнівні напруження при згинанні від $\sigma_{32} = 48,0$ МПа (для епоксидної матриці) до $\sigma_{32} = 55,0$ МПа.

Введення часток ГШ зернистістю 63 мкм за вмісту $q = 10...20$ мас.ч. приводить до підвищення показників руйнівних напружень при згинанні від $\sigma_{32} = 48,0$ МПа (для епоксидної матриці) до $\sigma_{32} = 49,0...50,3$ МПа. При збільшенні вмісту часток ГШ до $q = 40$ мас.ч. у епоксидному зв'язувачі максимально зростають руйнівні напруження при згинанні КМ до $\sigma_{32} = 52,0$ МПа.

Додатково встановлено вплив часток ГШ зернистістю 40 мкм на руйнівні напруження при згинанні КМ. Максимальне зростання руйнівних напружень при згинанні ($\sigma_{32} = 51,0$ МПа) спостерігали при введенні ГШ у епоксидний зв'язувач за вмісту $q = 60...80$ мас.ч.

Паралельно досліджували залежність модуля пружності при згинанні від вмісту ГШ. Встановлено, що для формування композитного матеріалу із максимальним значенням модуля пружності доцільно використовувати частки ГШ зернистістю 80 мкм. Зокрема, при введенні часток ГШ за вмісту $q = 10...40$ мас.ч. спостерігали монотонне зростання модуля пружності при згинанні (відносно епоксидної матриці) від $E = 2,8$ ГПа до $E = 3,5$ ГПа. Максимальне значення модуля пружності ($E = 3,7$ ГПа) встановлено для

КМ за вмісту ГШ у кількості $q = 60$ мас.ч. Збільшення вмісту часток ГШ до $q = 80$ мас.ч. призводить до незначного зменшення показників модуля пружності при згинанні КМ. Тобто, перенасичення часток ГШ зумовлює зростання в'язкості системи «зв'язувач-наповнювач» до критичного значення, що зумовлює формування матеріалу із дефектною структурою.

Висновки. На основі комплексних досліджень можна стверджувати, що для формування захисних покриттів з підвищеними властивостями доцільно використовувати частки гранульованого шлаку зернистістю 80 мкм за вмісту $q = 40$ мас.ч., позаяк руйнівні напруження при згинанні становлять – $\sigma_{32} = 55,0$ МПа, модуль пружності при згинанні – $E = 3,5$ ГПа.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАРИКАПА КВ114 С УЛУЧШЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Селиверстова С.Р.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

Фролов О.М.

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

Введение. По приведенным параметрам и характеристикам прибор КВ114 может использоваться как варикап или как универсальный диод в слаботочных электронных цепях с напряжениями питания до 100 В [4]. Однако на производстве прибор КВ114 имеет малый выход годных, - не более 15%, что обуславливает его высокую себестоимость.

Высокий уровень обратных токов не удовлетворяет современным требованиям к приборам такого типа, и не позволяет провести отбраковку приборов с некоторыми дефектами, что уменьшает уровень безотказности.

Кроме того, большой разброс по емкости (более $\pm 20\%$) требует индивидуальной настройки радиоэлектронной аппаратуры, что приводит к увеличению ее себестоимости.

Постановка задания. Технология с пористым анодным окислом кремния позволяет использовать достоинства меза-технологии не только по увеличению напряжения лавинного пробоя и по уменьшению числа технологических операций, но также позволяет создавать алюминиевый контакт вместо никелевого контакта. А это должно значительно уменьшить уровень обратных токов [2].

Для проверки данного варианта технологии была изготовлена партия из 4 пластин. Основные технологические операции проводились в типовых режимах создания прибора КВ114, с нижеприведенными отличиями. Вместо формирования меза-структуры путем травления кремния в кислотных травителях после фотолитографии по нитриду, проводилось анодное окисление в режимах формирования пористого анодного окисла кремния в кипящем водном растворе борной кислоты. Режим подбирался так, чтобы высота слоя пористого анодного окисла над планарной поверхностью была в пределах 12-15 мкм.

Полученные слои пористого анодного окисла кремния имеют вертикальные стенки благодаря особенностям анодного процесса.

После этого проводилась операция термического окисления через пористый окисел при температуре 1100 $^{\circ}$ С в течении 45 минут в атмосфере влажного кислорода для создания слоя окисла кремния, защищающего р-п переход.

Удаление слоя нитрида кремния проводилось при помощи типовой операции травления в растворе ортофосфорной кислоты.

Металлический контакт создавался не химическим осаждением никеля, а путем вакуумного напыления алюминия термическим распылением. Из-за обрыва слоя алюминия на вертикальных стенках слоев пористого анодного окисла кремния, фотолитография по алюминию не применялась. При достаточной высоте слоев пористого анодного окисла кремния (больше чем в 10-11 раз, чем толщина слоя алюминия – 1-1,2 мкм) напыленный слой алюминия разрывается на вертикальных стенках [3]. В результате эксперимента получается структура прибора, показанная на рис. 1, т.е. получается отдельно алюминиевый контакт к р-п переходу и отдельно слой алюминия на поверхности пористого окисла кремния.

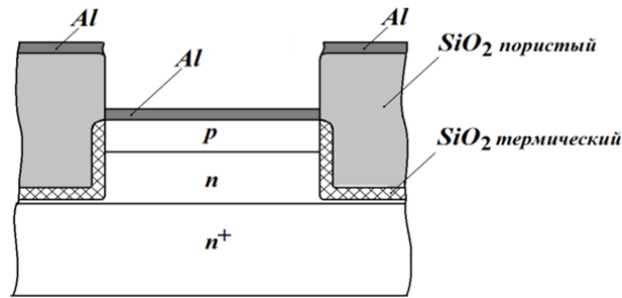


Рисунок 1 – Поперечний розріз структури високовольтного варикапа, изготовленного по технологии с применением слоев пористого анодного окисла кремния

После вжигания алюминия при температуре 4500C в течении 25 минут в инертной атмосфере (в азоте) проводилось измерение обратных токов. Гистограмма распределения обратных токов на пластинах с пористым анодным окислом кремния и алюминиевой металлизацией приведена на рис. 2.

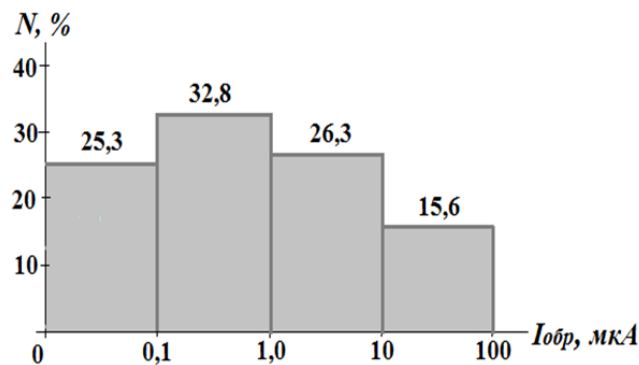


Рисунок 2 – Гистограмма распределения обратных токов на пластинах с пористым анодным окислом кремния и алюминиевой металлизацией

Как видно из гистограммы, уровень обратных токов по сравнению с типовой меза-технологией изготовления приборов КВ114 значительно уменьшился. Процент выхода годных кристаллов на пластине по обратным токам увеличился до 84 %.

Кроме того, следует отметить, что при случайной закоротке, емкость прибора сильно не изменяется, так как емкость дополнительной структуры металл - пористый окисел – полупроводник мала из-за большой толщины пористого окисла.

Выводы. Рассмотрены эффекты, снижающие себестоимость изготовления прибора КВ114. Определено, что основной причиной уменьшения выхода годных приборов является высокий уровень обратных токов, обусловленный применением технологии изготовления кристаллов в виде меза-структур. Предложен новый технологический процесс повышающий выход годных с 15% до 84%..

ЛИТЕРАТУРА

1. Диоды: справочник /О.П.Григорьев, В.Я. Замятин, Б.В. Кондратьев, С.Л. Пожидаев. – М.: Радио и связь, 1990. – 336с.
2. Кремниевые планарные транзисторы. Под ред. Я.А. Федотова. – М.: Сов.радио, 1973. – 336 с.
3. Фролов О.М., Шевченко В.В., Філіпчук О.М. и др. Патент на корисну модель №102197. Спосіб виготовлення високовольтних діодів зі змінною ємністю. МПК: НОІЛ 29/93 (2006.01), НОІЛ 21/31(2006.01), НОІЛ 21/329. (2006.01), Опубл.26.10.2015. Бюл.№20.

УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ

Скосарь В.Ю., Бурылов С.В., Тарасов С.В.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина)

Введение. Проблема загрязнения пресных водоемов является одной из самых острых экологических проблем современности. Реки, озера, искусственные водоемы загрязняются множеством различных способов: аварийными выбросами, промышленными стоками, стоками рыбоводных и фермерских хозяйств, вымыванием с полей минеральных удобрений, попаданием вредных веществ из атмосферы и пр. Поэтому не только на государственном, но и на международном уровне давно предпринимаются попытки контролировать и ограничивать вредное воздействие на пресные водные системы, осуществлять мероприятия по очистке природных вод [1].

Актуальность исследований связана с высокой степенью загрязнения пресных водоемов Украины и острой необходимостью их очистки путем использования современных технологий [2]. Авторы ставили задачу разработать установку для экологического оздоровления пресных водоемов, которая реализует экологически безопасную технологию обработки воды и использует «зеленую энергетику» для обеспечения своей работы.

Результаты исследований. Ранее специалистами нашего Института была разработана плавучая установка для экологического оздоровления пресных водоемов [3], которую мы и возьмем в качестве ближайшего аналога. Установка-аналог использует ветроэнергетический генератор для обеспечения своей работы, а обработку воды ведет путем электролиза ее с участием дополнительного реагента (NaCl). В отличие от [3], в новой установке не будут использоваться химические вещества во избежание загрязнения воды продуктами электролиза. На рис. 1 приведен общий вид плавучей установки для очистки пресных водоемов.

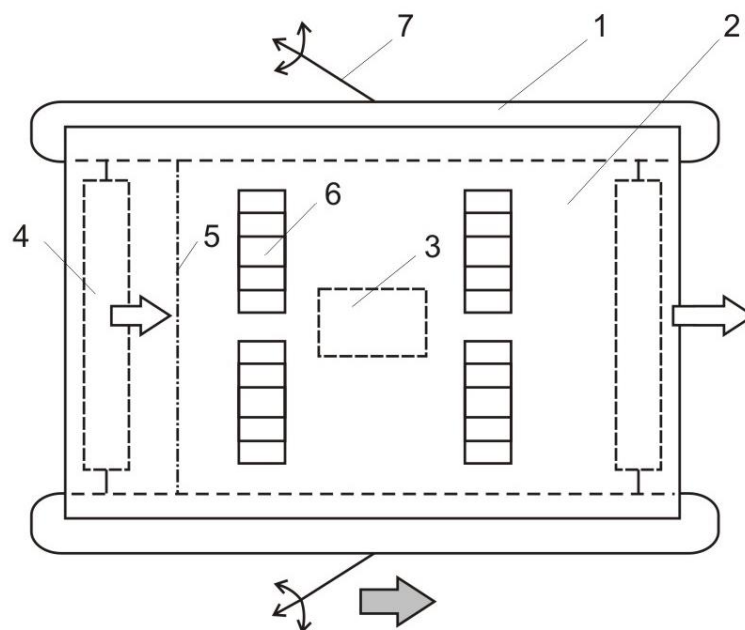


Рисунок 1 – Схематический вид плавучей установки для очистки пресных водоемов

На понтонном плоту 1, состоящем из двух одинаковых поплавков, укреплен солнечная фотоэлектрическая панель 2. Под панелью 2 зафиксирована аккумуляторная батарея 3 с помощью крепежного узла (на рис. 1 не показан). Таким же способом

прикреплены два одинаковых гребных колеса 4, частично опущенные в воду и снабженные маломощными электродвигателями (не показаны). Сетчатый барьер 5 частично погружен в воду и размещен между первым гребным колесом 4 и группой электролизеров 6. Якоря 7 погружены на дно водоема.

В теплый сезон плавучую установку путем буксирования перемещают по поверхности водоема и устанавливают в требуемом месте, фиксируя с помощью якорей 7. За счет работы солнечной панели 2 генерируется электроэнергия для обеспечения работы установки. Рекомендуется использовать солнечную панель из аморфного кремния, способную стабильно генерировать энергию при прямом и рассеянном солнечном свете, и характеризующуюся удельной мощностью 100 Вт/м^2 [4]. При суммарной площади солнечной панели 6 м^2 получаем генерируемую мощность 600 Вт . Батарея 3 предназначена для сглаживания неравномерностей генерации мощности. Часть мощности (400 Вт) направляется на работу электролизеров 6, притом, что затраты на электролиз пресной воды оцениваются в $0,05\text{-}0,20 \text{ кВт}\cdot\text{ч/м}^3$ [5]. Электроды электролизеров ориентированы параллельно поплавкам понтонного плота 1, которые ориентированы, в свою очередь, параллельно течению воды (серая стрелка на рис. 1) в водоеме. За счет вращения гребных колес 4 создается принудительное течение (белые стрелки на рис. 1) воды, которая проходит через сетчатый барьер 5. Сетчатый барьер рекомендуется изготавливать в виде капроновой сетки (размер ячеек от 3×3 до $10\times 10 \text{ мм}$) [6], укрепленной на полужестком каркасе, который легко монтировать и демонтировать на плавучей установке. На сетке 5 вылавливаются из воды крупные частицы мусора и водоросли. Сетку 5 необходимо периодически менять на чистую, а грязную сетку очищать любым удобным способом, например, вручную. Основная очистка воды производится за счет электролиза, при котором в воде синтезируется ряд окислителей: кислород, озон, перекись водорода, ионы гипохлорида (поскольку в воде всегда присутствуют хлориды). Эти окислители очищают и обеззараживают воду [5].

Выводы. Из расчетов авторов следует, что за 60 суток работы (в дневное время) одна плавучая установка обработает воду объемом $1440\text{-}5760 \text{ м}^3$ площадь очищенной поверхности $1440\text{-}5760 \text{ м}^2$ (при средней глубине обработки в один метр). Эти величины даны без учета впрыскивания выделяющихся пузырьков в окружающую жидкость и обеззараживания ее. Реальная эффективность очистки должна быть еще выше. Установка может быть применена для экологического оздоровления озер, рек с медленным течением, искусственных водоемов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конвенция по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер. Хельсинки, 17 марта 1992 года. Режим доступа: https://web.archive.org/web/20081206112031/http://zelenyshluz.narod.ru/conv_wat/trans.htm.
2. Пашенко Е. Многоводная Украина: стране нужны чистые реки (10.12.2015)/ Режим доступа: <https://ecology.unian.net/1208784-mnogovodnaya-ukraina-strane-nujnyi-chistyie-reki.html>.
3. Пат. 105692 Україна, МПК F03D 9/00, C02F 1/46, C02F 1/48. Установка з вітроприводом для екологічного оздоровлення прісних водних систем / Дзензерський В.О., Тарасов С.В., Соколовський І.І., Буряк О.А.; Заявитель и патентообладатель Институт транспортних систем і технологій НАН України «Трансмаг» (UA). - № а201212130; заявл. 22.10.2012; опубл. 10.06.2014, бюл. № 11.
4. Солнечные элементы и батареи космического происхождения. Режим доступа: <http://www.rusnanonet.ru/products/21131/>.
5. Очистка воды прямым электролизом. Режим доступа: http://www.electrochlor.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=35.
6. Обзор особенностей и сфер применения капроновых сеток. Режим доступа: <https://armaturniy.ru/setka/vidi/kapronovaya.html>.

ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВА В ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Солодовников В.Г.

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

Введение. Дизельная энергетическая установка современных судовых энергетических установок комплектуется мало- и среднеоборотными дизелями. Малооборотные дизели, работающие по двухтактному циклу, используются в качестве главных двигателей, передающих мощность на винт. Эту же функцию могут выполнять среднеоборотные дизели, работающие по четырехтактному циклу, однако наибольшее применение они получили в качестве вспомогательных двигателей для привода судовых электрогенераторов.

Актуальность исследования. Эксплуатационные режимы работы современных судовых среднеоборотных дизелей обеспечиваются тяжелыми сортами топлива, что существенно снижает расходы топлива, однако требует специальных способов и средств его подготовки. Перевод судовых среднеоборотных дизелей на использование тяжелых сортов топлива вынудил к решению дилеммы: либо перекомплектация топливной системы высокого давления новой топливной аппаратурой, обеспечивающей надежную работу на таких сортах топлива, либо применение дополнительной обработки топлива, способствующей улучшению его структурных показателей и качества распыливания, воспламенения и сгорания. Решение задачи по первому варианту сопряжено с изменением конструктивных характеристик дизеля и в любом случае невозможно без проведения дополнительных испытаний на действующих дизелях. Второй вариант решения поставленной задачи требует предварительных научных исследований или синтеза ранее полученных результатов и дооборудования штатных систем топливоподготовки дополнительными функциональными узлами. При этом, во втором случае необходимы меньшие финансовые вложения в уже существующую систему топливоподготовки, поэтому вопросы исследования и применения дополнительных методов обработки топлива являются более актуальными, чем вариант переоборудования и связанные с ним настройка и регулирование топливной аппаратуры высокого давления [1].

Постановка задачи. Задачей исследования являлась оценка возможности применения ультразвуковой обработки топлива как дополнительного метода обработки топлива в уже существующей топливной системе судового дизеля. Кроме того, при исследованиях (которые выполнялись на судовом дизеле 6DKM-20 фирмы Daihatsu Diesel и его модернизированной системе топливоподготовки) определялся сернистый износ цилиндропоршневой группы дизеля, работающего на топливе, прошедшем разные стадии подготовки, а также изучались экономические параметры его работы [2].

Результаты исследования. Схема штатной и переоборудованной топливной системы показана на рис.1.

В штатном исполнении топливной системы подготовка и подача топлива к дизелю осуществляется следующим образом. Из отстойной цистерны 1 топливо подается насосом 2 в топливную магистраль, где последовательно проходит расходную цистерну 3 с встроенным паровым подогревателем, фильтр грубой очистки 4, сепаратор 5, электрический подогреватель 7, после чего подкачивающим насосом 8 подается в расходную цистерну 9, откуда поступает к дизелю 10.

В переоборудованную топливную систему дополнительно включаются ультразвуковой генератор 1-ой ступени, расположенный в дополнительной «проходной»

топливной цистерне 6, и ультразвуковой генератор 2-ой ступени, расположенный в «штатной» расходной цистерне 9 [3].

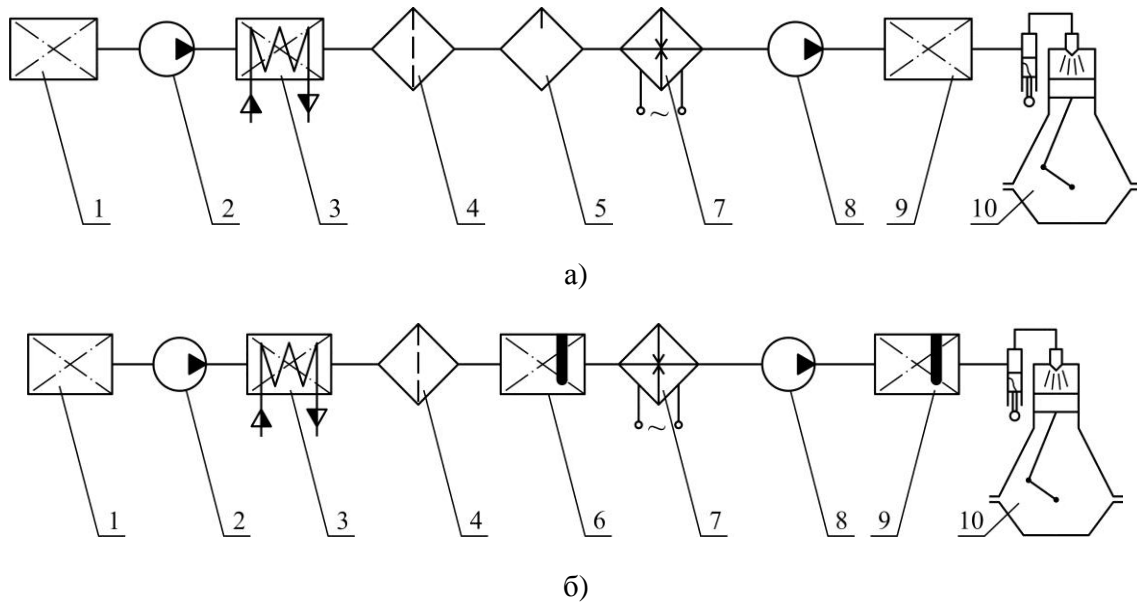


Рисунок 1 – Схема штатной (а) и переоборудованной (б) топливной системы судового дизеля 6DKM-20 фирмы Daihatsu Diesel:

- 1– отстойная цистерна; 2, 8 – топливный насос; 3 – расходная цистерна;
 4 – фильтр грубой очистки; 5 – топливный сепаратор; 6 – дополнительная «проходная»
 топливная цистерна с ультразвуковым генератором 1-ой ступени; 7 – электрический
 подогреватель; 9 – расходная цистерна (с ультразвуковым генератором 2-ой ступени для
 модернизированной топливной системы); 10 – дизель

Расположение ультразвукового генератора 1-ой ступени способствовало предварительной обработке топлива и максимальному размельчению механических примесей, находящихся в топливе. Этот факт был зафиксирован путем анализа проб топлива, отбираемого после сепаратора 5 (для «штатной» системы подготовки топлива) и после ультразвукового генератора 1-ой ступени (для модернизированной системы подготовки топлива). Аналогичный анализ проб топлива выполнялся после расходной цистерны 9, как для штатной топливной системы, так и для модернизированной. При этом в модернизированной топливной системе в расходной цистерне 9 устанавливался ультразвуковой генератор 2-ой ступени, а дополнительная обработка топлива непосредственно перед топливной аппаратурой дизеля способствовала максимальному использованию эффекта раздробления как молекулярных цепочек топлива, так и сернистых соединений и механических примесей [4].

Преимущество предлагаемой системы топливоподготовки по сравнению со штатной системой заключается в практическом отсутствии потери горючих составляющих топлива, которая происходит в центробежном сепараторе. Кроме того, последовательная обработка топлива при помощи ультразвуковых генераторов 1-ой и 2-ой ступени обеспечивала работу системы топливоподготовки не только почти без потерь топлива, но и с очень высокой эффективностью ультразвуковой обработки, что интенсифицировало процесса горения топлива и, тем самым, обеспечивало снижение его удельного расхода.

В системе была предусмотрена возможность переключения на штатный режим топливоподготовки. В этом случае топливо подвергалось очистке в центробежном сепараторе, без использования ультразвуковых генераторов. По такой же схеме работали другие подобные дизели, входящие в состав вспомогательной энергетической установки. Кроме того, параллельные эксперименты на одинаковых дизелях с разными системами топливоподготовки позволяли сделать соответствующие выводы о ее эффективности [5].

Для максимальной идентичности результатов эксперимента как сами дизели, задействованные в эксперименте, так и их топливные системы подвергались предварительной подготовке. Условия эксплуатации позволяли произвести замену фильтров тонкой очистки обоих дизелей, замену и отладку топливной аппаратуры высокого давления, а также выполнить моточистку дизелей, с заменой комплекта поршневых колец и технического освидетельствования цилиндрических втулок. На протяжении всего эксперимента дизели работали на постоянном сорте топлива и циркуляционного масла. Кроме того, дизели работали либо параллельно, либо по отдельности, но с постоянным контролем времени эксплуатации и эксплуатационной нагрузки, разница в которой не превышала 10 кВт для каждого дизеля, что с учетом их эксплуатационной мощности 680...720 кВт не превышало 3 %. Это, учитывая энергоёмкость объектов, а также длительность проведения эксперимента, позволяло считать условия работы дизелей идентичными.

Задачей исследования было определение износа верхнего поршневого кольца для дизеля, работу которого обеспечивала штатная система топливоподготовки, и дизеля, работающего на топливе, прошедшем двухступенчатую ультразвуковую обработку. Кроме того, для обоих случаев определялись удельный расход топлива и температура выпускных газов, как параметры, характеризующие качество процесса сгорания. Результаты проведенных исследований приведены на рис. 2 и 3. При этом определение износа верхнего поршневого кольца (рис. 2, а) выполнялось путем его очистки и последующего взвешивания на электронных весах, а измерение износа цилиндрической втулки – путем микрометрического обмера в шести различных диаметральных сечениях.

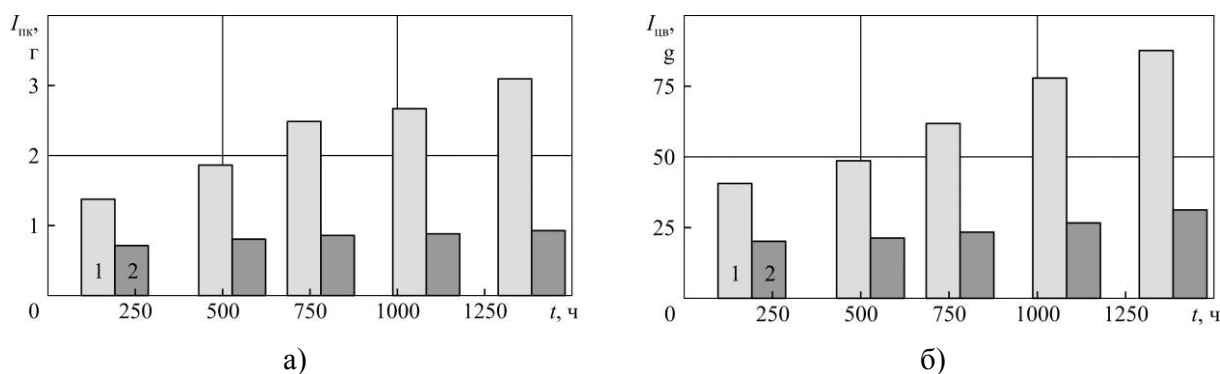


Рисунок 2 – Зависимость износа верхнего поршневого кольца (а) и цилиндрической втулки (б) дизеля 6DKM-20 фирмы Daihatsu Diesel от времени работы: 1 – штатная топливная система; 2 – модернизированная топливная система

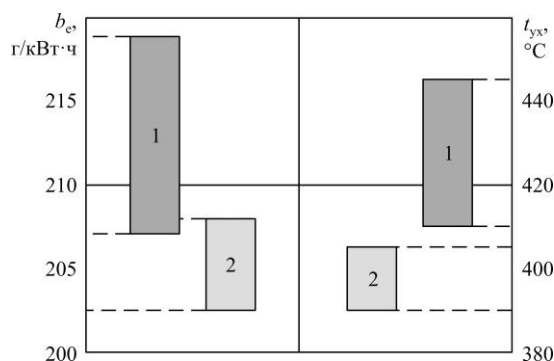


Рисунок 3 – Диапазон изменения удельного эффективного расхода топлива b_e и температуры выпускных газов $t_{гх}$ для судового дизеля 6DKM-20 фирмы Daihatsu Diesel, работающего со штатной (1) и модернизированной (2) топливной системой

Определение удельного эффективного расхода топлива b_e и температуры выпускных газов t_{yx} (рис. 3) выполнялось с помощью судовых измерительных приборов и не требует дополнительного пояснения.

Выводы. Применение ультразвуковой обработки топлива обеспечивает снижение массового износа верхнего поршневого кольца (на 54...71 %), а также линейного износа цилиндрической втулки (на 52...64 %), что объясняется уменьшением сернистой коррозии цилиндро-поршневой группы. Также при этом снижается (с 410...446°C для штатной топливной системы до 391...405°C для топливной системы, обеспечивающей ультразвуковую обработку топлива) диапазон температуры выпускных газов, являющейся одним из критериев тепловой нагрузки дизеля и совершенства протекания его рабочего цикла. Кроме того, использование ультразвуковой обработки топлива способствует снижению удельного эффективного расхода топлива (на 2,5...4,9 % в зависимости от режима работы дизеля), что повышает экономичность работы дизеля.

Также необходимо отметить, что в модернизированной системе подготовки топлива за счет использования двухступенчатой ультразвуковой обработки топлива удалось полностью исключить процесс сепарации топлива. Как известно, при сепарировании топлива вместе с отделяемой и удаляемой из его объема водой и механическими примесями из топлива удаляется и часть горючих составляющих (углерод и водород), что снижает теплотворную способность топлива и способствует увеличению удельного расхода топлива. Обеспечение постоянства теплотворной способности топлива, а также замена энергоемкого процесса сепарирования на ультразвуковую обработку, требующую меньших затрат энергии, также способствует повышению экономических характеристик работы дизеля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Солодовников В.Г. Обеспечение требований энергетической эффективности при подготовке тяжелых топлив для судовых двигателей внутреннего сгорания // Austria-science. – 2017. – № 7. – С. 33-37 / publishing «Austria-science»© 2017.
2. Солодовников В. Г. Ультразвуковая обработка топлива для снижения сернистой коррозии в судовых среднеоборотных дизелях / В. Г. Солодовников // Автоматизация судовых технических средств: наук.-техн. сборник. – 2015. – Вып. 20. – С. 84-91.
3. Solodovnikov V. G. Ultrasonic fuel processing as a method of improving the technical condition and economic characteristics of ship diesels // American Scientific Journal, 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 59-62.
4. Sagin S.V., Solodovnikov V. G. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuels for Medium-Speed Diesel Engines // Modern Applied Science; Published by Canadian Center of Science and Education, Vol. 9, № 5. – 2015. – P. 269-278. DOI:10.5539/mas.v9n5p269.
5. Sagin S.V., Solodovnikov V.G. The investigations of the influence of ultrasonic fuel processing on sulfur wear of details in cylinder group of marine diesel engines // European Science and Technology : material of the XVI international research and practice conference, Munich, March 14th – 15th, 2017 / publishing office Vela Verlag Waldkraiburg – Munich – Germany 2017. – P. 61-74.

ЗАСОБИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ

Суглобов В.В., Ткачук К.В.

*ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»
(Україна)*

Вступ. Основним засобом механізації вантажно-розвантажувальних робіт в морських та річних портах, судноремонтних та суднобудівних заводах є порталні крани. Аналіз результатів моніторингу структури і технічного стану порталних кранів свідчить, що зношення парку машин наближається до 100%. В існуючих дослідженнях особлива увага приділяється питанням збільшення надійності, зменшенню матеріалоемності та енергоспоживання за рахунок модернізації вузлів механічного та електричного обладнання. Однак особливу увагу необхідно приділяти збереженню працездатності порталних кранів з урахуванням критеріїв залишкового ресурсу.

Актуальність досліджень. Оцінка можливості експлуатації порталних кранів з перевищеним нормативним ресурсом при збереженні необхідного рівня надійності – актуальне питання для українських портів. Рішення про наднормативну експлуатацію може бути прийнято на підставі оцінки експлуатаційної надійності та залишкового ресурсу кранів, а саме – ресурсу їх металоконструкцій [1]. Серед дефектів металоконструкції найбільш небезпечними є усталені тріщини, які спричинили більш половини аварій порталних кранів за останні тридцять років [2, 3, 4]. У зв'язку з цим, для старіючого парку особливе значення та актуальність має дослідження працездатності металоконструкцій з тріщинами.

Постановка задачі. У останній час все більш розповсюджується концепція експлуатації обладнання за принципами безпечного ушкодження. Цей принцип застосовують для конструкцій, дефекти у яких розвиваються досить довго, тому їх можливо виявити і усунути. Для прийняття рішення про можливість застосування принципу безпечного ушкодження, необхідна оцінка інтервалів росту та критичної довжини тріщин, що знаходяться на найбільш небезпечних ділянках несучих металоконструкцій [5].

Тому головною задачею є розробка засобів оцінки навантаженості металоконструкцій порталних кранів з урахуванням принципу безпечного ушкодження.

Результати досліджень. Натурні тензометричні випробування є одними з основних елементів методики оцінки навантаженості металоконструкцій порталних кранів з урахуванням принципу безпечного ушкодження. Вони дозволяють виявити експлуатаційні фактори, які визначають навантаження елементів металоконструкції та фактори, що сприяли їх виникненню. Крім цього, є можливість встановити розподіл розмахів напружень небезпечних ділянок металоконструкцій.

Основними експлуатаційними факторами, які визначають навантаженість елементів металоконструкції, є:

Для елементів стрілових систем та суміжних з ними, які паралельні плоскості вильоту стріли (стріла, відтяжка, колона, тяг поворотної частини) навантаження визначається роботою механізму підйома і, як наслідок, значення максимальних розмахів тренда залежить від сили ваги вантажу та його динаміки.

Для елементів систем врівноваження зміна розмахів тренда визначається зміною вильоту стріли, динаміки механізму повороту та механізму зміни вильоту.

Для елементів, що суміжні з механізмом повороту (кронштейни механізмів, опори зубчастих вінців) зміна тренда визначається від кута повороту платформи та динаміки механізму повороту.

Для порталів зміна тренда відбувається під час повороту платформи, підйому та опусканню вантажу.

Для тензометричних випробувань металоконструкцій порталних кранів встановлюються тензометричні датчики на порталі, колоні, тязі, стрілі, балансири противаги. На протязі випробувань порталний кран «Азовець» (рис. 1) працював у режимі «Судно-склад» та «Судно-автомобіль» у грейферному режимі. Датчики ST1-ST4, P1-P5, TM1, O1, S4 використовувались для контролю загальної навантаженості металоконструкції, інші датчики – для контролю небезпечних вузлів.

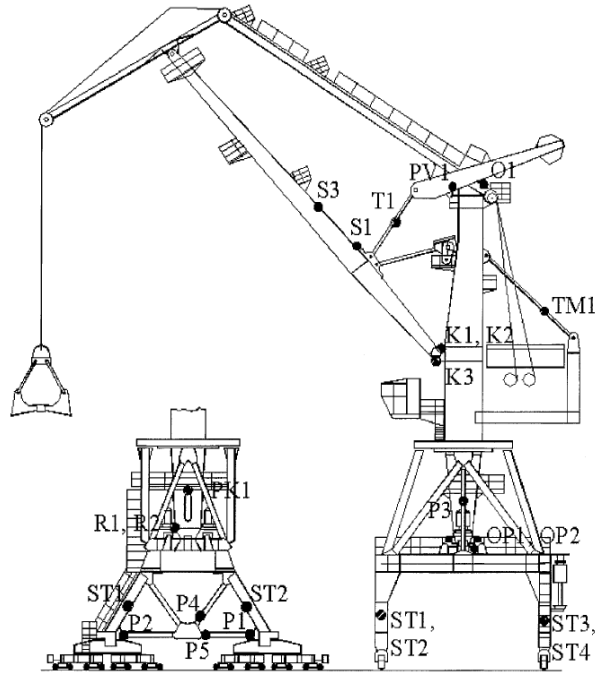


Рисунок 1 – Схема розташування тензометричних датчиків на порталному крані «Азовець»

Додатково у запропонованому засобі оцінки надійності металоконструкцій порталних кранів експериментальні дані тензометричних випробувань доповнюються даними розрахунку моделі, що сформована за допомогою методу кінцевих елементів [6].

Модель методу кінцевих елементів дає змогу оцінити номінальні напруження від власної ваги в стержневих елементах металоконструкції; визначити реакції взаємодії між основними несучими елементами в вузлах їх зчленування; оцінити загальну картину навантаження всієї системи металоконструкції.

Висновки. Наведені засоби оцінки надійності металоконструкцій з ділянками-тріщинами складається з двох блоків: методики навантаженості за принципом безпечного ушкодження та інженерної методики розрахунку порталного крана. Врахування основних експлуатаційних параметрів портового перевантажувального процесу на всіх етапах реалізації методики дозволяє оцінити їх вплив на експлуатаційну надійність, що може бути практично використано для вибору інших режимів експлуатації порталних кранів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Позынич Е. К. Критерии расчётной оценки остаточного ресурса стреловых кранов с жестким подвесом стрелы / Е. К. Позынич, С. Г. Штарев // Подъёмно-транспортное дело: научно-технический, производственно-экономический и информационный журнал. – Московская обл., пос. Лесной: НПП «Подъёмтранссервис». – №6, 2008. – С.2 – 4.

2. Гонтаренко А. Ф. Аналіз ситуації в морських портах / А. Ф. Гонтаренко // Матеріали міжнародних научно-практичних конференцій по підйомним спорудам за 2005г., г. Одеса – Одеса: Астропринт, 2006. – С.173 – 175.

3. Панова З. Н. Анализ травматизма и аварийности при эксплуатации грузоподъемных кранов / З. Н. Панова, Л. Н. Горбунова // Вестник Крас ГУ. – Красноярск: Крас ГУ, 2012. – Вып. №7. – С. 175-180.

4. Дашенко О. Ф. Оценка работоспособности металлоконструкций порталных кранов/ О. Ф. Дашенко, А. О. Немчук // Труды Одесского политехнического университета. – Одесса: ОНПУ –№2 (26), 2006. – С. 11 – 14.

5. Соколов Ю. Ф. Оценка эксплуатационной надёжности порталных кранов— Диссертация, Москва, 2002 г.

6. Михеев В. А., Власов В. Т. Специальные краны / В. А. Михеев, В. Т. Власов. – Мариуполь: ПГТУ, 2004.– 424 с.

АЛГОРИТМ ПОДОВЖНЬОГО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Тимофєєв К.В., Нікішин Е.В.

*Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Електричні двигуни є перетворювачами електричної енергії в механічну і складають основу електроприводу. Це складні і дорогі пристрої, від грамотної експлуатації яких залежить ресурс їх роботи, особливо при застосуванні у складі пропульсивних комплексів та підрулюючих пристроїв на судні.

Актуальність досліджень. Виникнення аварійних ситуацій призводить до виходу обладнання з ладу і великим збиткам. Завдання релейного захисту (РЗ) - швидке виявлення і відключення пошкоджень, мінімізація шкоди, а при роботі електродвигуна в ненормальних режимах роботи - запобігання аваріям і збільшення терміну служби.

Постановка задачі. Подовжній диференціальний струмовий захист - для електродвигунів потужністю 5 МВт і більше, а також менше 5 МВт, якщо установлення струмових відсічок не забезпечує виконання вимог чутливості.

Чутливість захистів від міжфазних замикань повинна перевірятися при короткому замиканні (КЗ) на введеннях живлення електродвигуна (у коробці підключення машини). Для забезпечення надійної роботи коефіцієнт чутливості захистів від міжфазних замикань повинен бути не менше 2,0 [1].

На сучасних судах, що мають високовольтну електроенергетичну систему, застосовуються підрулюючі пристрої з електродвигунами потужністю декілька МВт. Враховуючи умови експлуатації необхідно правильне обґрунтування застосування подовжнього диференціального струмового захисту для електродвигунів потужністю до 5 МВт (додатково до основних типів захисту).

Для цього необхідно вибрати оптимальні характеристики і параметри спрацьовування (уставки) захистів. Вибрати оптимальне налаштування захисту можна, тільки маючи повну інформацію про двигуни, що захищаються: їх значимості в технологічному процесі, характер навантаження, можливості забезпечення самозапуску, умовах експлуатації.

Значення коефіцієнта чутливості захисту при двофазному КЗ $k^{(2)}_q$:

$$k^{(2)}_q = \frac{I^{(2)}_к}{I_{CB}} \quad (1)$$

Значення струмового відсічення:

$$I_{CB} = 2,5 \cdot I_{пук.дв.кат} \quad (2)$$

Значення струму двофазного КЗ на введеннях живлення електродвигуна $I^{(2)}_к$:

$$I^{(2)}_к = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I^{(3)}_{ш.мін} \quad (3)$$

де $I^{(3)}_{ш.мін}$ - значення струму трифазного КЗ на введеннях живлення АД в мінімальному режимі роботи системи [2].

При розрахунку струмового відсічення слід враховувати, що у момент включення асинхронного електродвигуна окрім періодичної складової пускового струму короткочасно з'являється аперіодична складова, обумовлена перехідним процесом і струмом намагнічення. Це приводить до збільшення амплітуди пускового струму в 1,3-1,8 разів (рисунок 1). Вважається, що процес пуску машини завершений, коли пусковий струм стане нижчий за значення $1,25 I_{ном.дв}$ [2].

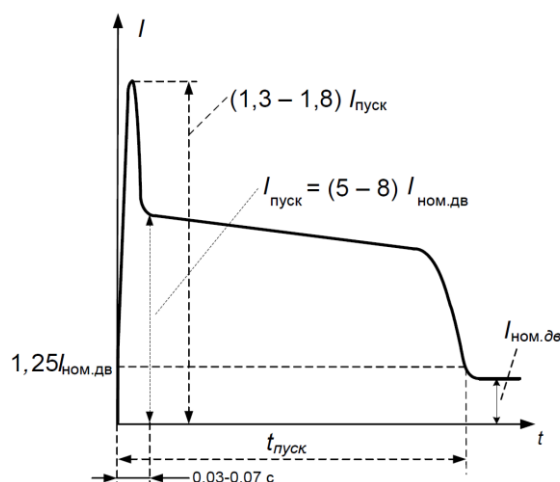


Рисунок 1 – Зміна струму асинхронного електродвигуна при прямому пуску

Розрахунки проводилися для схеми автотрансформаторного пуску асинхронного електродвигуна типу 1RQ4 566-8JE14 потужністю 2,5 МВт, напруга живлення 6600 В змінного трифазного струму у складі підрулюючого пристрою КТ-219В5 з гвинтом регульованого кроку на газовозі «METHANE JULIA LOUISE».

Автотрансформаторний пуск відбувається трьома ступенями: по-перше до двигуна підводять напругу, рівну 50-70% від номінальної; на другому ступені, де трансформатор служить реактором, напруга становить 70-80% від номінальної та на третьому ступені на двигун подається 100% напруги живлення.

Отриманий в результаті розрахунків коефіцієнт чутливості $k_u^{(2)} = 1,98$ лежить на межі допустимого, що показує необхідність застосування подовжнього диференціального струмового захисту для даного електродвигуна та подальшого визначення уставок спрацьовування.

Для реалізації подовжнього диференціального струмового захисту запропоновано пристрій SEPAM серії 80 типу M87, що має три основні та три додаткові входи фазного струму для підключення шести вимірювальних трансформаторів струму [3].

Захист спрацьовує, якщо різниця струмів перевищує уставку.

Уставка задається:

- кривою процентної характеристики;
- кривою диференціального захисту по високому порогу.
- Елементи коректування забезпечують стійкість роботи шляхом:
- виявлення зовнішнього замикання або запуску;
- визначення насичення трансформаторів струму;
- швидкого виявлення втрати трансформатора струму;
- визначення включення трансформатора.

Процентна характеристика відключення (рисунок 2) порівнює значення крізного струму із значенням диференціального струму. Відповідно до умов вимірювання струмів і з урахуванням встановленого монтажу значення диференціального і крізного струму обчислюються по наступних формулах:

- диференціальний струм:

$$I_{diff_x} = |\vec{I}_x + \vec{I}_x'|, \text{ де } x=1, 2, 3; \quad (4)$$

- крізний струм:

$$I_{t_x} = \frac{|\vec{I}_x - \vec{I}_x'|}{2}, \text{ де } x=1, 2, 3. \quad (5)$$

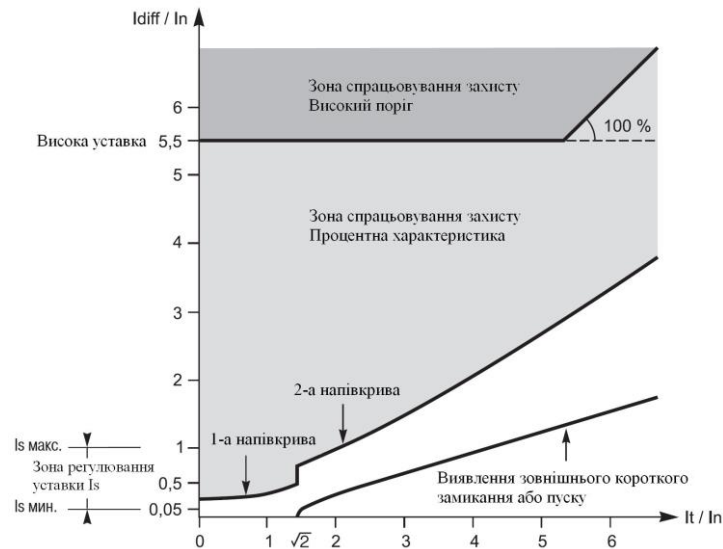


Рисунок 2 – Характеристика спрацьовування подовжного диференціального захисту

Процентна характеристика складається з двох напівкривих, значення яких визначаються за допомогою наступних нерівностей:

1-а напівкрива залежить від уставки I_s :

$$Idiff_x^2 - \frac{It_x^2}{32} > I_s^2, \text{ де } 0 \leq It_x \leq \sqrt{2}In, x=1, 2, 3; \quad (6)$$

2-а напівкрива:

$$\frac{Idiff_x^2}{8} - \frac{It_x^2}{32} > (0,005In)^2, \text{ де } \sqrt{2}In < It_x, x=1, 2, 3. \quad (7)$$

Щоб уникнути запізнювання спрацьовування захисту при значному асиметричному пошкодженні використовується диференціальний захист з високим порогом, не залежний від коректування.

Ця уставка має наступну характеристику:

$$Idiff_x > 5,5In \text{ та } \frac{Idiff_x}{It_x} > 1, x=1, 2, 3. \quad (8)$$

Під час пуску або при зовнішньому пошкодженні крізний струм значно перевищує $1,5In$. Поки не відбудеться насичення трансформаторів струму, диференціальний струм залишається низьким. Цей перехідний стан визначається за допомогою наступної характеристики:

$$\frac{Idiff_x^2}{2} - \frac{It_x^2}{32} < -(0,025In)^2, x=1, 2, 3. \quad (9)$$

Оскільки при зовнішньому короткому замиканні може відбутися короткочасне значне підвищення диференціального струму, передбачено блокування на 200 мс, щоб забезпечити стійку роботу захисту при подібному явищі.

Насичення трансформатора струму може бути причиною виникнення «помилкового» диференціального струму і помилкового спрацьовування захисту. Таке налаштування дозволяє виявити асиметрію сигналів і не дозволяє працювати захисту у разі насичення трансформатора струму.

Обрив фази трансформатора струму може бути причиною виникнення «помилкового» диференціального струму і помилкового спрацьовування захисту. Таке блокування дозволяє проаналізувати вимірювання, що неправильно показує «0».

Налаштування від кидка струму при включенні трансформатора. При рівні 2-ої гармоніки в диференціальному струмі більше 15% захист блокується:

$$\frac{I_{diff_xh2}}{I_{d_x}} > 0,15, x=1, 2, 3. \quad (10)$$

Алгоритм роботи захисту показаний на рисунку 3.

Трансформатори струму повинні бути, по вибору:
типу 5P20 номінальною потужністю $VATC > RfIn2$,
де: $VATC$ - номінальна потужність трансформатора струму;
 In - вторинний номінальний струм трансформатора струму;
відповідно до напруги точки перегину $Vk \geq (R_{TC} + R_f) \cdot 20 \cdot In$,
де: R_{TC} – внутрішній опір ТС;
 R_f – опір електричних дротів.

Діапазон регулювання уставки I_s залежить від номінальних значень датчиків струму в основних каналах $I1, I2, I3$ і додаткових каналах $I'1, I'2, I'3$. Діапазон регулювання визначається по перетину діапазонів $[0,05In1 \dots 0,5In1]$ з $[0,05In2 \dots 0,5In2]$. Якщо номінали ідентичні, вибраний оптимальний діапазон регулювання. Якщо немає перетину, функція не може бути введена в роботу.

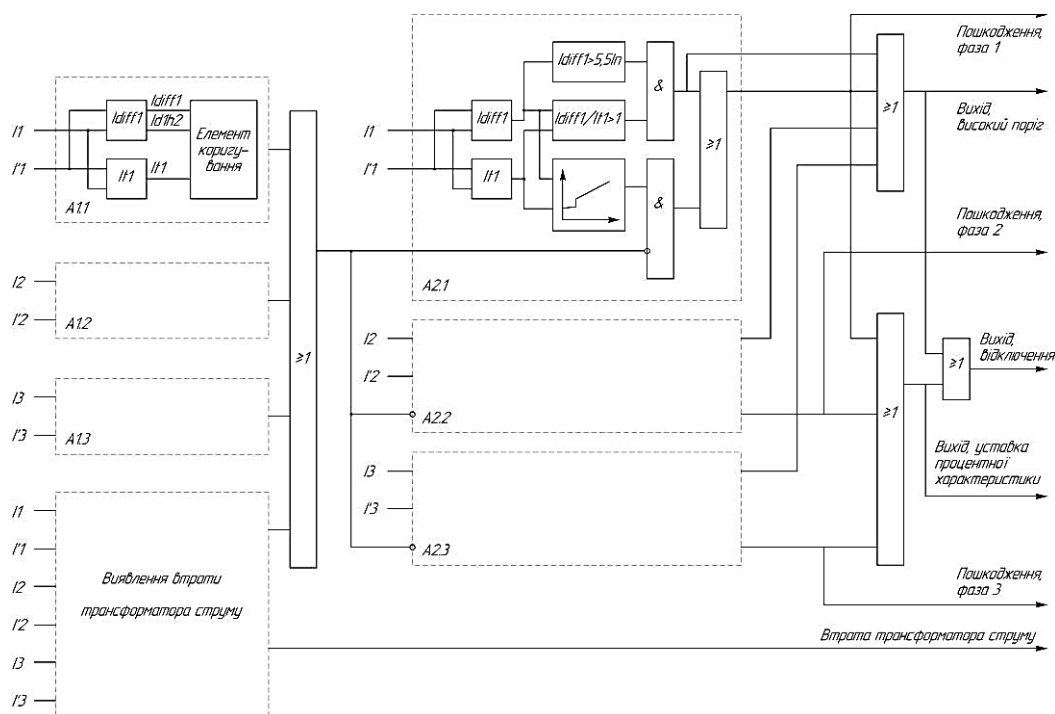


Рисунок 3 – Алгоритм роботи захисту

Результати досліджень показали необхідність застосування подовжного диференціального струмового захисту електродвигуна підрулюючого пристрою КТ-219В5 газозову «METHANE JULIA LOUISE». Наведено методики розрахунків параметрів захисту електродвигуна підрулюючого пристрою. Основним технічним засобом системи захисту обрано мікроконтролерний термінал SEPAM M87.

ЛІТЕРАТУРА

1. Правила улаштування електроустановок, вид. 3-тє, перероб. і доп., Мінпаливенерго України, 2010. -736с.
2. Релейная защита электродвигателей напряжением 6 –10 кВ терминалами БМРЗ: методика расчета/ С.А.Гондуров, С.В. Михалев, М.Г. Пирогов, А.Л. Соловьев. – СПб.: ПЭИПК, 2013, 60 с.
3. Защита электрических сетей. Sepam серии 80. Измерения, защита, управление и контроль. Руководство по эксплуатации. Schneider electric. – 2007. – 247с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТЕПЕНИ СЕПАРАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД МОРСКИХ СУДОВ

Ткаченко И.В.

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

Введение. В настоящее время при эксплуатации всех типов судов возникает проблема возникновения, сбора, хранения и последующей переработки нефтесодержащих вод. Сепарация таких вод, в состав которых в основном входят неиспользованные в тепловых двигателях (дизелях, котлах и турбинах) тяжелые фракции топлива и масла, является сложной технологической задачей. Решение этой проблемы напрямую связано с использованием природных ресурсов и контролем состояния экологии и биосферы в планетарном масштабе. Вопросы регенерации отработанных продуктов нефтехимии помимо экологического эффекта приобретают важный экономический аспект. Неосмотрительный сброс нефтепродуктов приводит к загрязнению мирового океана, а бесконтрольное их сжигание – к загрязнению воздуха вредными веществами.

Актуальность исследования. Применительно к морским судам следует отметить, что нефтесодержащие воды в основном возникают при обеспечении процессов топливоподготовки, топливоподдачи, а также смазывания и охлаждения тепловых двигателей, а для судов, транспортирующих нефть или продукты нефтехимии, еще и при мойке грузовых танков. В случае автономной работы судна количество таких вод напрямую определяется техническим состоянием используемого оборудования, соблюдением правил технической эксплуатации и самое главное – мощностью главного двигателя судовой энергетической установки. При этом способ очистки нефтесодержащих вод должен характеризоваться меньшими затратами энергии на его проведение и меньшим временем очистки загрязненных вод до требуемой степени, а само оборудование должно удовлетворять требованиям Международной Конвенции МАРПОЛ73/78.

Постановка задачи. Задачей проведенных исследований являлась разработка и предварительные испытания сепаратора нефтесодержащих вод, использующего принцип гидродинамической кавитации, способного удовлетворять действующие и перспективные требования Конвенции МАРПОЛ к качеству очистки судовых нефтесодержащих вод.

Результаты исследования. К базовым принципам эксплуатации судовых сепараторов нефтесодержащих вод относятся следующие:

а) физический – используются основные принципы гидродинамического поведения многофазной жидкости под действием на нее сил различной природы (чаще всего задействуются силы гравитации и давления);

б) химический – за счет введения в поток различных химических реагентов обеспечивается увеличение степени дисперсности нефтяных частиц с их последующей механической фильтрацией (обычно применяется электролиз и озонирование);

в) биологический – введение в нефтесодержащие воды микроорганизмов, которые в ходе своей жизнедеятельности обеспечивают разложение нефтепродуктов [1].

Все известные методы, которые используют в своей работе плотностную стратификацию и механическое разделение, характеризуются невысоким качеством очистки судовых нефтесодержащих вод и могут применяться только на стадии предварительной сепарации. Ни один из существующих методов разделения судовых нефтесодержащих вод на составные компоненты не может быть охарактеризован как простой и эффективный. В случае полного отделения воды от нефтепродуктов стоимость очистки значительно превышает стоимость получаемых вторичных энергоресурсов. Такая очистка является целесообразной только с экологической точки зрения. Все методы,

дающие значение концентрации нефтепродуктов на выходе менее 15 мг/л, характеризуются одним общим недостатком – сложностью своей технической реализации и большими затратами (экономическими, трудовыми, материальными) на текущее обслуживание.

Одним из вариантов, обеспечивающим поставленные задачи, может являться использование и управление основными гидромеханическими характеристиками движущейся среды. В данном случае предусматривается использование эффекта холодного кипения жидкости за счет использования гидромеханического процесса суперкавитации внутри специально спрофилированной рабочей камеры, являющейся неотъемлемой частью судовой системы сепарации нефтесодержащих вод. При таком техническом решении характер поведения перерабатываемого потока судовых нефтесодержащих вод будет всегда напрямую определяться исключительно условиями его движения внутри кавитационной камеры. Достоинство предлагаемого гидродинамического подхода является перспективным и с экономической точки зрения. Энергетические затраты на гидромеханическое эмульгирование воды с нефтепродуктами в 10...15 раз меньше, чем при использовании подобно-направленных методов обработки нефтесодержащих вод [2].

С целью решения указанных задач была разработана установка, принципиальная схема которой показана на рис. 1.

Установка работает следующим образом: в сервисный танк 1 судовые нефтесодержащие воды поступают из различных технологических участков судна. К основному перечню таких участков относятся: носовые, кормовые и центральные колодцы, различные танки для сбора остатков топлива и масла, а также танки сбора промывочной воды (в случае ее использования на судах, перевозящих нефтепродукты).

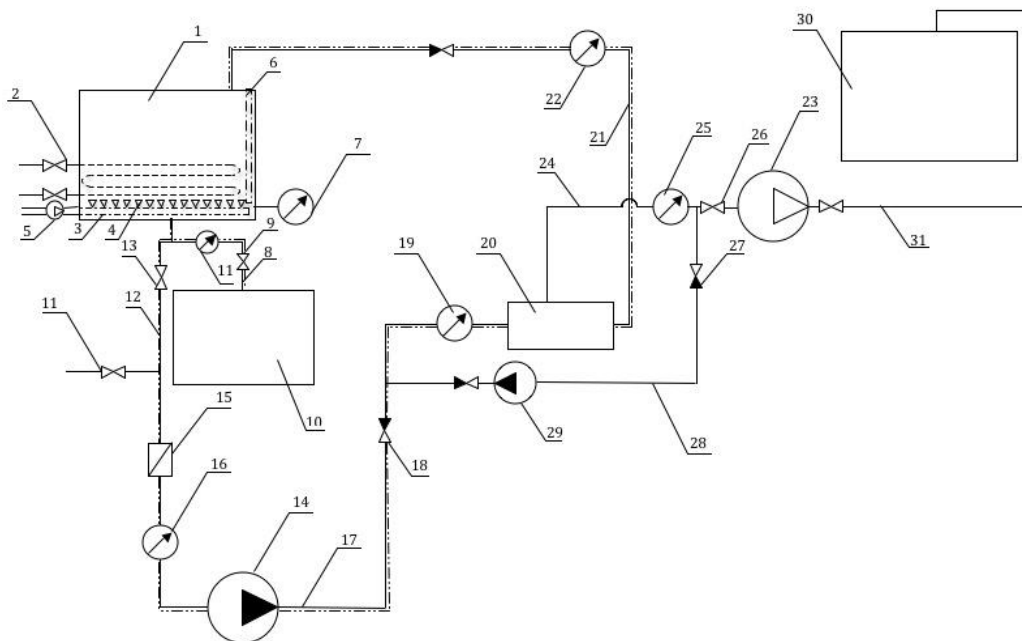


Рисунок 1 – Принципиальная схема судовой установки по очистки нефтесодержащих вод

1 – сервисный танк; 2 – змеевиковый подогреватель; 3 – воздушный трубопровод; 4, 9, 13, 18, 26, 27 – автоматический клапан; 5, 23 – компрессор; 6 – поплавковый уровнемер; 7 – термометр; 8, 17, 21, 24, 28, 31 – трубопровод; 10 – сборный танк; 11 – измеритель концентрации нефти; 12 – линия основного контура обработки судовых льяльных вод; 14 – центробежный насос; 15 – фильтрационная сетка; 16 – вакуумметр; 19 – манометр; 20 – кавитатор; 22, 25 – датчик концентрации; 29 – шестеренный насос; 30 – конденсационный танк

Сервисный танк 1 укомплектован змеевиковым подогревателем 2. Этот подогреватель служит для разогрева и/или поддержания на постоянном уровне температуры судовых нефтесодержащих вод. Обычно рабочий диапазон температуры составляет 30...80°C. Подогрев осуществляется с целью проведения предварительной флотации, в результате которой будет происходить плотностная стратификация льяльных вод. В этом случае будет иметь место разделение по высоте танка 1 исходной смеси на ее компоненты – осветленную воду и продукты нефтехимии. С целью интенсификации процесса предварительного разделения в танке 1 используется воздушная завеса. Создание пузырьковой завесы осуществляется из проложенного по дну танка 1 воздушного трубопровода 3. Для автоматического поддержания расхода воздуха на постоянном уровне на трубопроводе 3 установлена серия автоматических клапанов 4.

При эксплуатации судна всегда имеет место выпадение твердого осадка из судовых нефтесодержащих вод. Обычно высота отложений в период между очистками танка (в среднем от 7 до 9 месяцев) может достигать до 10 % от его высоты. По этой причине магистраль подачи воздуха 3 должна устанавливаться на высоте, равной от 14 до 17 % высоты танка. Сжатый воздух подается в воздушный трубопровод 3 при помощи компрессора 5. Для контроля за уровнем наполнения и температурой судовых нефтесодержащих вод в танке 1 используются поплавковый уровнемер 6 и термометр 7. Для отбора светлой воды после предварительного процесса флотации на высоте от 5 до 7 % верхнего уровня танка 1 подсоединяется трубопровод 8. На нем устанавливается автоматически управляемый клапан 9. По линии 8 светлая вода с малой концентрацией нефтепродуктов поступает в сборный танк 10. Для управления клапаном 9 на отводном трубопроводе 8 установлен измеритель концентрации нефти 11. При превышении установленного предельного значения концентрации нефтепродуктов этот датчик подает сигнал на закрытие клапана 9 и на открытие установленного на линии основного контура обработки судовых льяльных вод 12 автоматического клапана 13. Из танка 1 судовые льяльные воды отбираются при помощи центробежного насоса 14. На входе в насос установлена фильтрационная сетка 15 и вакуумметр 16. Фильтрационная сетка 15 предназначена для задержания крупных загрязняющих веществ и предметов (битумы, ветошь, бумага, металлическая стружка и т.д.) и обеспечивает бесперебойную и продолжительную эксплуатацию насоса 14. При помощи показаний вакуумметра 16 возможно судить о степени загрязнения фильтрационной сетки 15 и контролировать вакуум, создаваемый насосом 14 на линии всасывания. На трубопроводе 17, т.е. на линии нагнетания за насосом 14, для управления расходными характеристиками обрабатываемого потока судовых льяльных вод установлен автоматически управляемый вентиль 18. Также, за насосом установлен манометр 19, который в автоматическом режиме предоставляет данные о величине давления в рабочем контуре сепарационной установки. На основном рабочем трубопроводе 12 при помощи фланцевого соединения установлен основной технологический элемент судовой сепарационной установки – кавитатор 20. Он представляет собой специально спроектированную камеру, внутри рабочего канала которой, за счет локального падения давления (локального роста скорости) возникает и в последующем стационарно поддерживается гидродинамический процесс суперкавитации. Технологически кавитатор 20 выполнен в виде плоского канала состоящего из плавно сужающегося сопла, прямолинейного узкого участка и плавно расширяющегося диффузора. Конструкция кавитатора обеспечивает получение высоких скоростей потока и уменьшения давления, что является неотъемлемой составляющей процесса кавитации. На выходе из кавитатора 20 отделенные нефтесодержащие продукты попадают в трубопровод 21. На нем установлен блок измерения концентрации водной компоненты в нефтесодержащих продуктах 22. По трубопроводу 21 смесь поступает обратно в сервисный танк 1. При работе установки датчик концентрации 22 показывает степень очистки судовых нефтесодержащих вод и контролирует процесс их отделения.

Если концентрация водной компоненты не снизилась до заданного уровня, то процесс отделения будет продолжаться по описанному замкнутому контуру обработки. Циркуляция судовых нефтесодержащих вод должна поддерживаться до тех пор, пока датчик 22 не покажет заданную степень очистки воды.

В результате процесса холодного кипения, вызываемого кавитацией, внутри кавитатора получается холодный водяной пар. Из кавитатора 20 он отбирается при помощи компрессора 23 по трубопроводу 24. На линии всасывания 24 перед компрессором 23 установлен датчик измерения концентрации нефтепродуктов в водяном паре 25. Также, на линии всасывания установлен автоматически регулируемый клапан 26. Управление этого клапана осуществляется от датчика концентрации 25. Если концентрация нефтепродуктов в водяных парах превышает заданное значение, то датчик 25 подает сигнал на закрытие автоматическому клапану 26, и он закрывается. В этом случае происходит перепускание пара с нефтесодержащими примесями через автоматический невозвратный клапан 27 в трубопровод 28.

На линии 28 установлен шестеренный насос 29, который присоединен к нагнетательному трубопроводу 17. Если датчик концентрации 25 показывает нормальную концентрацию паров, т.е. отсутствие примесей нефтепродуктов, то пары отбираются компрессором 23 и попадают по трубопроводу 31 в сборный танк воды 30. В танке 30 пар конденсируется и переходит из газообразного в жидкое состояние. В последующем полученная вода из танка 30 может подаваться на хозяйственные нужды судна. В этом случае ее необходимо подвергать дополнительной санитарно-гигиенической обработке. Полученные продукты нефтехимии из сборного танка 1, можно также использовать в энергетических нуждах судна в качестве вторичных энергетических ресурсов.

Для управления всей защитно-регулирующей автоматикой сепарационной установки предусматривается установка электронного щита управления.

Выводы. Таким образом, в результате выполненных исследований были сделаны выводы о том, что:

1) разработанный новый метод сепарации позволяет очищать судовые нефтесодержащие воды с выходной концентрацией воды менее 5 млн^{-1} , что обеспечивает выполнение международных требований по предотвращению загрязнения морской среды с судов;

2) нефтепродукты (топливо и моторное масло), отделяемые из судовых нефтесодержащих вод разработанным способом суперкавитации, могут использоваться как вторичное топливо, направляемое на энергетические нужды судна (как правило, для работы судовой котельной установки);

3) разработанная установка для сепарирования судовых нефтесодержащих вод характеризуется малыми энергетическими затратами и обеспечивается стандартными трудозатратами на техническую эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонт.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ткаченко И.В. Использование кавитационного эффекта для повышения степени сепарации нефтесодержащих вод морских судов // American Scientific Journal, 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 62-66.

2. Ткаченко И.В. Очистка нефтесодержащих вод морских судов методом гидродинамической суперкавитации потока // Universum: Технические науки. – 2018. – Вып. 3(48). – С. 58-62.

КРИТЕРИИ ВЫБОРА СОРТА ТОПЛИВА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИМО ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СУДНА

Чередниченко А.К.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
(Украина)

Реализация мероприятий по выполнению требований законодательных актов ИМО (*International Maritime Organization*) по снижению выбросов CO₂ от объектов судоходства, непосредственно связана с повышением эффективности использования энергии топлива в судовой энергетической установке и применением альтернативных топлив.

Согласно резолюциям ИМО для каждого нового судна валовой вместимостью ≤ 400 т необходимо определять требуемый (*Required*) и достижимый (*Attained*) конструктивный индекс энергетической эффективности судна *EEDI* (*Energy Efficiency Design Index*), а также операционный индекс *EEOI* (*Energy Efficiency Operational Index*) при проектировании, постройке и эксплуатации судна [1]. *EEDI* вычисляется в зависимости от типа судна и дедвейта с учетом поправочного коэффициента, который постепенно будет ужесточаться вплоть до 2025 г. *Attained EEDI* вычисляется в соответствии с методикой ИМО и должен быть ≥ *Required EEDI*. Физический смысл индексов идентичен и представляет собой отношение массы произведенного энергетической установкой судна парникового газа CO₂ к величине транспортной работы судна:

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ emission}}{\text{Transport work}} = \frac{\text{Engine power} \times SFC \times C_F}{DWT \times \text{speed}}, \quad (\text{гCO}_2/\text{тонн} - \text{миль})$$

Для большинства транспортных судов основная составляющая выбросов CO₂ продуцируется главным двигателем. Как видно из анализа формулы, сокращение выбросов CO₂ может быть достигнуто как уменьшением расхода топлива (*Engine power* × *SFC*), так и применением топлива с низким содержанием углерода (учитывается индексом *C_F*). В условиях допущения, что мощность двигателя, дедвейт и скорость судна могут быть приняты постоянными, влияние на конструктивный индекс энергетической эффективности судна *EEDI* оказывают только удельный расход топлива *SFC* и коэффициент содержания углерода в топливе *C_F*

$$EEDI = K \times SFC \times C_F,$$

где

$$K = \frac{\text{Engine power}}{DWT \times \text{speed}}, \quad (\text{кВт}/\text{тонн} - \text{миль})$$

Удельный расход топлива обратно пропорционально зависит от низшей располагаемой теплотворной способности топлива *LCV* (*Lower calorific value*). Таким образом, при принятых допущениях, индекс *EEDI* является функцией от характеристик топлива:

$$EEDI = f(C_F, 1/LCV)$$

Современные малооборотные дизельные двигатели (МОД) являются основой судовой энергетики. Они имеют высокий КПД, превышающий 50 % и большую агрегатную мощность, что обеспечило возможность применения таких двигателей на большинстве типов морских транспортных судов. Наибольшее распространение в качестве топлива для судовых дизельных двигателей получило тяжелое топливо *HFO*. В настоящее время ведущие производители судовых малооборотных дизельных двигателей адаптировали свою продукцию для работы на метане и других альтернативных видах топлива.

На рис. 1 показаны результаты сопоставления LCV и C_F для тяжелого топлива HFO (его характеристики приняты за 1,00) с традиционными и альтернативными судовыми топливами.

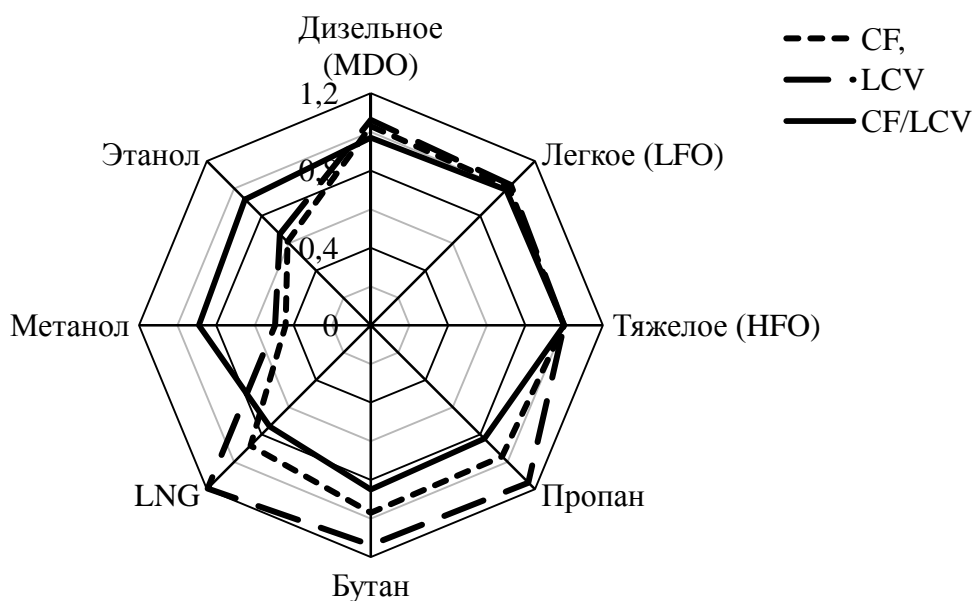


Рисунок 1 – Сопоставление характеристик топлива HFO и альтернативных топлив

Из анализа диаграммы следует, что применение газообразных топлив LPG и LNG позволяет при прочих равных условиях снизить индекс $EEDI$ на 15...17 % и 26 % соответственно, по сравнению с использованием HFO . Несмотря на то, что метанол и этанол является топливами с низким содержанием углерода, малая низшая располагаемая теплотворная способность таких топлив сдерживает эффективность их применения.

При работе двухтопливных МОД около 3–5 % приходится на запальную дозу жидкого топлива («пилотное» топливо), которым является MDO . Кроме того, газообразное топливо подается в двигатель под давлением 25...30 МПа, при этом затраты мощности на привод компрессорной установки составляют около 3 % мощности главного двигателя [2]. С учетом этих факторов применение в качестве судового топлива бутана, вместо традиционного HFO , обеспечивает снижения индекса $EEDI$ на 13 %, пропана – на 15 %, а сжиженного природного газа – на 24 %.

Выводы. Применение на судах газообразного топлива позволяет существенно снизить выбросы CO_2 от объектов судоходства. Расчеты показывают, что полученные значения конструктивного индекса энергетической эффективности позволят обеспечить требования ИМО, которые вступят в силу с 1 января 2025 года.

ЛИТЕРАТУРА

1. IMO Train the Trainer (TTT) Course on Energy Efficient Ship Operation. Module 2 – Ship Energy Efficiency Regulations and Related Guidelines. [Электронный ресурс]. – 2016.
2. Чередниченко, А. К. Повышение эффективности энергетических установок судов-газовозов применением термохимических технологий / А. К. Чередниченко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2017. – № 1. – С. 46–51. DOI: 10.20998/0419-8719.2017.1.09

ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ В ГОСПОДАРСТВАХ ПІВДЕННОЇ УКРАЇНИ

Шевченко В.В., Філіщук О.М., Осипенко В.О., Швацький С.В.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування
(Україна)

Вступ. Вибір та впровадження вітроенергетичних установок (ВЕУ) в степових зонах південної України являється перспективним напрямком використання енергії для фермерських господарств. В цих районах має місце дефіцит прісної води, тому що артезіанська вода з загальним солевмістом ($C=2\div 10$ г/л) і жорсткістю більш ніж ($Ж>10$ мг-екв/л) не відповідає Європейським стандартам.

Актуальність досліджень. Особливо нестачу прісної води відповідної якості відчувають фермерські господарства віддалені від штучних зрошувальних каналів та енергосистем. Цей дефіцит в прісній воді відповідної якості може бути покритий опрісненням солоних (солевміст більше 10 г/л) і солонуватих ($2\div 10$ г/л) підземних вод. Нестача прісної води може бути ліквідована за рахунок подачі її по трубопроводах чи каналах з районів, в яких вона є в надлишку. При водоспоживанні до 1000 м³/добу, опріснення солонуватої води на місці вигідніше ніж подача прісної води на відстань більшу за 40–50 км. Тому були проведені дослідження по вибору та впровадженню ВЕУ малої потужності з вибором ефективного метода опріснення артезіанської води [1,2].

Постановка задачі досліджень. Аналіз і вибір вітрогенератора малої потужності з урахуванням основних техніко-економічних показників в комплексі з електродіалізічним опріснювачем є перспективним напрямом для знесолення і пом'якшення артезіанської води до параметрів, що відповідають Європейським стандартам на опріснену воду.

Результати досліджень. При виборі ВЕУ і технології опріснення артезіанської води керувались умовами надійності, економічності та вимогами техніки безпеки в умовах експлуатації ВЕУ з електродіалізічним опріснювачем (ЕДО) прямопоточного типу.

Аналіз характеристик рози вітрів (рис.1) показує, що швидкість вітру для приведених районів Азово-Чорноморського басейну південної України стабільна на протязі/впродовж року і навіть в літній період швидкість вітру перевищує $v = 3$ м/с і складає по часу біля 20%, а в інші періоди часу (80%) напір вітру забезпечує розрахункову потужність для оптимальної роботи ВЕУ.

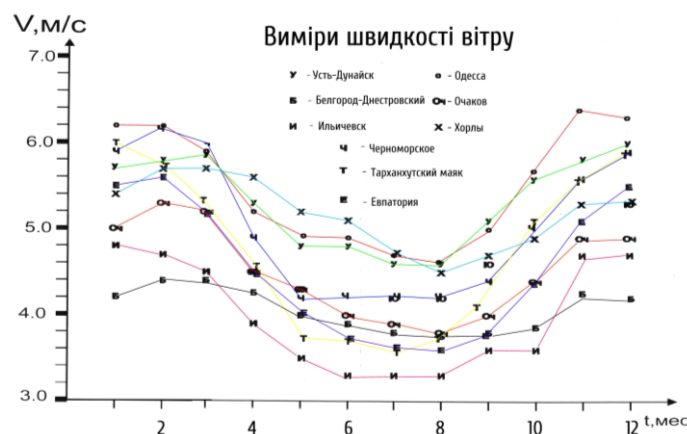


Рисунок 1 – Характеристика швидкості руху повітряних мас

Аналіз і розрахунок вітроустановок малої потужності показує, що існує декілька варіантів реалізації принципових схем ВЕУ, в умовах степової зони південної України, порівняльні характеристики яких з потужністю від 0,5 кВт до 5 кВт приведені в таблиці.

Таблиця – Порівняльні характеристики для вітрогенераторів в діапазоні потужності від 0,5 кВт до 5,0 кВт

Номінальна потужність/ максимальна потужність, Вт	500/700	1000/1500	2000/2800	3000/4200	5000/8500
Діаметр вітроколеса, м	2,5	2,8	3,8	4,0	5,5
Номінальна швидкість вітру, м/с	8,0	8,0	8,0	10,0	10,0
Робоча напруга, В	24, постійна	24, постійна	24, постійна	48, постійна	48, постійна
Тип генератора	трифазний на постійних магнітах	трифазний на постійних магнітах	трифазний на постійних магнітах	трифазний на постійних магнітах	трифазний на постійних магнітах
Вага, кг	46	70	88	327	357
Висота щогли, м	6,0	9,0	9,0	12,0	12,0
Рекомендовані акумулятори	12В /200 Ач 2 батареї	12В /200 Ач 4 батареї	12В /200 Ач 4 або 8 батареї	12В /200 Ач 8 або 12 батареї	12В /200 Ач 12 або 16 батареї

Розглянемо обраний вітрогенератор 5KW48В WINDTURBINE потужністю 5 кВт. Не дивлячись на існуючі негативні впливи, вітроенергетика є прогресивним напрямком діяльності в фермерських господарствах (особливо це стосується вітрогенераторів малої потужності, вплив яких на навколишнє середовище мінімальний).

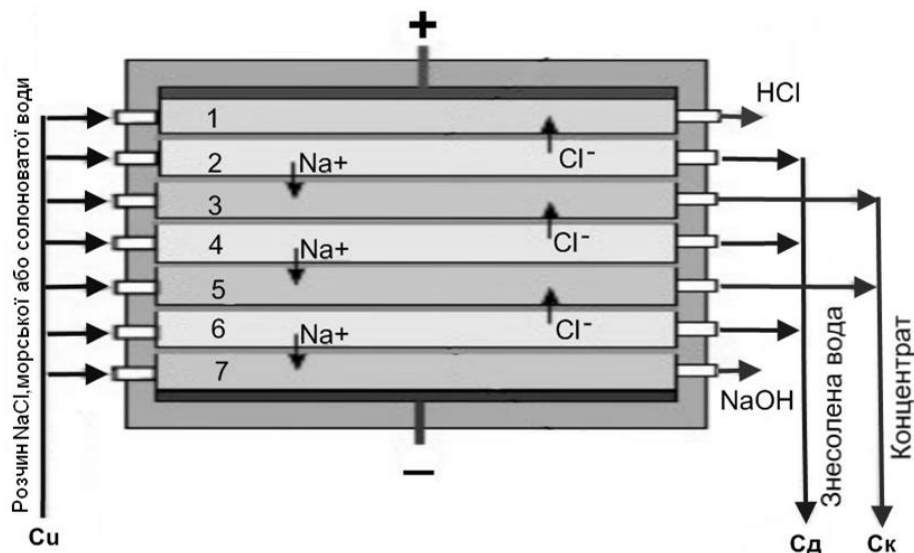


Рисунок 2 – Процес знесолення і концентрування водного розчину у багатоканальному ЕДО проточного типу

При виборі технології опріснення було прийнято електродіалітичний метод знесолення і пом'якшення підземної води з концентрацією солі до 10 г/л, що характерно/притаманно для степової зони південної України. Процес електродіалітичного

опріснення здійснюється в багатокамерних апаратах фільтрпресового типу, ідея якого була висунута авторами [3,4].

Процес масопереносу в електродіалітному осередку є основою багатокамерного електродіалітного опріснювача (ЕДО) [5], який приведений на рис. 2. На основі виконаних досліджень було розроблено універсальний модуль (продуктивністю $Q=2$ т/добу), за допомогою якого можливо збільшити продуктивність, якщо їх включити паралельно, а якщо включити послідовно, то можна отримати необхідну концентрацію на виході тракту знесолення [6,7].

На основі електродіалітного опріснювача можлива розробка замкнутого технологічного циклу, що дозволяє здобувати в додаток до опрісненої води господарсько-побутового призначення, додатково мінеральні солі з багатьма компонентами, а також газоподібний хлор, який можливо використовувати для знезараження води в умовах доставки або зберігання в ємностях.

Висновки

Вибір і впровадження ВЕУ дозволяє використовувати її як альтернативне джерело живлення електродіалітного опріснювача.

Статистичний аналіз рози вітрів районів південної України показує, що швидкість вітру стабільна на впродовж року (80% часу) і напір вітру забезпечує розрахункову потужність для оптимальної роботи ВЕУ.

Розробка універсального модуля дозволяє створити мобільний ЕДО з оптимальними ваго-габаритними показниками, який можливо використовувати як стаціонарно, так і на водному транспорті (катери, яхти і, в тому числі, морські судна)

Універсальність ЕДО полягає в тому що окрім опріснення, можливе його використання для осадження і концентрування компонентів, присутніх у водних розчинах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кивцов В.С. Неисчерпаемая энергия. Кн.2. Ветроэнергетика / В.С. Кивцов, А.М. Олейников, А.И. Яковлев. – Харьков: Нац. Аэрокосм. ун-т (ХАИ); Севастополь: Севастоп. Нац.техн. ун-т, 2004. – 519 с.
2. Марченко О.В., Соломин С.В. Экономическая эффективность ветроэнергетических установок в системах электро- и теплоснабжения. Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Сиб. энергет. ин-т им. Л.А. Мелентьева. – [Препер.]. – Иркутск: СЭИ, 1996. – 28 с.
3. Уилсон Д. Деминерализация методом электродиализа. – М.: Госатомиздат, 1963–13 – 26 с.
4. Гельферих Ф. Иониты. – М.: Иностран. лит. 1962 – 33 с.
5. Шевченко В.В., Величенко Г.П., Цвиклис В.С., Філіпшук О.М. Массоперенос и гидравлическое сопротивление в электродиализных опреснителях / Зб. наук. праць НУК, – Миколаїв: НУК, 2011. – № 2.
6. Шевченко В.В., Филипшук А.Н., Покорный В.В. Применение электродиализа для обессоливания и умягчения морской воды // Современные информационные и инновационные технологии на транспорте (MINTT – 2010: сб. научных трудов). – т.2 – Херсон: ХДМИ, 2010. – с. 271-272.
7. Шевченко В.В., Филипшук А.Н., Покорный В.В. Анализ и оценка целесообразности внедрения мембранной технологии в судовой энергетике. Судовые энергетические установки: научно-технический сборник. Вып. 16. – Одесса: ОНМА, 2006. – с. 24 – 31.

УДОСКОНАЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИФІКАТОРІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ВИСОКОМІЦНИХ ПОНТОНІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ДОКІВ

Щедролосєв О. В., Кириченко К. В.

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

Вступ. Умови роботи морських залізобетонних споруд (особливо плавучих доків) є значною мірою екстремальними. Залізобетонні конструкції плавучих доків піддаються всім відомим впливам навколишнього середовища через те, що вони експлуатуються у всіх кліматичних зонах земної кулі. Одночасно з цим конструкції плавучого доку зазнають наступних навантажень:

- постійні (вантажі на стапель-палубі, тиск води і т. ін.);
- статичні змінні (сили виштовхування води при прогині і перегині корпусу);
- динамічні змінні (удари, навали), внаслідок яких в бетоні виникають напруження різної величини і змінного напрямку.

Перевага залізобетону полягає в тому, що бетон сам добре працює на стиснення, а робота на розтягування забезпечується арматурною сталлю, яка захищена від дії агресивної морської води бетоном. В цьому випадку витрачається значно менше сталі, чим на сталевий корпус, оскільки виключається збільшення товщини конструкцій на корозію. Арматурний прокат дешевше профільного і листового. Оскільки залізобетон не кородує у воді, корпус понтона не вимагає фарбування і докування. Металеві башти можна пофарбувати і відремонтувати без докування і виведень доку з експлуатації, паралельно з проведенням в нім ремонту судна [1].

Актуальність досліджень. Бетон корпусів залізобетонних плавучих доків у всіх кліматичних зонах поперемінно зволожується і висушується, зазнає агресивної дії солей морської води – хімічної корозії в результаті реакції між цементним каменем і солями, розчиненими в морській воді.

В південних, субтропічних і тропічних морях дія хімічної корозії підсилюється високою температурою, вологістю при багаторазових і поперемінних зволоженнях і висиханнях. В північних і східних морях суднобудівний бетон в зимовий період багаторазово поперемінно заморожується і відтає.

Постановка задачі. У зв'язку з багатофакторними умовами експлуатації залізобетонних суден, а також розвитком напрямків використання залізобетонних плавучих засобів є актуальним розробка нових видів пластифікаторів з метою поліпшення якісних властивостей бетону.

Результати досліджень. Пластифікатори поділяються на 4 класифікації: сильні, слабкі, середні і суперпластифікатори [2]. За принципом дії пластифікатори поділяються на 2 види: гідрофільні і гідрофобізуючі [3]. Головна функція добавок першого виду полягає в підвищенні пластичних і текучих властивостей бетону [4]. Пластифікатори другого виду насичують бетонну суміш киснем, що в свою чергу знижує натяг вологи в розчині [5]. Розчин гідрофобізатора наноситься на поверхню будівельної конструкції. Глибина його проникнення тим більше, чим нижче його поверхневий натяг і в'язкість і чим вище пористість будівельного матеріалу. Стінки пір і всі частки матеріалу, що увійшли в контакт з розчином, обволікаються водовідштовхувальною плівкою гідрофобізатора. При цьому ні розміри пір, ні фактура поверхні твердого тіла не змінюються. При гідрофобізації розчином всі пори зберігаються відкритими, здатність змочуватися водою втрачають їх стінки, в той же час матеріал втрачає здатність капілярно всмоктувати воду [6]. Основним недоліком пластифікаторів є збільшення часу застигання бетонної суміші, що позначається на термінах, а в подальшому, і вартості будівництва.

Із добавок, що регулюють властивості бетонних сумішей, найбільшого застосування в технології гідротехнічного бетону набули пластифікуючі добавки.

Основне призначення повітровтягувальних добавок радикальне підвищення морозостійкості бетону в результаті створення раціональної системи повітряних бульбашок для вижимання частини води при заморожуванні.

Поряд із пластифікуючими та повітровтягувальними чи газовиділяючими добавками в сучасній технології гідротехнічного бетону все більшого застосування набувають й інші добавки-модифікатори. Прагнення універсалізувати дію добавок і підсилити їх технічний ефект обумовлюють застосування комплексних (композиційних) добавок-модифікаторів.

Для забезпечення тріщиностійкості бетону необхідне виконання умови [7]:

$$\sigma = \frac{\varepsilon_{np} E_y}{K_3},$$

де σ_p – розтягувальне напруження; E_y – модуль пружності бетону; K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3 \approx 1,2 \dots 2$); ε_{np} – гранична розтяжність бетону.

Гранична розтяжність бетону покращується із збільшенням міцності бетону при застосуванні цементів без мінеральних добавок, введенні до бетонну суміші поверхнево-активних речовин і полімерних добавок.

Для забезпечення необхідної тріщиностійкості масивного бетону обмежують також його усадочні деформації. Для гідротехнічного бетону при відносній вологості 60 % і температурі 18 °C у віці 28 діб лінійна усадка допускається зазвичай не більше 0,3 мм/м ($0,3 \cdot 10^{-3}$), а в 180 діб – 0,7 мм/м ($0,7 \cdot 10^{-3}$).

Залежно від умов експлуатації для бетону гідротехнічних споруд призначають відповідні марки за морозостійкістю і водонепроникністю. Відповідно до ДСТУ БВ.2.7-43-96 об'єм втягнутого повітря при морозостійкості бетону F 200 і вище повинен відповідати вимогам, приведеним в табл. 1 [7].

Таблиця 1 - Об'єм втягнутого повітря, що рекомендується для гідротехнічного бетону з підвищеною морозостійкістю (F>200)

Максимальна крупність заповнювача, мм	Об'єм втягнутого повітря у бетонній суміші, % при в В/Ц		
	менше 0,41	0,41...0,50	більше 0,50
10	2...4	3...5	5...7
20	1...3	2...4	4...6
40	1...3	1...3	3...5
60	1...3	1...3	2...4

Марку бетону за водонепроникністю призначають залежно від величини градієнта напору, тобто відношення максимального напору води до товщини відповідної зони споруди. При напірному градієнті до 5 і температурі контактуючої зі спорудою води до 10 °C призначається марка бетону за водонепроникністю W2; 5...10 °C – W4; 10...15 °C – W<6; 15...20 °C – W8 і 20...30 °C – W10. При температурі води понад 10 до 30 °C призначені марки бетону за водонепроникністю збільшуються на одну ступінь при відповідних значеннях напірних градієнтів. Ще на один ступінь (відповідно від W6 до W12) марки бетону за водонепроникністю збільшуються при температурі води понад 3 °C. У безнапірних конструкціях морських споруд проектна марка бетону за водонепроникністю повинна бути не нижче W4. Для конструкцій із градієнтом напору понад 30 призначають марки бетону за водонепроникністю W16 і вище

Ряд пластифікаторів істотно збільшує рухливість бетонної суміші, однак сповільнює в ранньому віці ріст міцності бетону чи викликає підвищене залучення повітря. Для збереження міцності бетону даного складу з добавкою на рівні не нижче

міцності вихідного бетону без добавки необхідно зменшити водоцементне відношення в бетонній суміші і, отже, деякою мірою понизити її рухливість. Реальний технічний ефект від застосування таких добавок може бути невеликий. Для його оцінки пропонується ввести поняття ефективної пластифікуючої дії, під яким розуміється та величина пластифікуючого ефекту, що досягається від застосування добавки без зниження міцності бетону.

До першої категорії пластифікаторів – суперпластифікаторів – можна віднести добавки, застосування яких в оптимальних дозуваннях дозволяє одержувати з малорухомих бетонних сумішей з осіданням конуса 2...3 см високорухливі бетонні суміші. В яких осідання конуса 20 см і більше без зниження міцності бетону у віці 28 діб нормального твердіння в порівнянні з міцністю бетону такого ж складу, але без добавок.

Для бетонів, що виготовляються за конкретною технологією, у тому числі тих, що піддаються тепловологистій обробці, ефективна пластифікуюча дія добавки може бути трохи іншою. Вибір пластифікатора визначеної категорії проводиться розрахунком техніко-економічної ефективності його застосування в конкретному технологічному процесі.

Суперпластифікатор С-3 також є основою для виготовлення комплексних добавок різного виду. Суперпластифікатор С-3 рекомендується застосовувати:

- при виробництві всіх видів конструкцій з монолітного важкого бетону класів (за міцністю на стискання) В15 і вище;
- при виготовленні усіх видів збірних залізобетонних конструкцій і бетонних виробів з важкого бетону класів (за міцністю на стискання) В15 і вище;
- при виробництві всіх видів конструкцій з монолітного дрібнозернистого бетону класів (за міцністю на стискання) В10 і вище;
- при виготовленні усіх видів збірних залізобетонних конструкцій і бетонних виробів на пористих заповнювачах класів (за міцністю на стискання) В7,5 і вище.

Пластифіковані бетонні суміші з високою зручністю укладання рекомендується застосовувати в густо армованих конструкціях, тонкостінних конструкціях, конструкціях складної конфігурації і т. п.

Висновки. Наведено класифікацію пластифікаторів за принципом дії. Описані переваги та недоліки використання різних типів пластифікаторів. Наведено умови забезпечення тріщиностійкості бетону.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рашковський О.С. Проектування, технологія і організація побудови композитних плавучих доків [Текст] / О.С. Рашковський, О.В. Щедролюсєв, Д.В. Єрмаков, О.М. Узлов. - Навч. посіб. Миколаїв, 2015. - 254 с.
2. Захаров С.А. Оптимизация составов бетонов высокоэффективными поликарбоксилатными пластификаторами / С.А. Захаров // Строительные материалы. – 2008. – №3. – С. 42–43.
3. Дудынов С.В. Экономически безвредный пластификатор строительного назначения / С. В. Дудынов // Вестник Мордовского университета. - 2003. - № 1-2. - С. 138-145.
4. Топчий Ю.С. Модифицированный белковый пластификатор для цементных систем / Ю.С. Топчий, Д.М. Хабиров // Технологии бетонов. - 2013. - № 11(88). - С. 46-47.
5. Ружицкая А.В. Влияние добавок-пластификаторов на свойства белого портландцемента, / А.В. Ружицкая, Е.Н. Потапова // Инновационная наука. Техника и технология силикатов. - 2009. – Т. 16. - С. 14-23.
6. Орендлихер Л.П. Способы оценки влияния поверхностной гидрофобизации бетона и модифицирующих его структуру добавок / Л. П. Орендлихер, И. П. Новикова, И. И. Лифанов, Э. Н. Юрченко // Бетон и железобетон. - 1991. - № 2 (431). - С. 28-30.
7. Дворкін Л.Й. Проектування складів бетонів / Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін. – Монографія. Рівне: НУВГП, 2015. – 353 с.

СЕКЦІЯ:

**КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ
ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ**

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ ПО ЭКВАТОРИАЛЬНЫМ КООРДИНАТАМ СВЕТИЛА И ЕГО ВЫСОТЕ

Абрамов Г.С., Ляшенко В.Г.

*Херсонская государственная морская академия
(Украина)*

В курсе мореходной астрономии одно из ключевых мест занимает задача вычисления высоты и азимута светила по заданным значениям широты, склонения и часового угла [1,2]. Для решения параллактического треугольника должны быть известны три его элемента. На практике чаще всего бывают заданы широта места (φ) и склонение светила (δ); третьим элементом служит часовой угол светила (t) или его высота (h).

При этом могут быть использованы две системы уравнений:

$$\begin{cases} \sinh = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \\ \operatorname{ctg} A = \operatorname{tg} \delta \cos \varphi \operatorname{cosec} t - \sin \varphi \operatorname{ctg} t \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \operatorname{tg} A = \frac{\sin t}{(\operatorname{tg} \delta - \operatorname{tg} \varphi \cos t) \cos \varphi} \\ \operatorname{cosh} = \frac{\sin t \cos \delta}{\sin A} \end{cases} \quad (2)$$

Уравнения системы (1) независимы, в то время как уравнения системы (2) – зависимы (сначала нужно вычислить азимут, после чего – высоту светила)

Представляется возможным (а для моряков, терпящих бедствие, и более чем необходимым) решить следующую задачу: по известным экваториальным координатам светила – склонению δ и часовому углу t , измерив наблюдаемую высоту светила h , определить широту места наблюдения φ .

Для этого в распоряжении моряка должен быть секстан для определения h и соответствующие таблицы (МАЕ или Nautical Almanac) для нахождения δ и t . Необходимы также определённые вычислительные средства, однако в этом не должно быть затруднений, т. к. на современных часах у моряков есть и инженерные калькуляторы и гигабайты памяти.

Приведём два способа преобразования первого уравнения системы (1).

Первый способ:

$$\sinh = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos t \quad (3)$$

Введём универсальную тригонометрическую подстановку:

$$z = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}; \quad \sin \varphi = \frac{2z}{1+z^2}; \quad \cos \varphi = \frac{1-z^2}{1+z^2};$$

Тогда уравнение (3) примет вид:

$$\sinh = \frac{2z}{1+z^2} \sin \delta + \frac{1-z^2}{1+z^2} \cos \delta \cos t$$

Элементарными преобразованиями можно получить следующее квадратное уравнение относительно z :

$$(\sinh + \cos \delta \cos t)z^2 - 2 \sin \delta \cdot z + \sinh - \cos \delta \cos t = 0 \quad (4)$$

Дискриминант этого уравнения:

$$D = 4[\sin^2 \delta - (\sin^2 h - \cos^2 \delta \cos^2 t)]$$

Условию $D \geq 0$ соответствует неравенство:

$$\begin{aligned} \sin^2 \delta - \sin^2 h + \cos^2 \delta \cos^2 t &\geq 0, \\ \text{т. е. } \sin^2 \delta + \cos^2 \delta \cos^2 t &\geq \sin^2 h \end{aligned} \quad (5)$$

Решение уравнения (4):

$$z_{1,2} = \frac{\sin \delta \pm \sqrt{\sin^2 \delta - \sin^2 h + \cos^2 \delta \cos^2 t}}{\sinh + \cos \delta \cos t} \quad (6)$$

Далее: $z = \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}$; $\frac{\varphi}{2} = \operatorname{arctg} z$; $\varphi = 2 \operatorname{arctg} z$;

Приведём пример расчёта по (6) для стандартной тестовой задачи, в которой $\varphi = 46^\circ 37' N$.

Пусть $\delta = 23^\circ 26' N$; $t = 29^\circ 35,1' E$; $h = 56^\circ 50,2'$;
 $\sin \delta = 0,3977$; $\cos \delta = 0,9175$; $\sinh = 0,8371$; $\cosh = 0,5470$; $\cos t = 0,8696$.

Проверяем условие (5):

$$\sin^2 \delta + \cos^2 \delta \cos^2 t = 0,6366 + 0,1588 = 0,7948; \quad \sin^2 h = 0,7007;$$

таким образом условие (5) выполняется.

$$\begin{aligned} \sqrt{\sin^2 \delta - \sin^2 h + \cos^2 \delta \cos^2 t} &= 0,30676; \\ \sinh + \cos \delta \cos t &= 0,8371 + 0,79786 = 1,63496; \end{aligned}$$

$$z_{1,2} = \frac{0,3977 \pm 0,30676}{1,63496} = \begin{cases} 0,43087; \\ 0,05562; \end{cases}$$

$$\operatorname{arctg} 0,43087 = 23,31^\circ = 23^\circ 18,6';$$

$$\varphi_1 = 2 \operatorname{arctg} 0,43087 = 46^\circ 37,2';$$

$$\varphi_2 = 2 \operatorname{arctg} 0,05562 = 2 \cdot 3,18^\circ = 6,36^\circ;$$

Естественный выбор из двух решений для моряка должен быть очевиден (он точно должен иметь представление: находится он в средних или экваториальных широтах).

Второй способ:

Представим уравнение (3) в виде:

$$\sinh - \sin \varphi \sin \delta = \sqrt{1 - \sin^2 \varphi} \cos \delta \cos t, \text{ откуда}$$

$$\sin^2 h - 2 \sinh \sin \varphi \sin \delta + \sin^2 \varphi \sin^2 \delta = (1 - \sin^2 \varphi) \cos^2 \delta \cos^2 t$$

Получаем квадратное уравнение относительно $\sin \varphi$:

$$\sin^2 \varphi (\cos^2 \delta \cos^2 t + \sin^2 \delta) - 2 \sinh \sin \delta \sin \varphi = \cos^2 \delta \cos^2 t - \sin^2 h$$

Его решение:

$$\sin \varphi = \frac{\sinh \sin \delta \pm \sqrt{\sin^2 h \sin^2 \delta + (\cos^2 \delta \cos^2 t + \sin^2 \delta)(\cos^2 \delta \cos^2 t - \sin^2 h)}}{\cos^2 \delta \cos^2 t + \sin^2 \delta} \quad (7)$$

Для приведенных выше исходных данных:

$$\sinh \sin \delta = 0,8371 \cdot 0,3977 = 0,3329;$$

$$\cos^2 \delta \cos^2 t = 0,9175^2 \cdot 0,8696^2 = 0,8418 \cdot 0,7562 = 0,6366$$

$$\cos^2 \delta \cos^2 t + \sin^2 \delta = 0,6366 + 0,1582 = 0,7948$$

$$\cos^2 \delta \cos^2 t - \sin^2 h = 0,6366 - 0,7007 = -0,0641$$

$$\sin \varphi = \frac{0,3329 \pm \sqrt{0,1108 - 0,7948 \cdot 0,0641}}{0,7948} = \frac{0,3329 \pm 0,2446}{0,7948} = \begin{cases} 0,7266 \\ 0,1111 \end{cases}$$

$$\varphi_1 = \arcsin(0,7266) = 46,61^\circ = 46^\circ 36,6' N$$

$$\varphi_2 = \arcsin(0,1111) = 6,4^\circ$$

Погрешность полученных решений, связанная с округлениями, составляет 0,2'-0,4', что можно считать вполне приемлемым результатом.

По полученным решениям (6)-(7) можно составить программу табулирования функций (морьяки-судоводители умеют и любят работать с таблицами) с достаточно мелким шагом по склонению δ , часовому углу t и высоте h . Поскольку таблицы трёхпараметричны, то необходимо их рассчитывать отдельно для каждого значения h (в шапке таблицы будут значения склонения и часового угла). Таблицами можно будет воспользоваться при отсутствии вычислительных средств и для предварительной экспресс-оценки широты.

На основе табулированных данных можно также составить многомерные массивы для процедуры их последовательной аппроксимации, например, степенными полиномами. Если аппроксимация позволит обеспечить приемлемую точность определения широты, то её результаты можно будет визуализировать с помощью построения номограмм, которые упрощают работу с многопараметрическими функциями и удобны для быстрого практического использования.

Работа над этими задачами безусловно будет способствовать повышению знаний, навыков и компетентностей курсантов и студентов.

Таким образом, показана практическая возможность использования формул параллактического треугольника для решения задачи: по известным экваториальным координатам светила и его наблюдаемой высоте определить широту места наблюдения.

Рассмотренная задача может быть имплементирована в курс практических занятий по мореходной астрономии как пример жизненно важного решения в чрезвычайных условиях: определения широты по экваториальным координатам и наблюдаемой высоте светила. Не лишним будет напомнить о том, как важно в этом случае точно идентифицировать светило: ошибка в его определении сведёт на нет все предпринятые вычислительные усилия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Задачник по мореходной астрономии под ред. проф. Л. Ф. Черниева. М., «Транспорт», 1986, 208с.
2. И. В. Сокол, Э. Н. Пятаков, Основы мореходной астрономии, Херсон: ОЛДИ, 2006, 208с.

ЦІННІСНО-КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ НА ОСНОВІ ОСВІТНІХ МУЛЬТИПРОЕКТІВ

Григорян Т.Г., Торубара В.В.

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)*

В умовах глобалізації світової економіки розвиток транспортної галузі є одним із пріоритетних напрямків державної політики України. Визначаючи галузеві проблеми найчастіше вказують на недостатнє фінансування й застарілу матеріальну базу [3]. При цьому, як в транспортній, так і в багатьох інших технологічних галузях держави в останнє десятиліття спостерігається стабільна нестача кваліфікованих фахівців [2]. Це обумовлено нівелюванням якості процесу навчання, збільшенням цінової доступності й розповсюдженням вищої освіти, падінням престижу середньої професійної освіти, демографічною кризою й недостатнім фінансуванням навчальних закладів.

Традиційна освіта передбачає, що викладач не тільки передає учням знання, а й формує ціннісний світогляд. У той же час на протязі всього ХХ століття, змінювався сам підхід до освіти, трансформувавшись на початку ХХІ століття у концепцію безперервного навчання, що орієнтоване на оперативне формування необхідного кадрового складу.

Як наголошується в доповіді Римського клубу, на сучасному етапі розвитку освіти, відбувається перехід від придбання студентом знань до формування його професійних компетенцій в рамках обраної освітньої траєкторії на основі ціннісних установок [6].

Одним з можливих шляхів вирішення проблеми забезпечення якості вищої освіти є застосування ціннісно-компетентісного підходу (ЦКП). В рамках даного підходу в процесі навчання, відповідно до ціннісних установок всіх учасників освітнього процесу, фахівець повинен опанувати певними компетенціями: загально-професійними, професійними, ключовими професійними, предметно-цикловими й предметними. Крім цих компетенцій також в процесі освіти сучасний фахівець повинен постійно розвивати компетенції лідера, управлінця й дослідника.

Сучасна підготовка фахівців у транспортній галузі може та повинна розглядатися й управлятися як проект, оскільки вона володіє відповідними ключовими характеристиками: наявністю мети, унікальністю, обмеженістю за часом. З точки зору проектного підходу комплексна підготовка фахівця, і тим більше науковця в галузі управління транспортом, є освітнім мультипроектом [5].

У рамках кластерної взаємодії науки, бізнесу й держави, саме університету відводиться роль експертного майданчика для прийняття ключових рішень та створення цінності для зацікавлених сторін. При цьому найважливішим завданням є формування критичної маси фахівців, здатних ініціювати проекти та забезпечувати їх виконання для реалізації якісних змін в транспортній галузі.

Необхідно враховувати, що в умовах «турбулентного» оточення мультипроекта підготовки галузевих фахівців, що характеризується високою динамікою, застосування ЦКП має базуватися на інструментах, які дозволяють ефективно і результативно керувати ними. До цих інструментів відносяться сучасні методи і засоби ціннісно-орієнтованого управління проектами: понятійний апарат, методи і моделі ідентифікації, структуризації, проектування, гармонізації та управління міграцією цінності [1, 4].

Застосування ЦКП в управлінні проектами та програмами під час підготовки фахівців в транспортній галузі дозволить на основі інструментів ідентифікації та проектування цінності забезпечити її максимізацію для кожної зацікавленої сторони протягом життєвих циклів проектів. А інструменти гармонізації цінності й управління її міграцією стануть запорукою забезпечення результативності таких проектів.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на:

- розробку моделей гармонізації цінності для трьох й більше зацікавлених сторін;
- вдосконалення моделей управління міграцією цінності в складних проектах;
- аналіз й адаптацію методів управління м'якими проектами, якими, безумовно, є мультипроекти підготовки фахівців транспортної галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Григорян, Т. Г. Развитие понятийного аппарата ценностно-ориентированного управления конфигурацией продуктов проектов / Т. Г. Григорян // Зб. наук. пр. НУК. – Миколаїв.: Вид-во НУК. – 2014. – № 6/446. – С. 48-53.
2. Лебедева А. Кадровий голод: чому в Україні не вистачає кваліфікованих робітників [Електронний ресурс] / А. Лебедева – Режим доступу до ресурсу: <https://mind.ua/openmind/20179978-kadrovij-golod-chomu-v-ukrayini-ne-vistachae-kvalifikovanih-robotnikiv>.
3. Стратегические направления развития транспорта в Украине [Електронний ресурс] // Транспорт. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://transport-journal.com/news/stratycheskye-napravlenyya-razvytyya-transporta-v-ukrayne/>.
4. Grigorian T. G., Titov S. D., Gayda A. Y., Koshkin V. K. (2018) A General Game-Theoretic Approach to Harmonization the Values of Project Stakeholders. In: Shakhovska N., Stepashko V. (eds) Advances in Intelligent Systems and Computing II. CSIT 2017. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 689. Springer, Cham
5. Torubara, V. The structure and features of the life cycles of scientific potential formation multi-projects / T. Grigoryan, V. Torubara. // Project management in a transition to a behavioral economy: The Proceedings of the XV International Research Conference. – 2018. – С. 156–157.
6. Weizsaecker, von E., Wijkman, A. Come On! Capitalism, Short-termism, Population and the Destruction of the Planet. — Springer, 2018. — 220 p.

ВАНТАЖНИЙ ПЛАН СУДНА – ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА СФЕРИ КОМПЕТЕНТНОСТІ СУДНОВОДІЯ

*Нестеренко В.Б., Завальнюк О.П., Завальнюк І.П.
Херсонська державна морська академія
(Україна)*

Вступ. Компетентнісний підхід у підготовці фахівців морської галузі, зокрема судноводіїв, вже декілька років є провідним напрямом у навчальному процесі Херсонської державної морської академії.

Актуальність досліджень. Бакалавр судноводіння – це фахівець, який згідно із вимогами Міжнародної конвенції ПДНВ-78/95/10 [1], здатний виконувати ряд важливих функцій, серед яких слід відзначити: планування і забезпечення завантаження, розміщення, кріплення і розвантаження вантажів, а також поведження з ними під час рейсу; управління операціями судна та піклування про людей на судні на рівні експлуатації та управління, включаючи розв'язання задач, які виникають під час аварійних ситуацій, пов'язаних з остійністю та міцністю судна.

В освітній програмі підготовки судноводія передбачений класичний навчальний курс «Теорія та будова судна», який є базовим і покликаний забезпечити судноводія знаннями, вміннями і навичками контролювати остійність та міцність судна під час його експлуатації, забезпечуючи плавання судна в різних умовах.

Відповідно до [2] «компетентність – динамічна комбінація знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти». Спеціальні (фахові, предметні) компетентності згідно із [3] – це «компетентності, що залежать від предметної області, та є важливими для успішної професійної діяльності за певною спеціальністю».

До сфер компетентності судноводія відповідно до [1, 4] слід віднести: «Планування і забезпечення завантаження, розміщення, кріплення і розвантаження вантажів, а також поведження з ними під час рейсу» та «Контроль за посадкою, остійністю і напруженнями в корпусі» (2.1 Plan and ensure safe loading, stowage, securing, care during voyage and unloading of cargoes. 3.1 Control trim, stability and stress).

Таким чином, загальною оцінкою підготовки фахівця морської галузі стає «компетентність», яку курсант має продемонструвати після закінчення зазначеного вище навчального курсу. Спеціальними компетентностями, які опановуються у дисципліні «Теорія та будова судна», є:

- планування і забезпечення завантаження, розміщення, кріплення і розвантаження вантажів, а також збереження їх під час рейсу;
- оцінка виявлених дефектів і пошкоджень у вантажних приміщеннях, на люкових кришках і в баластних танках та прийняття відповідних рішень;
- контроль за посадкою, остійністю і напруженнями в корпусі судна;
- нагляд за завантаженням, розміщенням, кріпленням і розвантаженням вантажів, а також збереження їх під час рейсу;
- перевірка і повідомлення про дефекти та ушкодження вантажних приміщень, люкових закриттів і баластних танків;
- підтримання судна у морехідному стані.

Зважаючи на даний перелік спеціальних компетентностей судноводія, досить актуальною для викладача спеціального морського навчального закладу є проблема побудови дисципліни «Теорія та будова судна» таким чином, щоб курс носив більше прикладний характер, ніж теоретичний, відповідав світовим тенденціям професійного

розвитку морського фахівця, а саме: «Continuing Professional Development (CPD)» [6] та мав єдиний практичний і прикладний стрижень побудови, яким у даному випадку є вантажний план судна.

Ще у минулому столітті класичний курс теорії та будови судна зазвичай ґрунтувався на фундаментальних працях відомих морських фахівців, таких як: Крилов А.М., Сизов В.Г., Бекенський Б.В., Максимаджи О.І. та інших. Курсанти спеціальних морських навчальних закладів отримували добру ґрунтовну підготовку, але здебільшого наявні теоретичні знання застосовувалися ними на практиці з труднощами.

Постановка задачі. На підставі аналізу структури і змісту навчального курсу «Теорія та будова судна» освітньої програми підготовки бакалавра судноводіння довести, що вміння і навички складання вантажного плану судна є підсумком, який завершує перший етап формування компетентності судноводія у сфері знань, вмінь і навичок, що стосуються перевезення вантажів.

Результати досліджень. Головною задачею викладання курсу «Теорія та будова судна» є розвиток у курсантів-судноводіїв компетентності в рамках другої і третьої функцій ПДНВ-78/95/10, рівнів експлуатації та управління [1]. Тому авторами – розробниками навчальної програми було внесено до її змісту повний перелік відповідних тематик і питань з [4, 5]. Крім того, дисципліна поділяється на два основних розділи: «Будова судна» і «Теорія судна». Лекційні теми повторно винесені для опрацювання на лабораторних і практичних заняттях, що дозволяє закріпити теоретичний матеріал та набути курсантами певних вмінь і навичок.

Стрижем даної навчальної дисципліни в об'ємі начального курсу є курсова робота, де сформульовані задачі планування завантаження судна в різних умовах плавання, в тому числі, в ситуаціях змінної густини морської води, обмежених глибин в портах і підхідних каналів, особливостей вантажів, їх якостей, небезпеки і транспортних характеристик.

Для отримання навичок планування завантаження суден, авторами розроблені методичні рекомендації до виконання курсової роботи «Вантажний план судна», які базуються на стандартних, оригінальних документах: Інформації про остійність і міцність судна для капітана (Stability booklet), таблицях відстаней, довідниках для заходу суден в порти, описах вантажів, а також навігаційних картах тощо.

Підґрунтям роботи з курсантами є Міжнародні конвенції СОЛАС, МАРПОЛ, Міжнародна конвенція про вантажну марку, Міжнародний кодекс про початкову остійність суден, МОПОГ, Кодекси безпечного перевезення навалювальних вантажів, зернових, лісових вантажів, контейнерів та інших. Навчальна лабораторія «Теорія та будова судна і безпека мореплавства» ХДМА (за аналогією з бібліотекою морського судна) оснащена повним переліком оригінальних фахових документів, тому курсанти мають можливість прямого доступу до них при необхідній самостійній роботі. Так бібліотека навчальної лабораторії налічує ті ж самі оригінальні видання, що і суднова, тому важливо, що курсанти вже на початку своєї практичної діяльності користуються і відпрацьовують майстерність роботи з посібниками, актуальними на діючому флоті.

Теми курсових робіт формуються для різних типів суховантажних суден: балкери, універсальні судна, контейнеровози, а також для наливних суден в різних умовах плавання. Навчальна лабораторія «Теорія та будова судна і безпека мореплавства» забезпечена в повному обсязі відповідними Інформаціями про остійність судна для капітана. Таким чином, всі сумлінні курсанти (студенти), прослухавши курс лекцій з дисципліни і систематично відвідуючи лабораторні та практичні заняття, успішно виконують курсову роботу згідно із заздалегідь затвердженим індивідуальним варіантом.

Робота з оригіналами документів викликає особливий підвищений і жвавий інтерес до навчання, стимулює слухачів до пізнання, є живою і максимально наближена до реальних умов роботи штурмана на вантажному судні. Досвід авторів свідчить про те, що

більшість курсантів денної форми навчання виконують курсову роботу із складання вантажного плану сумлінно, з живим інтересом, добре засвоюючи матеріал і глибоко розбираючись у темі. Студенти заочної форми навчання також досить успішно справляються з роботами навіть під час перебування у рейсі. Часті випадки, коли заочники протягом свого рейсу, виконуючи курсову роботу і отримуючи консультації викладачів з берега, заслугоували особливої прихильності старших командирів.

На рис. 1 представлено схему – алгоритм виконання вантажного плану судна, детально аналізуючи яку, можна скласти уявлення про повне застосування знань і вмінь із всього курсу теорії та будови судна, комплексність задачі, яка розв'язується судоводієм, як протягом вивчення навчальної дисципліни, так і в подальшій професійній кар'єрі.

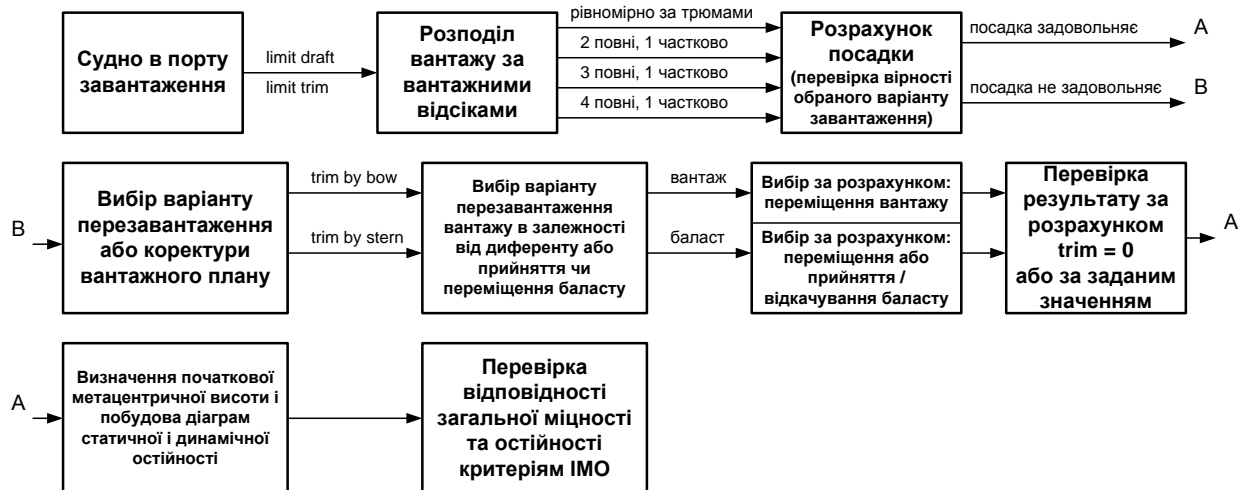


Рисунок 1 – Алгоритм виконання вантажного плану судна

Висновки. На підставі аналізу навчального курсу «Теорія та будова судна» освітньої програми підготовки бакалавра судноводіння, а також багаторічного досвіду його викладання авторами встановлено, що вміння і навички складання вантажного плану судна є важливою складовою формування сфери його компетентності. Кожний новий, самостійно зроблений судоводієм, вантажний план судна – це елемент «Continuing Professional Development» та доведення сучасної світової тенденції «lifelong learning». У подальшому авторами заплановано створення навчального посібника з теорії та будови судна, наскрізною темою якого має стати саме складання вантажного плану судна. Також автори вважають, що назву дисципліни можливо і слід представляти більш конкретно: «Плавуність та остійність судна», так як тут курсантами розглядаються виключно практичні питання, які охоплюють саме ці морехідні якості судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. – Лондон.: ИМО. «Эшфорд Пресс», 2011. – 450 с.
2. Закон України Про вищу освіту [Електронний ресурс] / Закони Верховної Ради України. – Режим доступу до сайту: <http://zakon.rada.gov.ua/>. – Назва з екрану.
3. Балуба І. Методичні рекомендації щодо розроблення стандартів вищої освіти / Балуба І., Бахрушин В., Бойко Г. та ін. – Київ: МОН України, 2016. – 29 с.
4. Model Course 7.01 Master and Chief Mate. – London: IMO, 2014. – 352 p.
5. Model Course 7.03 Officer in charge of a navigational watch. – London: IMO, 2014. – 274 p.
6. Continuing Professional Development (CPD) [Електронний ресурс] / The Nautical Institute. – Режим доступу до сайту: <http://www.nautinst.org/>. – Назва з екрану.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ В MS EXCEL

Терещенкова О.В., Стрелковская Л.О., Пуляева А.В.
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Использование современных информационных технологий в образовании – это уже не новшество, а необходимость сегодняшнего дня. Современное общество неразрывно связано с процессом информатизации. Компьютерные технологии открывают совершенно новые технологические варианты обучения, связанные с уникальными возможностями современных компьютеров.

Специалисты, обеспечивающие работу энергетического и электротехнического оборудования, в силу своей профессиональной деятельности находятся в зоне повышенной ответственности. Некомпетентность специалиста в этой области может привести к гибели людей и нанести вред.

Использование информационных технологий в подготовке будущих электромехаников помогает интенсифицировать учебный процесс, оптимизировать его, заинтересовать курсантов к изучению не только информационных технологий, но и показать возможность их использования при изучении спецпредметов, реализовать идеи развивающего обучения, повысить темп учебного занятия, увеличить объём самостоятельной работы. Применение компьютера в учебном процессе способствует развитию логического мышления студента, культуры умственного труда, формированию навыков самостоятельной работы, а также оказывает существенное влияние на мотивационную сферу учебного процесса.

В статье приводятся описание алгоритма и методика его реализации для динамического моделирования электрических схем в среде электронных таблиц MS Excel. Разработка полезна в качестве тренажёра для построения и работы электрических схем при подготовке электромехаников.

Компетентности электромеханика. Каждый кандидат на получение диплома электромеханика должен продемонстрировать умение решать задачи, выполнять обязанности и нести ответственность. Технически обслуживать и ремонтировать электрическое и электронное оборудование.

Электромеханик должен знать и уметь производить техническое обслуживание и ремонт оборудования электрических систем, распределительных щитов, электродвигателей, генераторов, электрических систем постоянного тока и оборудования. Его профессиональные компетенции заключаются в умении обнаружить электрические неисправности, определить причину отказа оборудования и предпринять меры по предотвращению повреждений [1].

Постановка задачи. Электромеханик в своей профессиональной деятельности обслуживает, регулирует и настраивает очень сложную аппаратуру. Очевидно, чем сложнее аппаратура, тем больше вероятность её поломки или отказа в работе. Основная задача электромеханика – устранить проблему, возникшую в работе определенного аппарата, затрачивая при этом минимум времени.

В начале обучения у курсантов возникают трудности в работе с информационными моделями. Им трудно понять, как устроен реальный объект: какова его структура, основные свойства, законы развития и взаимодействия. Возникают сложности в управлении объектом или процессом, такие как: определить наилучшие способы управления при заданных целях и критериях (оптимизация), прогнозировать прямые и косвенные последствия реализации заданных способов и форм воздействия на объект. Решить изложенные выше проблемы и трудности помогает моделирование систем из

курса інформаційні технології. **Модель** необхідна для того, чтобы научиться находить главное, отбрасывать второстепенное, самостоятельно принимать решения.

Исходя из вышеизложенного, нужно отметить, что современному электромеханику необходимо иметь способность к логическому, интуитивному и наглядно-образному мышлению. Уметь по схемам и описаниям мысленно создать картину того, как действует электрический ток и в какой последовательности. Логичность мышления позволяет судовому электромеханику шаг за шагом проверять различные версии возможных причин неисправности. Определение проблем в работе электроприборов требует активного технического мышления. Опытный специалист знает схемы, режимы работы узлов и блоков, правила последовательности разборки и сборки устройств, способы подключения, назначения электрических приборов, методы работы с ними.

В процессе обучения электромехаников информационным технологиям, на примере задач, приближенных к реальным, курсанты учатся читать логические схемы, корректировать их с учетом особенностей эксплуатации оборудования, анализировать полученные результаты.

Курсантам электромеханикам предлагаются лабораторные работы, которые предусматривают закрепление знаний по алгебре логики. Это позволяет курсантам закрепить знания, полученные на спецпредметах и на простых логических функциях редактора Microsoft Excel научиться читать и составлять логические схемы, а также использовать мощные инструменты, встроенные в редакторе Microsoft Excel.

Любая электронная схема состоит из элементарных (базисных) логических элементов, выполняющих определенную логическую операцию. Логический элемент – устройство, которое после обработки двоичных сигналов выдаёт значение одной из логических операций. Каждый логический элемент имеет свое условное графическое обозначение (таблица 1).

Таблица 1 – Логические элементы в электронной схеме

Название элемента	Условное обозначение элемента	Таблица истинности		
		X2	X1	Y
И		0	0	0
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	1
ИЛИ		0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	1
НЕ			0	1
			1	0

Название элемента	Условное обозначение элемента	Таблица истинности		
		X2	X1	Y
И-НЕ		0	0	1
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0
ИЛИ-НЕ		0	0	1
		0	1	0
		1	0	0
		1	1	0
Исключающее ИЛИ		0	0	0
		0	1	1
		1	0	1
		1	1	0

Задача. Рассмотрим пример проверки логической операции в редакторе Microsoft Excel на примере элемента ИЛИ. Введём в ячейках F9 (первый вход) и F11 (второй вход) логическую единицу (0 или 1). На выходе мы должны получить логическую единицу. Запишем формулу выхода в ячейку J10, используя логическую функцию ИЛИ() и информационную функцию Ч() (функция, которая преобразует значение в число).

Таким образом, курсант может построить все базовые логические элементы с учетом их действия. При изменении входных сигналов моделируется выходной сигнал и заполняется схема истинности.

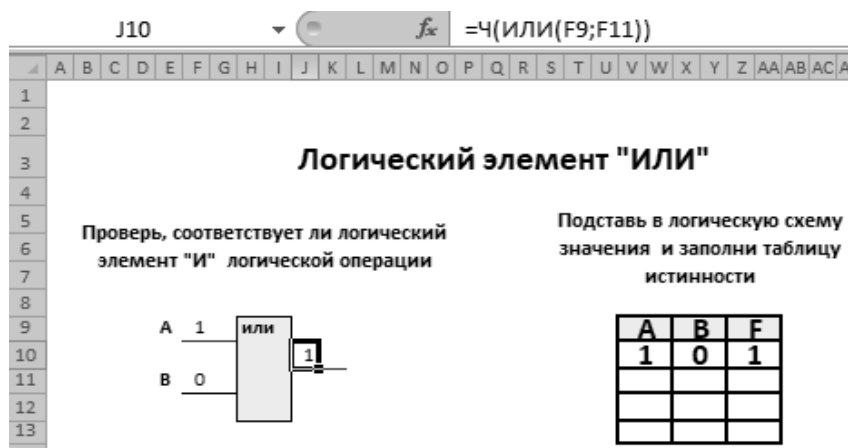


Рисунок 1 – Реализация проверки логического элемента ИЛИ и заполнения таблицы истинности.

Логические элементы – это простейшие «кубики», составные части цифровой микросхемы, выполняющие определённые логические функции. При этом, цифровая микросхема может содержать в себе от одного, до нескольких единиц, десятков, ...и до нескольких сотен тысяч логических элементов в зависимости от степени интеграции.

Собирая построенные элементы в схему, курсант учится не только работать в редакторе Excel, но и анализировать полученные результаты, а также находить возможные ошибки, читая получившуюся схему. Например, из базовых элементов собирается Полусумматор. При изменении входных данных, курсант должен научиться оценивать результаты, полученные на выходах (рис. 2).

Как показывает практика подготовки электромехаников, на начальной стадии обучения вероятность безошибочного решения этих задач у них близка к нулю. Для преодоления такой ситуации и был разработан курс лабораторных работ моделирования электрических схем, реализованный в среде электронных таблиц Microsoft Excel. Этапы построения на листах электронной таблицы полностью имитируют ручные вычисления и графические построения на бумаге, позволяя в наглядной форме выявлять допущенные ошибки и их влияние на полученные результаты.

Динамические эффекты в MS Excel можно создавать, используя условное форматирование, макросы, счетчики или комбинируя эти методы.

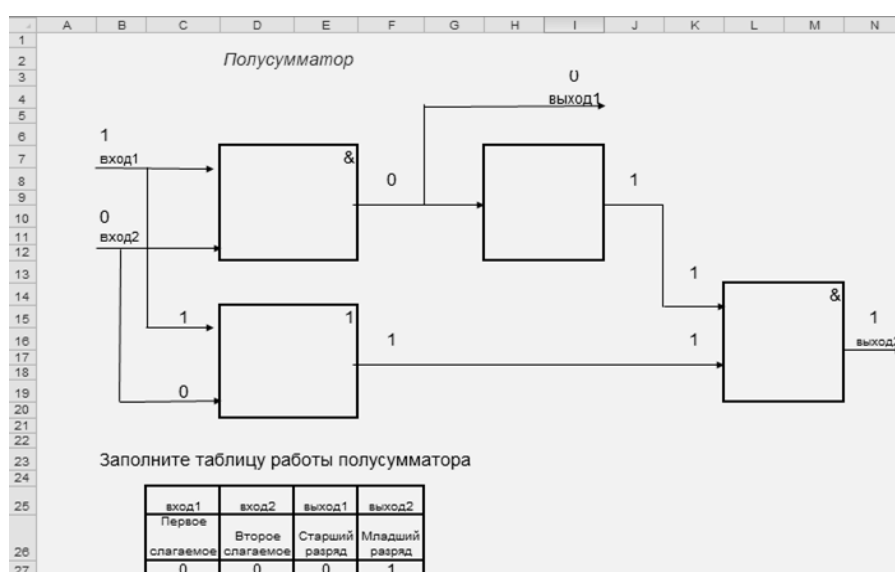


Рисунок 2 – Проверка работы полусумматора

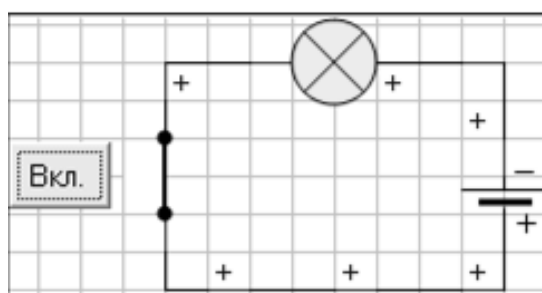


Рисунок 3 - Модель простейшей электрической цепи

Моделируя простейшую электрическую цепь, где при нажатии на кнопку замыкается выключатель, курсант должен изобразить движение положительных зарядов, как им и положено по теории, движение от «плюса» к «минусу». Лампочка должна загораться. Всем процессом управляет цикл, который в ячейке под кнопкой чередует данные: 0, 1, 2 (рис. 3).

На простой модели курсант обучается работе редактора VBA [2], встроенного в MS Excel, а также осваивает простые циклические процессы. После запуска модели на

выполнение закрепляются базовые знания о принципах работы простейшей электрической цепи.

Вывод. Исходя из рассмотренных примеров, можно отметить, что моделирование электронных схем в MS Excel отличается простотой для освоения, а также наглядностью обработки данных на всех этапах решения задач, возможностью их редактирования, и может использоваться как в учебной практике, так и в работе электромеханика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года (ПДМНВ-78) с поправками (консолидированный текст) = International Convention on Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978 (STCW 1978), as amended. (consolidated text): - СПб.,: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010. -806 с.
2. <http://www.rosinka.vrn.ru/dinex/index.htm> - Динамические эффекты в MS.Excel.
3. Васильев, А. Excel 2010 на примерах / А. Васильев. - М.: БХВ-Петербург, 2010. - 432 с.
4. Глазырин А.С. Математическое моделирование электромеханических систем. Аналитические методы: учебное пособие / А.С. Глазырин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009 – 216 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В УКРАИНЕ

Ходаков В.Е.

*Херсонский национальный технический университет
(Украина)*

На развитость экономики любой страны оказывают влияние природно-климатические условия (ПКУ), а развитость экономики определяет уровень развитости трудовых ресурсов – человеческого потенциала.

Природно-климатические условия ПКУ Восточной Европы являются более суровыми, более негативными, приближаясь к экстремальным.

Для Восточной Европы характерно удорожание жизни людей и производственно-хозяйственной деятельности.

Функционирование сельскохозяйственных и производственных социально-экономических систем, и в целом производств в Восточной Европе осуществляется в более сложных внешних условиях повышенных рисков, т.е. в условиях перманентных кризисов, а для таких условий необходимо целенаправленное государственное антикризисное управление.

Для уменьшения удорожания жизни и хозяйственной деятельности, т.е. для снижения издержек производства, уменьшения себестоимости выпускаемой продукции, повышения эффективности производства, повышение ВВП, новые производства и предприятия целесообразно располагать (организовывать) на территориях с более благоприятным мягким климатом. Это территории с нулевыми (или выше нулевыми) январскими температурами в северном полушарии (январь – самый холодный месяц в году), которые могут быть благоприятными для ускорения экономического роста.

В России и в Украине – даже самые южные области имеют минусовые средние январские температуры. А это значит, что даже на юге Украины промышленное, сельскохозяйственное производство являются более затратными по сравнению со странами Западной Европы, так как здесь продукция обладает более высокой себестоимостью, значительно более длинным сроком окупаемости и характеризуется более высокими издержками производства.

В таких условиях возникают особые требования к уровню образования населения. Так, при формировании регионов определяющим является возможность организации экономических и производственных процессов с наивысшей эффективностью. В индустрии это автоматические и высокоавтоматизированные производства товаров с наибольшей добавленной стоимостью, в экономике это организация и продвижение наиболее эффективных технологий.

Достижение этой цели возможно только при высоком уровне образования, основной которого является использование современных информационных технологий и компьютерного обучения.

Различия в природно-климатических условиях Восточной и Западной Европы объективно существуют. Они неблагоприятны для стран Восточной Европы, но не настолько, чтобы быть непреодолимым препятствием для жизни и хозяйственной деятельности человека. Однако, они приводят к значительному удорожанию жизни и производственно-хозяйственной деятельности человека и, как следствие, к более низким уровням ВВП.

Неблагоприятные ПКУ Восточной Европы являются дополнительным импульсом для общества к его постоянному развитию и совершенствованию. И, прежде всего, крайне необходимо просвещение и повышение уровня образованности общества.

Развитие современных средств телекоммуникации позволяет создавать распределенные коммуникационные системы, способные нести функции образовательных платформ и сообществ.

В табл.1 приведены результаты обобщающих оценок влияния ПКУ на промышленное и сельскохозяйственное производство в Восточной и Западной Европе, полученных экспертным путем. Результаты сравнения в табл.1 представлены в относительных единицах.

Таблица 1 – Оценка влияния ПКУ на промышленное и сельскохозяйственное производства в Восточной и Западной Европе

Показатели	В западной Европе	В Восточной Европе
Эффективность мясомолочного животноводства (в условных единицах)	2,36	1,0
Эффективность сельскохозяйственного производства (зерновых и зернобобовые культуры)	2,0	1,0
Удельные затраты энергии на производство пищевых продуктов	1,0	2,0 (Украина) 4,0 (Россия)
Базовые усредненные потребности человека (в условных единицах)	1,0	2,0
Издержки промышленного производства	1,0	2,6
Издержки строительного производства	1,0	2-3
Сроку окупаемости предприятия (лет)	5-6	15-18
Энергопотребление (в условных единицах, из-за длительного отопительного сезона)	1,0	3,0 (Украина) 4,0 (Россия)

Следует обратить внимание и на зависимость потребностей индивида от ПКУ. Благодаря большей суровости климата и более протяженным расстояниями, совокупность базовых потребностей индивида в Восточной Европе больше, а условия и возможности их удовлетворения существенно ниже [254]. Минимальный набор базовых потребностей представлен в табл.2.

Таблица 2 – Минимальный набор базовых потребностей индивида

Наименования потребности	Относительная сложность и цена потребности	
	В Западной Европе	В Восточной Европе
Обеспечение калорийности и энергоемкости питания	1,0	1,3
Обеспечение необходимой «теплой» одеждой	1,0	1,3
Обеспечение «теплой» обувью	1,0	1,3
Обеспечение комфортности и полезности жилья	1,0	2,0 (Украина) 4,0 (Россия)
Обеспечение комфортности и удобства рабочего места	1,0	3,0 (Украина) 4,0 (Россия)
Заработная плата	1,0	2,0
Формирование жизнеобеспечивающей инфраструктуры	1,0	2,0

Согласно концепции Мирового Банка, национальное богатство включает: естественный капитал, накопленный (физический) капитал, человеческий капитал

(качество человеческого ресурса). Роль основного ресурса в структуре национального богатства стран играет человеческий капитал.

Человеческий капитал практически во всех странах мира превышает половину накопленного национального богатства.

Под человеческим капиталом понимают знания, привычки и способности человека, которые содействуют росту его продуктивной силы.

Украина принадлежит к группе стран с достаточно высоким уровнем человеческого капитала и в рейтинге заняла 31 место

Высокий уровень развития человеческого потенциала выполняет роль демпфирования негативных появлений природно-климатических факторов и высокого уровня коррупции. Это особенно важно для восточно-европейских стран с негативным природно-климатическими условиями.

Несмотря на удорожание жизни людей и производственно-хозяйственной деятельности по причине некомфортных природно-климатических условий, в Украине всё-таки достаточно высок уровень развития человеческого капитала, а это означает, что Украина имеет хороший потенциал и, тем самым, широкие возможности для построения высокоэффективной экономики и развитого государства.

ІМЕННИЙ ПОКАЗЧИК

- А**
Antipov I.O., 278
- В**
Basaraba Yu.B., 271
Bohdan Yu.O., 278
- Г**
Gorobets V.G., 278
- Л**
Lutsyshyn T.I., 271
- Н**
Nosov P.S., 224
- С**
Safonov M.S., 224
Shevchuk O.V., 271
- Т**
Trokhaniak V.I., 278
- З**
Zasadnyy T.M., 271
- А**
Абрамов Г.С., 150, 156, 161, 386
Абрамов М.Г., 156
Абрамов О.Д., 161
Александровская Н.И., 53
Алоба Л.Т., 172
Амелин М.Ю., 276
- Б**
Бабенко А.С., 164
Бабенко Д.І., 339
Баганов С.О., 266
Белан С.Н., 5
Бень А.П., 7, 224
Блинцов А.В., 172
Блінцов В.С., 89, 168
Богданова Н.В., 226
Боярська І.В., 350
Бражник А.М., 150
Браїло М.В., 275
Букетов А.В., 276
Букетова Н.М., 356
Бурак О.О., 139
Бурмака І.А., 93
Бурылов С.В., 360
- В**
Варбанец Р.А., 53
Васильченко Е.А., 250
Васюхін М.І., 212
Вильский Г.Б., 176
Власенко Е.А., 96
Власов В.Б., 283
Войтасик А.М., 99
Волков Е.Л., 103
Волянюк В.О., 347
Ворохобин И.И., 107
Воцелка С.О., 180
Врублевский Р.Е., 184
Вухерер Т., 356
- Г**
Галушко М.Н., 5
Гарболинская О.И., 208
Глазева О.В., 283
Головань А.И., 54
Горбатюк С.В., 347
- Грешнов А.Ю., 186, 204
Григорян Т.Г., 389
Грицук І.В., 190
Грудніна Г.С., 193
- Д**
Дем'янчук Я.М., 288
Джебраилов А.С., 54
Дмитренко В.С., 288
Дошенко Г.Г., 291, 329, 339
Дудник А.А., 240
Дудник О.С., 240
Дулдиер А.П., 196
- Е**
Евдокимова В.А., 32
Енчев С.В., 200
- Ж**
Жмур В.Н., 295
- З**
Заблоцкий Ю.В., 298
Завальнюк І.П., 391
Завальнюк О.П., 391
Зайчук Н.П., 302
Землянский А.В., 38, 41
Зивенко А.В., 204
Зинченко С.Н., 56, 208
- И**
Иванов А.А., 60
- К**
Казак В.М., 10, 14, 164
Калужный В.В., 110
Касім А.М., 212
Касім М.М., 212
Кашицкий В.П., 306, 308, 350
Кирилас Е.И., 53
Кириченко К. В., 382
Клочков О.П., 46
Кобельник О.С., 275
Колебанов О.К., 62, 310
Колесник Д.В., 216
Колесніков В.О., 312
Кондратьева Л.Ю., 113
Коновець В.І., 117
Корбан Д.В., 121
Корицкий В.И., 172
Коробко В.В., 317
Косолапов А.А., 217
Кравченко С.С., 74
Кривой М.А., 321
Кузнецов Ю.М., 221
Кулинич В.Г., 276
Кунда Н.Т., 18, 27
Куропятник А.А., 325
Куш С.І., 22
- Л**
Лебідь В.В., 18
Левченко В.В., 62
Лелеко Н.В., 7
Лещенко О.В., 356
Литвиненко В.М., 329
Літомін С.В., 22
Ляшенко В.Г., 56, 386
- М**
Малець В.М., 306
Маляренко О.Д., 276
Мальцев А.С., 64
Мальцев С.Е., 64
Матрунчик Д.М., 306
Мацкевич Д.В., 335
Мачуга О.С., 331
Мельник І.В., 226
Мисковець С.В., 302
Моисеенко С.В., 258
Мойсеенко В.С., 82
- Н**
Наговський Д.А., 291, 339
Насіров Ш.Ш., 47
Настасенко В.А., 231, 343
Нестеренко В.Б., 391
Нікішин Е.В., 369
- О**
Осипенко В.О., 379
- П**
Паламарчук І.В., 25
Пасечнюк С.С., 124
Пелевін Л.С., 347
Пизинцали Л.В., 53
Погорлецкий Д.С., 86
Погорлецький Д.С., 190
Погребняк І.Ф., 266
Поляков В.А., 234
Присташ С.Ф., 238
Прокопчук Ю.А., 70
Прокудін Г.С., 240
Прохоренко А.О., 74
Прохоренко И.В., 10
Пуляева А.В., 394
Пятаков В.Э., 135
Пятаков Э.Н., 131
- Р**
Радов А.А., 176
Рева О.М., 47
Редчиц Д.А., 258
Рожков С.А., 60, 243, 263
Рожков С.О., 180
- С**
Савчук П.П., 350
Сагин С.В., 352
Садова О.Л., 302, 308
Сало Н.А., 38, 41
Самойленко Д.С., 74
Сапронова А.В., 356
Селиванов А.Л., 310
Селиверстова С.Р., 358
Симаненков А.Л., 243
Симоненков В.М., 117
Сиривчук А.С., 172
Сірівчук А.С., 247
Скоб Ю.А., 250, 254
Скосарь В.Ю., 360
Сметанкин С.А., 276
Соколенко В.И., 64
Соколов А.Е., 150
Солодовников В.Г., 362

Сорока М.Ю., 38, 41
Стухляк Д.П., 356
Суглобов В.В., 366

Т

Таланін Д.С., 74
Тарасов А.С., 258
Тарасов С.В., 258, 360
Терещенкова О.В., 394
Тимофєєв К.В., 369
Тимошенко Н.А., 10
Ткаченко И.В., 373
Ткачук К.В., 366
Товкач С.С., 79
Товстокорий О.М., 82, 139
Торубара В.В., 389
Трунин К.С., 89

У

Удовицька Ю.А., 350

Ф

Фещук Ю.П., 302

Федоров А.І., 261
Філіпщук О.М., 379
Фролов О.М., 358
Фусар И.Ю., 143

Х

Хачапуридзе Н.М., 234
Хлопенко И.Н., 263
Хлопенко Н.Я., 263
Хоботня Т.Г., 27
Ходаков В.Е., 399
Худяков И.В., 86

Ч

Чабан В.О., 146
Чаусовский Г.О., 310
Чепок М.В., 146
Чередниченко А.К., 377
Черниш І.А., 117
Чупайленко О.А., 240

Ш

Шайтан А.Ф., 254

Шалаева А.А., 208
Швацький С.В., 379
Шевченко В.В., 379
Шевчук Д.О., 14
Шишкін О.В., 117
Шулевка В.В., 14
Шульгін В.А., 47
Шумило А.Н., 53

Щ

Щеглов С.М., 308
Щедролосєв О. В., 382

Ю

Южаков С.В., 5

Я

Якушенко С.В., 275
Янутенене Й., 275
Яхно О.М., 331

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
СЕКЦІЯ:	
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ	
ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ДВИЖУЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СДВИГА	5
Белан С.Н., Галушко М.Н. Государственный университет инфраструктуры и технологий (Украина)	
Южаков С.В. Гайсинская ОГНИ ГУ ГФС в Винницкой области (Украина)	
ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЫСОКОТОЧНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ СУДНА	7
Бень А.П., Лелеко Н.В. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
КОГНИТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ В ПОЛЕТЕ	10
Казак В.Н., Прохоренко И.В., Тимошенко Н.А. Национальный авиационный университет (Украина)	
СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	14
Казак В.М., Шевчук Д.О., Шулевка В.В. Національний авіаційний університет (Україна)	
ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНОГО РІШЕННЯ ЩОДО ВИБОРУ ПРОЕКТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ ЗА КРИТЕРІЄМ ВАЖЛИВОСТІ ПРОЕКТУ	18
Кунда Н.Т., Лебідь В.В. Національний транспортний університет (Україна)	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПАРАМЕТРІВ ЛОГІСТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ПОКАЗНИКИ ДІЯЛЬНОСТІ ЛОГІСТИЧНОЇ СИСТЕМИ	22
Куш Є.І., Літомін Є.В. Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Україна)	
РОЛЬ ТА ВИКОРИСТАННЯ МПЗС-72 ПРИ СТВОРЕННІ СИСТЕМ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ	25
Паламарчук І.В. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ПЛАНУВАННЯ ЯК ОСНОВА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ ТРАНСПОРТНО- ЕКСПЕДИТОРСЬКОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ	27
Хоботня Т.Г., Кунда Н.Т. Національний транспортний університет (Україна)	
СЕКЦІЯ:	
ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ	
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ОБ ОПАСНОСТИ НА МОРЕ МЕТОДОМ РЕПЕРТУАРНЫХ РЕШЁТОК	32
Евдокимова В.А. Херсонская государственная морская академия (Украина)	

МОДУЛЬНИЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ	38
Землянський А.В., Сорока М.Ю., Сало Н.А.	
Летная академия Национального авиационного университета (Украина)	
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ДЛЯ ТРЕНАЖЕРОВ АВИАДИСПЕТЧЕРОВ	41
Землянський А.В., Сорока М.Ю., Сало Н.А.	
Летная академия Национального авиационного университета (Украина)	
ЛЮДИНА ЯК ОБ'ЄКТ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ СИСТЕМНОГО ПІДХОДУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАСОБІВ МОРСЬКОЇ РОБОТОТЕХНІКИ	46
Клочков О.П.	
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	
ІНТЕГРАТИВНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ПОМИЛОК АВИАДИСПЕТЧЕРІВ ПО ПОКАЗНИКАХ НЕБЕЗПЕКИ І ЧАСТОТИ	47
Рева О.М.	
Національний авіаційний університет, (Україна)	
Шульгін В.А.	
Льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)	
Насіров Ш.Ш.	
Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS (Азербайджанська Республіка)	
СЕКЦІЯ:	
КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТИКА І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ	
МОНИТОРИНГ И ДИАГНОСТИКА РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ НА БАЗЕ ДАНЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ IMES GMBH	53
Варбанец Р.А., Александровская Н.И., Пизинцали Л.В., Шумило А.Н., Кирилаш Е.И.	
Одесский национальный морской университет (Украина)	
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ «МЕТОДА УТОЧНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ФУРЬЕ» В ЗАДАЧЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА	54
Головань А.И., Джебраилов А.С.	
Одесский национальный морской университет (Украина)	
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СУДНОМ ПРИ ПОДХОДЕ К ОБЪЕКТУ ШВАРТОВКИ	56
Зинченко С.Н., Ляшенко В.Г.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОПУЛЬСИВНЫМ КОМПЛЕКСОМ СУДНА С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ	60
Иванов А.А., Рожков С.А.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
СИСТЕМА КЕРУВАННЯ СТІЙКІСТЮ СУДНА	62
Колібанов О.К., Левченко В.В.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ПУТИ И ВЫБОРА РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ КРУПНОТОННАЖНОГО СУДНА В ОПАСНЫХ РАЙОНАХ СТЕСНЕННЫХ ВОД	64
<p>Мальцев А.С., Соколенко В.И., Мальцев С.Е. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	
К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ СИСТЕМНОЙ МОДЕЛИ АКТИВНОГО ОБЪЕКТА	70
<p>Прокопчук Ю.А. Институт технической механики НАНУ и ГКАУ (Украина)</p>	
ПРЕДИКТИВНА МОДЕЛЬ ДВИГУНА В ІНТЕРНЕТІ РЕЧЕЙ	74
<p>Прохоренко А.О., Кравченко С.С., Таланін Д.С. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (Україна)</p> <p>Самойленко Д.Є. Політехніка Варшавська (Польща)</p>	
WAVELIFTING-АРХІТЕКТУРА МІЖЕЛЕМЕНТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИМ ДВИГУНОМ	79
<p>Товкач С.С. Національний авіаційний університет (Україна)</p>	
КЕРУВАННЯ ПОЛОЖЕННЯМ ПОЛЮСУ ПОВОРОТУ НА ДВОГВИНТОВОМУ КОНВЕНЦІЙНОМУ СУДНІ	82
<p>Товстокорий О.М., Мойсеєнко В.С. Херсонська державна морська академія (Україна)</p>	
ВАРИАНТЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СЭУ	86
<p>Худяков И.В., Погорлецкий Д.С. Херсонская государственная морская академия (Украина)</p>	
<p>СЕКЦІЯ: БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА</p>	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МОРСКИХ ПРИВЯЗНЫХ СИСТЕМ С ГИБКИМИ СВЯЗЯМИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	89
<p>Блинцов В.С., Трунин К.С. Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)</p>	
УРАВНЕНИЕ ГРАНИЦЫ ОБЛАСТИ НЕДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СБЛИЖАЮЩИХСЯ СУДОВ	93
<p>Бурмака И.А. Национальный Университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	
УГЛОВЫЕ УСКОРЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИЕ ПРИ КАЧКЕ СУДНА	96
<p>Власенко Е.А. Национальный Университет «Одесская морская академия» (Украина)</p>	
АВТОМАТИЗАЦІЯ КЕРУВАННЯ КРЕНО-ДИФЕРЕНТНОЮ СИСТЕМОЮ САМОХІДНОГО ПРИВ'ЯЗНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА-РОБОТА ТРАНСПОРТНОГО ТИПУ	99
<p>Войтасик А.М. Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна)</p>	

СПОСОБ ВЫБОРА КУРСА УКЛОНЕНИЯ СУДНА ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО РАСХОЖДЕНИЯ	103
Волков Е.Л.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
РАЗЛОЖЕНИЕ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОБЩЕННОГО ЗАКОНА ПУАССОНА В РЯД ГРАМА-ШАРЛЬЕ ТИПА А	107
Ворохобин И.И.	
Национальный Университет «Одесская морская академия» (Украина)	
ФОРМАЛИЗАЦИЯ ТЕКУЩЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ	110
Калюжный В.В.	
Національний університет «Одеська Морська Академія» (Украина)	
АНАЛІЗ РОЗРАХУНКІВ ЗНАЧНОГО КУТА БОРТОВОЇ ХИТАВИЦІ СМПВ В РАМКАХ КОРЕЛЯЦІЙНОЇ ТЕОРІЇ	113
Кондратьева Л.Ю.	
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	
ШЛЯХИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ С4ISR МОРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ТА MSA ЗА ДОСВІДОМ ДЕРЖАВ-ЧЛЕНІВ НАТО	117
Коновець В.І., Черниш І.А., Симоненков В.М.	
Науково-дослідний центр Збройних Сил України «Державний океанаріум» (Україна)	
Шишкін О.В.	
Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СИНТЕЗА ПОЛЯРИЗАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ВОЛНЫ ПРИ РАДИОЛОКАЦИОННОМ НАБЛЮДЕНИИ НАВИГАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ	121
Корбан Д.В.	
Национальный университет «Одесская Морская Академия» (Украина)	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКОГО ОТОБРАЖЕНИЯ ОБЛАСТИ НЕДОПУСТИМЫХ ЗНАЧЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ ПРИ ИХ СБЛИЖЕНИИ	124
Пасечнюк С.С.	
Національний університет «Одеська Морська Академія» (Украина)	
СПОСОБ ВЫБОРА МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ	128
Петриченко О.А.	
Национальный Университет «Одесская морская академия» (Украина)	
ЗАВИСИМОСТЬ ФОРМ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ РАСХОЖДЕНИЯ ОТ ИСТИННОЙ ТРАЕКТОРИИ СУДНА УКЛОНЕНИЕМ ВПРАВО	131
Пятаков Э.Н.	
Институт последипломного образования «Одесский морской тренажерный центр», Херсонский филиал (Украина)	
ВЫБОР МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ СУДНА С ДВУМЯ ЦЕЛЯМИ	135
Пятаков В.Э.	
Национальный Университет «Одесская морская академия» (Украина)	
ВИЗНАЧЕННЯ ГАЛЬМІВНОГО ШЛЯХУ НА МЛКОВОДІІ	139
Товстокорий О.М., Бурак О.О.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	

АНАЛИЗ ПЛОТНОСТИ СМЕШАННОГО ЗАКОНА ПЕРВОГО ТИПА И ЕЕ ОРТОГОНАЛЬНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ	143
Фусар И.Ю.	
Национальный Университет «Одесская морская академия» (Украина)	
КОМПЛЕКСНА ВЗАЄМОДІЯ РЕГУЛЬОВАНИХ ТА НЕРЕГУЛЬОВАНИХ ФАКТОРІВ НА ФОРМУВАННЯ РИЗИКІВ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ	146
Чепок М.В., Чабан В.О.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
СЕКЦІЯ:	
ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ	
ДИНАМИКА ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ПРОЦЕДУРЫ	150
Абрамов Г.С.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
Бражник А.М., Соколов А.Е.	
Херсонский национальный технический университет (Украина)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕХОДА ОТ ВНУТРЕННЕГО ОКИСЛЕНИЯ К ВНЕШНЕМУ	156
Абрамов Г.С.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
Абрамов М.Г.	
Херсонский филиал национального университета кораблестроения (Украина)	
ЕКОНОМЕТРИЧНИЙ АНАЛІЗ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ І ХЕРСОНСЬКОЇ ОБЛАСТІ	161
Абрамов Г.С.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
Абрамов О.Д.	
Херсонський національний технічний університет (Україна)	
МЕТОДИ МОДЕЛЮВАННЯ СТОРОННІХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ЇХ ЗІТКНЕННІ З ЛІТАЛЬНИМ АПАРАТОМ У ПОЛЬОТІ	164
Бабенко А.Є., Казак В.М.	
Національний авіаційний університет (Україна)	
ДО 25-РІЧЧЯ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ ПІДВОДНОЇ ТЕХНІКИ	168
Блінцов В.С.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна)	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ НЕОБИТАЕМЫМ ПОДВОДНЫМ АППАРАТОМ КАК АГЕНТОМ ГРУППЫ	172
Блинцов А.В., Алоба Л.Т., Корицкий В.И., Сиривчук А.С.	
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, (Украина)	
ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ И ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ЗАГРУЗОЧНЫХ ВИРУСОВ ПРОНИКНОВЕНИЯ	176
Вильский Г.Б., Радов А.А.	
Украинская Академия Наук (Украина)	
ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРИГАЦІЙНОГО КАНАЛУ МЕТОДОМ ОБЕРНЕНОЇ ЗАДАЧІ ДИНАМІКИ	180
Воцелка С.О., Рожков С.О.	
Херсонський державний аграрний університет (Україна)	

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ	184
Врублевский Р.Е. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ДЕЯКІ ПРАВИЛА ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ МОРСЬКОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	186
Грешнов А.Ю. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	
ДИСТАНЦІЙНЕ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ СКЛАДНИХ СИСТЕМ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ	190
Грицук І.В., Погорлецький Д.С. Херсонська державна морська академія (Україна)	
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ АНПА З ГРЕБНИМ ГВИНТОМ В ПОВОРОТНІЙ НАСАДЦІ	193
Грудініна Г.С. Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна)	
МЕТОД РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ, ОПИСЫВАЮЩИХ ПРОЦЕСС ГОРЕНИЯ	196
Дулднер А.П. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
ВЕЙВЛЕТ-ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОМПАЖА В КОМПРЕССОРАХ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	200
Енчев С.В. Национальный авиационный университет (Украина)	
ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕПЦИИ ЕДИНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ МОРСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ	204
Зивенко А.В., Грешнов А.Ю. Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)	
СОЗДАНИЕ УПРОЩЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУДНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ	208
Зинченко С.Н., Гарболинская О.И., Шалаева А.А. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
АЛГОРИТМ КОНВЕРТАЦІЇ КАРТОГРАФІЧНИХ ДАНИХ З ФОРМАТУ F20S В ФОРМАТ ВІТЧИЗНЯНОГО ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ DIGITALS	212
Касім А.М. Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова Національної академії наук України (Україна)	
Васюхін М.І., Касім М.М. Національний університет біоресурсів і природокористування України (Україна)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА ВИНТОРУЛЕВУЮ КОЛОНКУ	216
Колесник Д.В. Морское инженерное бюро (Украина)	
СЕМИОТИКО-АГЕНТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ	217
Косолапов А.А. Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна (Украина)	

СИСТЕМНО – МОРФОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД ДО ПОШУКУ ІДЕЙ ТРАНСПОРТУВАННЯ СИПУЧИХ ВАНТАЖІВ ВОДНОЮ АКВАТОРІЄЮ	221
Кузнєцов Ю.М.	
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)	
MODEL CONSTRUCTION OF INDIVIDUAL SCENARIOS FOR THE ELIMINATION OF THE HUMAN FACTOR	224
Nosov P.S, Ben A.P.	
Kherson State Maritime Academy (Ukraine)	
Safonov M.S.	
МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ СИСТЕМ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ, ТЕОРІЇ СКІНЧЕНИХ АВТОМАТІВ ТА МЕТОДІВ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАДАЧ	226
Мельник І.В., Богданова Н.В.	
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (Україна)	
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДЕЙСТВИЯ СИЛЫ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ	231
Настасенко В.А.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
НЕСТАЦИОНАРНАЯ ДИНАМИКА МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА (ПРОДОЛЬНО-ОДНОМЕРНАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ)	234
Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М.	
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина)	
ПРО РОЗРАХУНОК МІЦНОГО КОРПУСУ ПІДВОДНО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ В ФОРМІ ТОРУ ВИГОТОВЛЕНОГО ІЗ ПКМ МЕТОДОМ НАМОТУВАННЯ	238
Присташ С.Ф.	
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	
ОПТИМІЗАЦІЇ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ПО РІЗНИМ КОМБІНАЦІЯМ СПІЛЬНОЇ РОБОТИ ВСІХ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ ТА ЗАХІДНОЇ ЄВРОПИ	240
Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Прокудін О.Г., Дудник О.С., Дудник А.А.	
Національний транспортний університет (Україна)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ СУДОВОГО ДИЗЕЛЯ	243
Симаненков А.Л., Рожков С.А.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ БУКСИРУВАНОВОГО РАДІОБУЯ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ПІДВОДНОГО АПАРАТА	247
Сірівчук А.С.	
Національний університет кораблебудування ім. адм. Макарова (Україна)	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ГАЗА	250
Скоб Ю.А., Васильченко Е.А.	
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» (Украина)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙНОГО ВЫБРОСА В АТМОСФЕРУ ТОКСИЧНОГО ВЕЩЕСТВА	254
Скоб Ю.А., Шайтан А.Ф.	
Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» (Украина)	

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПРОФИЛЕЙ СИММЕТРИЧНОЙ И
НЕСИММЕТРИЧНОЙ ФОРМЫ** 258

Тарасов С.В., Редчиц Д.А., Тарасов А.С.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина)

Моисеенко С.В.

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

ФОРМУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО ВАНТАЖНОГО ПЛАНУ КОНТЕЙНЕРОВОЗУ 261

Фєдоров А.І.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

**УСТОЙЧИВОСТЬ И ТОЧНОСТЬ РОБАСТНОЙ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ
ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЯ РОТОРА ПРИ СЛУЧАЙНЫХ ВАРИАЦИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННЫХ
ПАРАМЕТРОВ В ЗАДАННЫХ ГРАНИЦАХ** 263

Хлопенко И.Н., Рожков С.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Хлопенко Н.Я.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
(Украина)

СЕКЦІЯ:

**ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ**

**АНАЛІТИЧНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ПАРАМЕТРІВ ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ
ФОТОЕЛЕКТРИЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВІД УМОВ ЙОГО ЕКСПЛУАТАЦІЇ НА ОСНОВІ
П'ЯТИПАРАМЕТРИЧНОЇ СХЕМИ ЗАМІЩЕННЯ** 266

Баганов Є.О.

Херсонський національний технічний університет
(Україна)

Погребняк І.Ф.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

**CORRELATION BETWEEN THE MILLING TIME AND PHASE-STRUCTURAL STATE OF THE
ZrCrNi AND ZrMn₂ LAVES PHASE ALLOYS** 271

Basaraba Yu.B., Shevchuk O.V., Lutsyshyn T.I.

Ivano-Frankivs'k National Technical University of Oil and Gas
(Ukraine)

Zasadnyy T.M.

Karpenko Physico-Mechanical Institute of the NAS of Ukraine
(Ukraine)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИДНО-ПОЛІЕФІРНИХ
КОМПОЗИТІВ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МОРСЬКОГО І РІЧКОВОГО ТРАНСПОРТУ** 275

Брайло М.В., Якущенко С.В., Кобельник О.С.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Янутенене Й.

Клайпедський університет
(Литва)

**ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ МОДИФИКАТОРА НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА
ЭПОКСИДНОЙ МАТРИЦЫ К СПЛАВАМ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ** 276

Букетов А.В., Сметанкин С.А., Амелин М.Ю., Кулинич В.Г.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Маляренко О.Д.

Белорусский национальный технический университет
(Республика Беларусь)

NUMERICAL MODELING OF HEAT AND MASS TRANSFER PROCESS AND ANALYSIS OF THERMALHYDRAULIC EFFICIENCY OF SHELL-AND-TUBE HEAT EXCHANGERS WITH COMPACT ARRANGEMENTS OF TUBE BUNDLES	278
Gorobets V.G., Trokhaniak V.I., Antipov I.O.	
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (Ukraine)	
Bohdan Yu.O.	
Kherson State Maritime Academy (Ukraine)	
РОБОТА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ ЖИВЛЕННЯ	283
Глазева О.В., Власов В.Б.	
Національний університет «Одеська морська академія» (Україна)	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВИТРАТИ ОЛИВИ І ПАЛИВА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНІЧНИХ ДОБАВОК В ДВИГУНАХ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ	288
Дем'янчук Я.М., Дмитренко В.С.	
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)	
АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ ОХОЛОДЖЕННЯ СУДНОВИХ ГЕНЕРАТОРІВ	291
Дощенко Г.Г., Наговський Д.А.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
РАСЧЕТ ЕЕОІ НА ПРИМЕРЕ М/В «ВВС STEINHOEFT» И МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ	295
Жмур В.Н.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИСАДОК К ТОПЛИВУ	298
Заблоцкий Ю.В.	
Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
СТРУКТУРА СТАЛІ EN 1.4003 ПІСЛЯ ЗВАРЮВАННЯ РІЗНИМИ МЕТОДАМИ	302
Зайчук Н.П., Садова О.Л., Мисковець С.В., Фещук Ю.П.	
Луцький національний технічний університет (Україна)	
ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ, НАПОВНЕНИХ ВИСОКОДИСПЕРСНИМИ ЧАСТИНКАМИ	306
Кашицький В.П., Малець В.М., Матрунчик Д.М.	
Луцький національний технічний університет (Україна)	
ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ З ОРГАНІЧНИМ НАПОВНЮВАЧЕМ	308
Кашицький В.П., Садова О.Л., Щеглов С.М.	
Луцький національний технічний університет (Україна)	
СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖІРСЬКОГО СУДНА	310
Колебанов О.К., Селиванов А.Л.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
Чаусовский Г.О.	
Запорізький національний університет (Україна)	
ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПОШКОДЖУВАНОСТІ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТУ	312
Колесніков В.О.	
Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України; (Україна)	

ЕНЕРГОГЕНЕРУЮЧІ ТЕРМОАКУСТИЧНІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СУДНОВІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ	317
Коробко В.В. Національний університет кораблебудування ім. адмірала С.О. Макарова (Україна)	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ СТРАТИФИКАЦИИ ВЯЗКОСТИ МОТОРНОГО МАСЛА В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	321
Кривой М.А. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	325
Куропятник А.А. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
ПОЛПШЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ВАРИКАПА	329
Литвиненко В.М. Херсонський національний технічний університет (Україна)	
Дощенко Г.Г. Херсонська державна морська академія (Україна)	
ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ РЕЖИМІВ РУХУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ ЛІСОЗАГОТІВЛІ	331
Мачуга О.С., Яхно О.М. Національний лісотехнічний університет України (Україна)	
АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНЫХ МАСЕЛ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ СИСТЕМАХ СМАЗЫВАНИЯ СУДОВЫХ СРЕДНЕОБОРОТНЫХ ДИЗЕЛЕЙ	335
Мацкевич Д.В. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
КАСКАДНІ ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ У СКЛАДІ ВАЛОГЕНЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ	339
Наговський Д.А., Дощенко Г.Г., Бабенко Д.І. Херсонська державна морська академія (Україна)	
БОКОВЫЕ СУДОВЫЕ ВЕТРЯНЫЕ СИСТЕМЫ И ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ БАЛАНС	343
Настасенко В.А. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РОЗПУШУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ	347
Пелевін Л.С., Горбатюк Є.В., Волянюк В.О. Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)	
ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ СТРУКТУРУВАННЯ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ У ФІЗИЧНИХ ПОЛЯХ	350
Савчук П.П., Кашицький В.П., Боярська І.В., Удовицька Ю.А. Луцький національний технічний університет (Україна)	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОРШНЕВОЕ КОЛЬЦО – ВТУЛКА ЦИЛИНДРА СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	352
Сагин С.В. Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	

ОСОБЛИВОСТІ ВПЛИВУ ДИСПЕРНИХ ДОБАВОК НА ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНИХ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ	356
Сапронова А.В., Лещенко О.В., Букетова Н.М.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
Стухляк Д.П.	
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)	
Вухерер Т.	
Маріборгський університет (м. Маріборг, Словенія)	
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАРИКАПА КВ114 С УЛУЧШЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ	358
Селиверстова С.Р.	
Херсонская государственная морская академия (Украина)	
Фролов О.М.	
Национальный университет кораблестроения им. адм. Макарова (Украина)	
УСТАНОВКА ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРЕСНЫХ ВОДОЕМОВ	360
Скосарь В.Ю., Бурьлов С.В., Тарасов С.В.	
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина)	
ПРИМЕНЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ТОПЛИВА В ТОПЛИВНЫХ СИСТЕМАХ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ	362
Солодовников В.Г.	
Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
ЗАСОБИ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ МЕТАЛОКОНСТРУКЦІЙ ПОРТАЛЬНИХ КРАНІВ	366
Суглобов В.В., Ткачук К.В.	
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» (Україна)	
АЛГОРИТМ ПОДОВЖНЬОГО ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ЗАХИСТУ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ	369
Тимофєєв К.В., Нікішин Е.В.	
Херсонська державна морська академія (Україна)	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТЕПЕНИ СЕПАРАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ВОД МОРСКИХ СУДОВ	373
Ткаченко И.В.	
Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)	
КРИТЕРИИ ВЫБОРА СОРТА ТОПЛИВА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИМО ПО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СУДНА	377
Чердниченко А.К.	
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина)	
ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ В ГОСПОДАРСТВАХ ПІВДЕННОЇ УКРАЇНИ	379
Шевченко В.В., Філіпчук О.М., Осипенко В.О., Швацький С.В.	
Херсонська філія Національного університету кораблебудування (Україна)	
УДОСКОНАЛЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНУ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ПЛАСТИФІКАТОРІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ВИСОКОМІЦНИХ ПОНТОНІВ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ДОКІВ	382
Щедролосєв О. В., Кириченко К. В.	
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	

СЕКЦІЯ:

КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШИРОТЫ ПО ЭКВАТОРИАЛЬНЫМ КООРДИНАТАМ СВЕТИЛА И ЕГО ВЫСОТЕ	386
Абрамов Г.С., Ляшенко В.Г. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ЦІННІСНО-КОМПЕТЕНТНІСНИЙ ПІДХІД У ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ НА ОСНОВІ ОСВІТНІХ МУЛЬТИПРОЕКТІВ	389
Григорян Т.Г., Торубара В.В. Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)	
ВАНТАЖНИЙ ПЛАН СУДНА – ЯК ВАЖЛИВА СКЛАДОВА СФЕРИ КОМПЕТЕНТНОСТІ СУДНОВОДІЯ	391
Нестеренко В.Б., Завальнюк О.П., Завальнюк І.П. Херсонська державна морська академія (Україна)	
КОМПЕТЕНТНОСТНИЙ ПОДХОД ПРИ ДИНАМИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СХЕМ В MS EXCEL	394
Терещенкова О.В., Стрелковская Л.О., Пуляева А.В. Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ КАДРОВОГО ПОТЕНЦИАЛА В УКРАИНЕ	399
Ходаков В.Е. Херсонский национальный технический университет (Украина)	
ІМЕННИЙ ПОКАЗЧИК	402
ЗМІСТ	404

Збірка матеріалів

X Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2018

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Калініченко Т. В.*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 14.05.2018. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 26,00. Тираж 140 прим.

Херсонська державна морська академія
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4319 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20