

Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції
Материалы VI Международной научно-практической конференции
Materials of the 6th 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-2014

Збірка матеріалів конференції

27-29 травня 2014 року
Херсон, Україна

27-29 мая 2014года
Херсон, Украина

May 27-29, 2014
Kherson, Ukraine

Організатори конференції:

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

Програмний комітет:

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

Організаційний комітет:

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

У збірнику представлено матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 27-29 травня 2014 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-2014) [Збірка матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції (27-29 травня 2014 р., м. Херсон)]. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2014. – 360 с.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей Шостої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2014)», 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, Росії, Азербайджану, Казахстану та інших країн зарубіжжя.

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

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

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

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

Організатори щиро дякують усім учасникам конференції та сподіваються, що MINTT-2014 стала добрим продовженням зустрічей та спілкування, початок яких покладено на попередніх конференціях. Ми маємо надію, що традиції, започатковані конференцією, та дана збірка матеріалів конференції стануть корисними не тільки для її учасників, а й для широкого кола науковців, фахівців, молодих учених, які займаються теоретичними та прикладними дослідженнями інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

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

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

З повагою, Організаційний та Програмний комітети.

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ КОСВЕННОГО ИНДИЦИРОВАНИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Алексеев А.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В двигателях внутреннего сгорания (ДВС) приоритетной задачей современного двигателестроения, является совершенствование показателей. Без оптимизации конструкции ДВС эту задачу решить невозможно, будет то двигатель как готовое изделие, его узлы или отдельные детали. Но сама конструкция, какой бы совершенной она ни была, может не обеспечить оптимальных показателей ДВС, если в основу её проектирования не заложены технологические аспекты изготовления деталей, из которых состоят узлы двигателя. Расчетные и экспериментальные методы определения конструктивной прочности, надежности и ресурса в обязательном порядке должны быть согласованы с теми закономерностями, которые определяют протекающие при изготовлении деталей физические, физико-химические, тепловые и др. процессы [1].

Актуальность исследований. Основным элементом энергетической установки судна, является двигатель внутреннего сгорания. Надежность работы двигателей зависит не только от их конструкции, технологии изготовления, условий эксплуатации, но в большой степени от организации и качества их обслуживания. Развитие конструкции ДВС, а также средств измерения и обработки получаемой информации требуют непрерывного совершенствования имеющихся методов диагностирования и разработки новых, более совершенных методов, основанных на использовании новейших средств получения информации о техническом состоянии двигателей [2, 3].

Целью данной работы является анализ возможности использования оптоволоконных систем для косвенного индицирования поршневых двигателей внутреннего сгорания.

Постановка задачи. Разработать метод косвенного индицирования поршневых двигателей внутреннего сгорания, а так же провести его расчетно-теоретическое обоснование работоспособности [4, 5].

Результаты исследований. Предлагаемый метод косвенного индицирования поршневых двигателей внутреннего сгорания основан на измерении напряжений, действующих в элементах соединения корпусных деталей (шпильках, болтах), связывающих крышки цилиндра (головки блока цилиндров) и блок двигателя. Выбор элементов связи в качестве объекта измерения основан на том, что они воспринимают только силы давления газов и, таким образом, позволяют косвенно индицировать двигатель. Расчетная схема элементов соединения корпусных деталей представлена на рисунке 1.

При нерабочем состоянии ДВС силовые шпильки нагружены силой предварительной затяжки $P_{\text{ПР}}$ (минимальная сила растягивающая шпильку) [9]:

$$P_{\text{ПР}} \approx m \cdot (1 - \chi) \cdot P'_{Z_{\text{max}}}, \text{ МН}, \quad (1)$$

где m – коэффициент затяжки шпильки; χ – коэффициент основной нагрузки резьбового соединения; $P'_{Z_{\text{max}}}$ – сила давления газов при сгорании, приходящаяся на одну шпильку, МН.

Под действием силы предварительной затяжки происходит растягивание шпильки и сжатие соединяемых деталей. Шпилька при этом удлиняется на величину $\lambda_{\text{ШП}_{\text{min}}}$

$$\lambda_{\text{ШП}_{\text{min}}} = \frac{l_{\text{ШП}} \cdot P_{\text{ПР}}}{E \cdot F_0}, \text{ м}, \quad (2)$$

где $l_{шп}$ – расчетная длина шпильки, м; E – модуль упругости материала шпильки, МПа; F_0 – площадь поперечного сечения стержня шпильки, м².

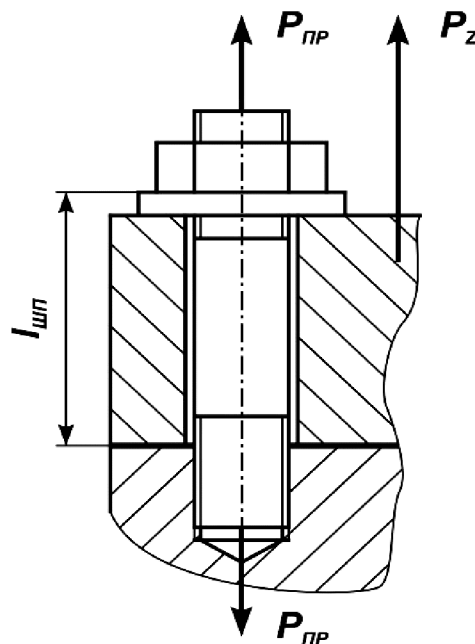


Рисунок 1 – Расчетная схема элементов соединения корпусных деталей: $P_{ПР}$ – сила предварительной затяжки силовых шпилек; P_z – сила, растягивающая шпильку от давления газов; $l_{шп}$ – расчетная длина шпильки

При работе двигателя сила давления газов при сгорании вызывает дополнительное растяжение шпильки и сжатие головки, на шпильку будет действовать сила P_z

$$P_z = P_{ПР} + \chi \cdot P'_{z_{\max}}, \text{ МН.} \quad (3)$$

Под действием силы P_z шпилька удлинится на величину $\lambda_{шп_{\max}}$

$$\lambda_{шп_{\max}} = \frac{l_{шп} \cdot P_z}{E \cdot F_0}, \text{ м.} \quad (4)$$

Реализация метода косвенного индицирования заключается в том, что под гайку, или болт крепления головки блока цилиндров, или в шпильку, помещают дифракционный волоконно-оптический датчик, представляющий собой оптическое волокно, в сердцевине которого наведена фазовая модуляция по определенному сигналу. Усилия, возникающие от действия сил давления газов в цилиндре двигателя, передаются через головку блока цилиндров шпильками или болтами крепления головки блока цилиндров к самому блоку. При этом волоконно-оптический датчик фиксирует изменение поверхности, воспринимая те же самые усилия, и преобразует их в электрический сигнал.

Такое решение делает конструкцию датчика универсальной [6, 7].

Под действием изменяющегося давления в цилиндре двигателя, шпилька сжимается и растягивается, находясь в зоне упругой деформации. При этом оптическое волокно, расположенное в отверстии внутри шпильки фиксирует изменение длины шпильки при помощи отражателя и изменения показателей преломления, значения которого при помощи аналого-цифрового преобразователя, регистрируется в компьютере, где и осуществляется его дальнейшая обработка и анализ [8].

Для обоснования работоспособности предлагаемого способа получения информации о внутрицилиндровых процессах был произведен расчет удлинения шпилек крепления крышек цилиндров, болтов головки блока и сжатие шайб под ними при воздействии сил от предварительной затяжки и от давления газов в цилиндре ДВС.

Результаты расчетов показывают, что растяжение шпилек (болтов) крепления крышки цилиндра (головки блока), а также сжатие шайб под ними при работе двигателя находятся в диапазоне, доступном для регистрации волоконно-оптическим датчиком. В частности, для выбранных объектов исследования разница между удлинением шпильки при максимальной растягивающей силе и удлинением при силе предварительной затяжки составляет от 1 до 20 мкм; разница между сжатием шайбы при максимальной сжимающей силе и сжатием при силе предварительной затяжки составляет от 0,02 до 0,80 мкм. Из этого следует, что наиболее качественная косвенная индикаторная диаграмма получается при установке волоконно-оптического датчика в тело шпильки крепления крышки цилиндра (или болта головки блока цилиндров).

Выводы. Проведенный анализ позволяет предположить, что оптоволоконные системы могут иметь ряд существенных преимуществ перед другими известными методами и средствами оценки параметров рабочих процессов судовых поршневых ДВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возницкий Е. В. Судовые дизели и их эксплуатация / Е. В. Возницкий, Е. Г. Михеев. – М. : Транспорт, 2004 – 360 с.
2. Грин А. А. Регрессионные зависимости по параметрам рабочего процесса в диагностировании и индицировании дизеля / А. А. Грин // Двигателестроение. – 1991. – № 1. – С. 91-93.
3. Диагностирование дизелей / Е. А. Никитин и др. – М. : Машиностроение, 1987. – 224 с.
4. Васькевич Ф. А. Погрешности индицирования главного судового двигателя // Двигателестроение. – 1988. – № 8. – С. 8-11.
5. Пойда А. Н. Основные принципы индицирования двигателей дискретными устройствами // Двигателестроение. – 1982. – № 8. – С. 44-47.
6. Фрайден Дж. Современные датчики : справочник. – М. : Техносфера, 2006. – 592 с.
7. Буймистряк Г. Я. Информационно-измерительная техника и технология на основе волоконно-оптических датчиков и систем. – Санкт-Петербург : Минатома, 2005. – С. 88-91.
8. Сопряжение датчиков и устройств ввода данных с компьютерами IBM PC : Пер. с англ. / Под ред. У. Томпкинса, Дж. Уэсбера. – М. : Мир, 1992. – 592 с.
9. Расчет силовых шпилек. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://krmatem.ru/detali/mashde30.htm>.

МОНИТОРИНГ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СРЕДНЕОБОРОТНОГО ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ K6S310DR

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

Одесский национальный морской университет

(Украина)

Введение. С помощью методов параметрической диагностики были улучшены рабочие характеристики и повышена экономичность среднеоборотных дизелей K6S310DR маневровых тепловозов ЧМЭЗ. Индицирование проводилось системой мониторинга D4.0H до и после очередного ремонта дизеля на станции реостатных испытаний в локомотивном депо № 1 Одесса-Сортировочная. Были выявлены и устранены неисправности в работе топливной аппаратуры высокого давления ТА и механизма газораспределения МГР. Особенности конструкции крышки цилиндра и установки форсунки дизеля K6S310DR позволили получить качественную картину топливоподачи и газораспределения на фоне развернутой р(φ) диаграммы рабочего процесса. В результате достигнуто равномерное распределение механических и тепловых нагрузок по цилиндрам дизеля, повышен моторесурс и устранен перерасход топлива.

Индицирование дизелей тепловозов с помощью D4.0H. Индицирование дизелей K6S310DR маневровых тепловозов ЧМЭЗ производилось на станции реостатных испытаний в локомотивном депо № 1 Одесса-Сортировочная. По требованию локомотивной службы индицирование производилось дважды: до и после плановых ремонтных работ. При необходимости, если после ремонта выявлялись критические замечания, циклы ремонт-индицирование повторялись.

Проведение предварительных исследований системы на дизеле K6S310DR показало, что можно оперативно получить достоверную диагностическую информацию о техническом состоянии ТА и МГР.

Основным измерительным элементом систем является датчик давления газов в цилиндре дизеля PS-20m [3]. Данные используются для расчета среднего индикаторного давления, индикаторной мощности цилиндра и определения основных параметров рабочего процесса. Вибродатчик VS-20m является вспомогательным датчиком системы [3]. Анализ виброимпульсов различных узлов топливной аппаратуры и цилиндропоршневой группы дизеля позволяет определять фазы топливоподачи и газораспределения, а также производить оценку технического состояния по формам вибродиаграмм.

Результаты индицирования дизеля K6S310DR маневрового тепловоза ЧМЭЗ до и после ремонтных работ приведены на рис. 1. При нагрузке выше 6-й степени наблюдался черный дым. Во время первого индицирования были зафиксированы значительные различия температур выпускных газов между цилиндрами (более 70 °С). Индицирование показало неравномерность мощностей цилиндров и максимальных давлений сгорания до 20 %, рис. 1 a1. На цилиндрах № 1, 2, 4 наблюдался дробный впрыск топлива. Кроме того, на цилиндрах № 1, 4 замена форсунок не привела сразу к исправлению ситуации и дробный впрыск сохранился.

Анализ вибродиаграммы на отсечной пробке топливного насоса высокого давления ТНВД показал вибродиаграмму, характерную для сниженного давления топливоподачи, т.е. потерю гидроплотности плунжерной пары ТНВД.

На цилиндрах № 2, 3 наблюдалась характерная двухимпульсная вибродиаграмма закрытия впускных клапанов (рис. 1 b1), а на цилиндре № 6 – выпускных клапанов (рис. 1d). Это вызвано нарушением в регулировке механизма газораспределения и асинхронностью работы клапанов.

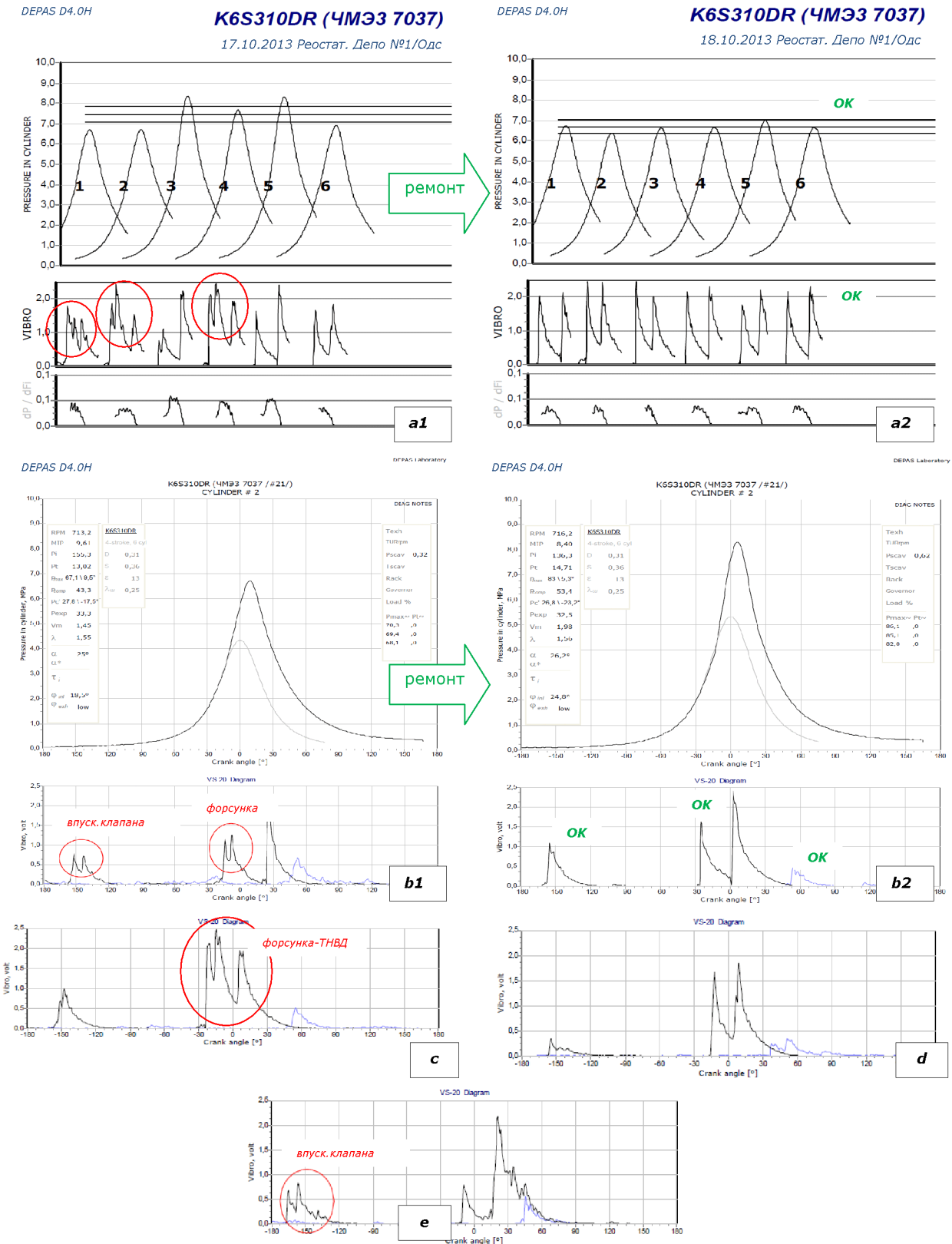


Рисунок 1 – Индицирование дизеля K6S310DR на станции реостатных испытаний в локомотивном депо № 1, Одесса-Сортировочная:

a1) сводный отчет об индицировании дизеля до и a2) после ремонтных работ; b1) развернутая индикаторная диаграмма цилиндра №2 до и после (b2) ремонтных работ; c) пример неисправности ТА высокого давления; d) пример неисправности выпускных клапанов; e) пример неисправности впускных клапанов

С использованием полученных диагностических данных было проведено несколько циклов ремонтных работ, с последующим индицированием и выявлением оставшихся дефектов. После окончания ремонтных работ индицирование показало следующие результаты:

- уменьшена неравномерность распределения мощностей по цилиндрам до 3 %, рис. 1a2;
- уменьшена неравномерность распределения максимальных давлений сгорания по цилиндрам до 3.5 %;
- уменьшена неравномерность распределения максимальных температур выпускных газов по цилиндрам до 5 %;
- вибродиаграммы впрыска, записанные с торца форсунок на всех цилиндрах характерны для нормальной работы ТА высокого давления в целом (двухимпульсные диаграммы с четко выраженными передними фронтами - подъем и посадка иглы форсунки, рис. 1b2).
- вибродиаграммы закрытий впускных и выпускных клапанов имеют вид характерный для синхронной работы клапанов - один импульс, причем максимумы виброимпульсов показывают фазы закрытий, совпадающие с их паспортными значениями, рис. 1b2. Это характеризует нормальную установку тепловых зазоров и, в целом, нормальное техническое состояние привода МГР.

В случае однофазного впрыска, применяемого на дизелях *K6S310DR* нормальная работа топливной аппаратуры высокого давления должна приводить, в конечном итоге, к подъему и посадке иглы в определенных, заданных фазах, см. 1b2. При этом подъем иглы форсунки должен происходить с определенной фазой опережения до ВМТ для этого типа СОД (т.е. выдерживаться фактический угол опережения впрыска). Любые изменения фаз подъема и посадки иглы (начала и окончания впрыска), а также многократные подрывы иглы являются следствием комплексного дефекта топливной аппаратуры высокого давления в целом.

При четырехклапанной системе газораспределения наиболее характерный дефект - асинхронность работы клапанов - проявляется в виде двойного импульса или множественных импульсов вибродиаграммы, рис. 1 b1,d,e. Отсутствие или искажение импульса на вибродиаграмме при закрытии клапанов тоже является признаком дефекта. Во всех этих случаях требуется контроль теплового зазора и профилактика механизма газораспределения. Формы виброимпульсов впускных и выпускных клапанов при нормальном техническом состоянии МГР показаны на рис. 1 b2.

Система D4.0H позволяет фиксировать перемещения иглы и, таким образом, контролировать работоспособность ТА высокого давления в целом. Параллельно с виброимпульсами форсунки при впрыске записываются и анализируются виброимпульсы, возникающие при посадке клапанов газораспределения, позволяя контролировать техническое состояние МГР.

Заключение. Испытания дизелей *K6S310DR* показали, что перерасход топлива, относительно паспортного значения в среднем до 7% и выше, возникает даже при не критическом снижении качества работы ТА и МГР, и последующей разбалансировке мощностей цилиндров. Многие тепловозы длительное время эксплуатируются в таком состоянии. Очевидна необходимость поддержания нормального технического состояния основных узлов и систем дизеля, влияющих на качество рабочего процесса.

Качество и эффективность ремонтных работ зависит от точности диагностической информации о характере и локализации дефекта. Проведение обычной процедуры индицирования с анализом одних лишь только индикаторных диаграмм $p(\varphi)$ не дает подробного описания дефектов, особенно это касается топливной аппаратуры высокого давления. Применяемая в системе D4.0H методика применения виброакустического анализа, параллельного с индицированием, является наиболее приемлемой на практике. Получение точной диагностической информации о техническом состоянии ЦПГ, ТА и МГР дизелей тепловозов позволило повысить эффективность ремонтных работ и проверить качество их исполнения. Проведенные мероприятия повысили эффективность и надежность работы дизеля, а также уменьшили расход топлива.

КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ВИГЛЯДУ ТА ПАРАМЕТРІВ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ РУХОМИМ ОБ'ЄКТОМ ТА ПІДГОТУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ПОСТОБРОБКИ

Вишнякова Є.В.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Алгоритми програмного забезпечення, що реалізуються безпосередньо в системі керування виконавчими механізмами рухомого об'єкта, в спрощеному вигляді для лінійних систем можуть бути формалізовані у вигляді системи ПІД-регуляторів та фільтрів [1]. До того, специфіка управління повітряним рухомим об'єктом полягає в виборі різних типів вхідних сигналів для різних типів виконуваних задач, наприклад стабілізація чи управління та різних визначальних параметрах сервомеханізмів. Слід також зазначити, що в процесі відпрацювання системи для різних режимів та для різних дистанційних керуючих засобів (пультів) може виникнути необхідність тимчасово відключати управління одним чи декількома каналами з метою виокремлення та перевірки роботи однієї з підсистем управління. З урахуванням зазначеного вище, необхідно формалізувати задачу побудови системи управління таким чином, щоб уникнути необхідності повторного кодування даних і легкості перебудови структури (чи налаштування параметрів) по можливості в польових умовах. Оскільки пілотажно-навігаційний комплекс повинен мати можливість зберігання основних польотних даних, тобто виконувати функції «чорного ящика», що могли б розшифровуватися та аналізуватися як в лабораторних, так і в польових умовах, то другою задачею підсистеми роботи з даними є запис поточної навігаційно-часової інформації приймача супутникової навігації та даних вимірів інших датчиків вкупі із зберіганням інформації про конкретні керуючі сигнали, що поступали на виконавчі механізми. Запис даних повинен проводитися з частотою збору інформації з датчиків яка є значно вищою від частоти передавання інформації на наземну станцію спостереження, оскільки та обмежена об'ємом каналу передачі даних. Подібний варіант дозволяє більш детально опрацювати данні від пристроїв та датчиків.

Постановка задачі. Підсистема збору та зберігання даних – як таких, що використовуються для налаштування інших підсистем, так і таких, що використовуються в подальшому для пост обробки – повинна бути спланована як складова частина пілотажно-навігаційного комплексу (ПНК) для керування рухомим об'єктом.

Через те, а також для спрощення функціонування як в лабораторних, так і в польових умовах вищенаведені проблеми пропонується вирішувати шляхом створення файлів спеціального формату, що зберігатимуться в файловій системі аналогічно звичайним. При збереженні поточних даних з метою забезпечення цілісності записуються тільки дані, що пройшли додаткову перевірку згідно заздалегідь обумовленого протоколу.

Для уникнення додаткових небажаних контактів з зовнішнім середовищем під час польоту, а саме запис провадиться у внутрішню пам'ять блоку пілотажно-навігаційного комплексу та можуть бути записаними (файл налаштувань) чи зчитаними(файл.файли даних) за допомогою інтерфейсу USB.

Результати досліджень. Для вирішення вищенаведених задач було виконано наступне Обрано тип внутрішньої флеш-пам'яті [2] з урахуванням можливості запису блоків вхідної інформації від зовнішніх датчиків без втрати цілісності (перевірялось шляхом розшифрування записаної інформації з перевіркою контрольних сум та вирахуванням інтервалів часу між сусідніми записами)

1) проаналізовано співвідношення між обсягами записуваної інформації та часом експерименту – як в лабораторних, так і в польових умовах;

2) розроблено формат запису файлу для формалізації роботи системи управління у вигляді текстових секцій, зокрема для режиму стабілізації.

Файл умовно поділяється на дві секції – секцію характеристик сервоприводів, в якій на початковому етапі записуються максимальні кути повороту для кожного сервоприводу(в градусах) і «секцію стабілізації», що включає в себе секцію параметрів/налаштувань по трьом основним каналам управління рухомим об'єктом, зокрема канали крену, курсу, тангажу.

Для кожного з каналів записуються наступні данні:

- а) чи провадиться регулювання/стабілізація по данному каналу(use);
- б) коефіцієнти використовуваного регулятора (k_p, k_d, k_i) та інженерний коефіцієнт компенсації k_e (призначений для компенсації невідповідності між обрахованим та фактичним управлінням сервомеханізмом.;
- в) використанн чи не використання додаткового фільтру(use_filter)
- г) в разі використання фільтру – коефіцієнт пропорційності фільтру k_f та стала фільтру T_f .

3) з метою полегшення роботи по налаштуванню системи управління створено програму для персонального комп'ютера, для автоматизації внесення даних в форму-налаштування зовнішній вигляд якої зображений на рис. 1;

4) в флеш-пам'яті створено файлову систему, що дозволяє стаціонарному комп'ютеру сприймати пілотажно-навігаційний блок підключений через інтерфейс USB як флеш-картку, без застосування додаткового програмного забезпечення.

канал 1	канал 2	канал 3	канал 4	канал 5	канал 6	канал 7	канал 8
30	30	30	30	30	30	30	30

Данні, необхідні для регулювання по каналах

Крен | Курс | Тангаж

Стабілізоване значення
 Задане
 Останнє, ввелене в ручному режимі

Стабілізується кут(град)
0

Коефіцієнти регулювання

k_p 15.05 k_e (компенсатор) 0 наявність фільтру
 k_d -0.05
 k_i -0.05

запис

Рисунок 1 - Автоматизована форма заповнення файлу налаштування підсистем управління каналами рухомого об'єкту

Використаний підхід дозволив виокремити підсистему даних пілотажно-навігаційного комплексу, пов'язану з іншими частинами комплексу відповідними інтерфейсами обміну інформацією. Функціональну схему інформаційних зв'язків наведено на рис. 2.

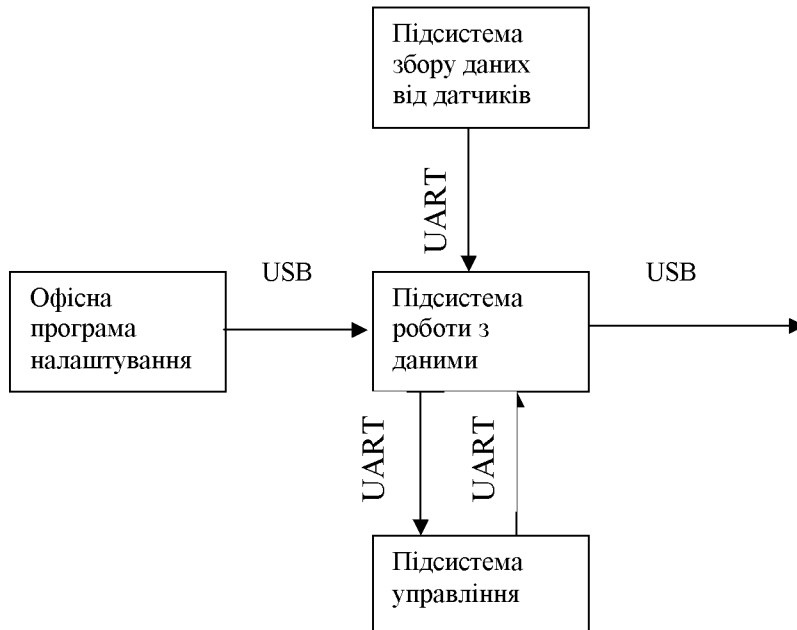


Рисунок 2 - Функціональна схема інформаційних зв'язків між підсистемами пілотажно-навігаційного комплексу

Запропонований підхід в подальшому буде поширюватися на режим автоматичного пілотування шляхом введення додаткових секцій, різновидів фільтрів та можливим поширенням ємності пам'яті чи зміною формату файлової системи.

Висновки. На етапі підготовки до випробувань рухомого об'єкту в польових умовах створено підсистему спрощеного налаштування структури підсистем управління основними каналами управління сервомеханізмами. Використання такої технології дозволяє уникнути перепрограмування системи кожного разу в лабораторних умовах. Подібна технологія дозволяє розглядати блок пілотажно-навігаційного комплексу в якості «чорного ящика», в якому зберігаються відомості про основні параметри роботи системи. Легкість переносу даних за допомогою інтерфейсу USB дає можливість уникнути створення спеціальних додатків, що скорочує час навчання персоналу, котрий експлуатує апаратуру.

Разом з тим запропонована технологічна модель потребує додаткових досліджень в сфері безпеки користування і в разі можливості може бути перероблена на лабораторно-переносний варіант, в якому сторонні користувачі не зможуть мати доступу до інформації без спеціальних програмних додатків та вміння працювати з такими додатками.

ЛІТЕРАТУРА

1. Попович М. Г., Ковальчук О. В. Теорія автоматичного керування : підручник. – К. : Либідь, 1997. – 544 с.
2. 1Gb_nand_m48a.pdf // User Manual Micron – 70 с.

АНАЛИЗ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ГАЗОТУРБОГЕНЕРАТОРА СИСТЕМЫ НАДДУВА ДИЗЕЛЕЙ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ

Вороненко С.В., Даник В.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Одним из направлений повышения экономичности и надежности судовых энергетических систем является применение утилизационных турбогенераторов, в том числе и комбинированных газотурбогенераторов системы наддува дизелей. В таких системах используются турбокомпрессоры наддува со встроенными электрическими машинами. При этом успешно решаются вопросы обеспечения наддува при пуске дизеля и его работе на малом ходу, а также, обеспечение устойчивой работы системы при избыточной мощности турбины. Однако, в таких системах увеличивается инерционность турбокомпрессора, что может привести к неустойчивой работе дизеля при переходных режимах.

Актуальность исследований. Как известно, от инерционности турбокомпрессора в значительной мере зависит устойчивая работа дизеля при переходных режимах, вызванных изменением подачи топлива или нагрузки на двигатель. В этом случае, из-за инерционности турбокомпрессора, происходит отставание увеличения подачи воздуха и, соответственно, возникает дымность двигателя, увеличивается температура выхлопных газов и их удельный объем, что может вызвать помпаж компрессора и остановку дизеля.

Результаты исследований. Применение турбокомпрессора наддува со встроенной электрической машиной, представленного на рис. 1 и 2, позволяет существенно повысить эффективность утилизации тепла выхлопных газов судовых дизелей, обеспечить устойчивую работу компрессора при различных установившихся режимах работы двигателя, а также, как отмечено выше, наддув дизеля при пуске и работе на малых частотах вращения.

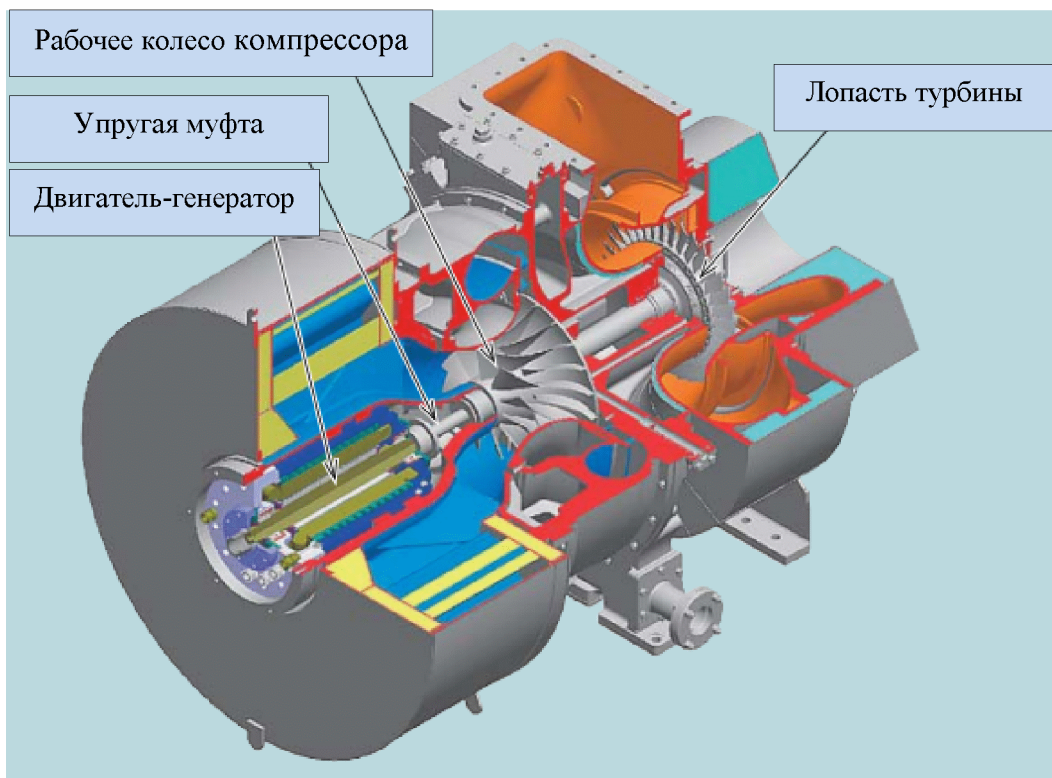


Рисунок 1 – Турбокомпрессор наддува с электрической машиной

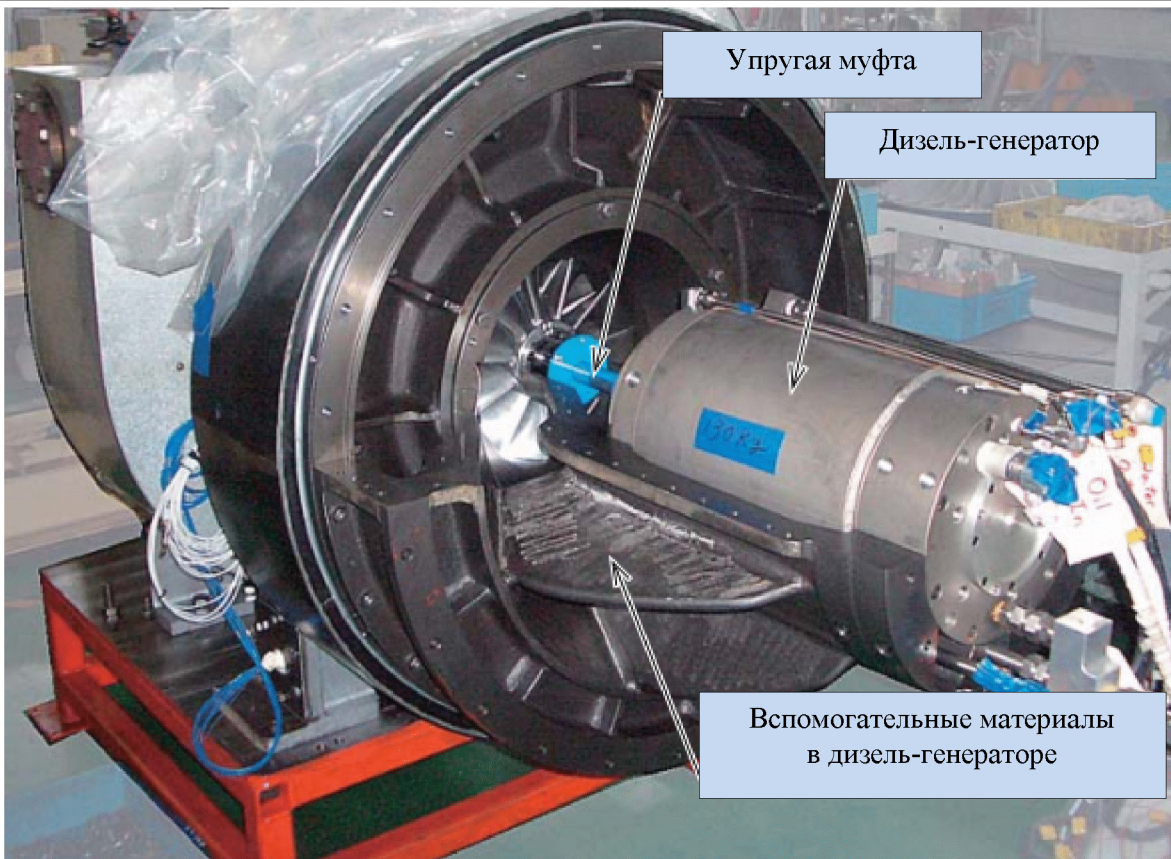


Рисунок 2 – Размещение электрической машины в турбокомпрессоре

Вместе с тем, в комбинированном турбокомпрессоре увеличивается инерционность, так как увеличивается момент инерции вращающихся масс. В представленном турбокомпрессоре вращающиеся массы увеличиваются примерно на 30 ÷ 35%.

Инерционность турбокомпрессора при изменении режимов работы двигателя, например в сторону увеличения подачи топлива, является причиной отставания подачи топлива в двигатель. Вследствие чего возникает дымность, а в отдельных случаях и остановка двигателя. Кроме того, при этом увеличивается температура газов и их удельный объем, что может вызвать помпаж компрессора. Помпаж компрессора возможен также из-за резкого увеличения момента на валу, что приводит к снижению частоты вращения валодвигателя.

Уравнения турбокомпрессора с электрической машиной (ЭМ) имеет вид:

$$2\pi \cdot J_{\tau} \cdot \frac{d\omega_{\tau}}{dt} = M_{\tau} - M_{\kappa} - M_{эм},$$

где ω_{τ} – частота вращения турбокомпрессора; J_{τ} – момент инерции вращающихся масс (турбины, компрессора и ЭМ); M_{τ} , M_{κ} , $M_{эм}$ – моменты турбины, компрессора и ЭМ соответственно.

Анализ приведенного уравнения показывает, что повысить устойчивость работы турбокомпрессора возможно изменением режимов работы ЭМ (генератора). Это определяется тем, что скорость электромагнитных процессов в ЭМ на порядок выше, чем механических. В связи с этим, изменением мощности ЭМ можно обеспечить соответствующее изменение частоты вращения турбины и подачи воздуха в двигатель. Так, уменьшение мощности ЭМ приведет к уменьшению, а следовательно, и к увеличению частоты вращения турбины, и наоборот.

Учитывая, что в качестве ЭМ в системе целесообразно использовать нерегулируемую асинхронную машину, то изменение ее мощности можно производить

изменением мощности преобразователя частоты, время регулирования которого близко к нулю. То есть, изменение режима работы турбокомпрессора будет определяться только его характеристиками и параметрами.

Вывод. Для обеспечения устойчивой работы комбинированного турбокомпрессора наддува при различных режимах работы дизеля необходимо обеспечить регулирование мощности генератора с учетом изменения режимов работы двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов Э.В. Системы газотурбинного наддува судовых дизелей / Э. В. Корнилов, П. В. Бойко. – Одесса : Студия «Негоциант», 2006 – 224 с.
2. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями.
3. Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники / И. М. Чиженко, В. С. Руденко, В. И. Сенько. – К. : Вища школа, 1983.
4. Руденко В.С. Основы промышленной электроники / В. С. Руденко, В. И. Сенько, В. В. Трифонюк. – К. : Вища школа, 1985.
5. Красношарпа М. М. и др. Плавнорегулируемые трансформаторы, асинхронные и бесконтактные синхронные машины. – М. : Радио и связь, 1992.

A CONCEPT OF BALLAST WATER TREATMENT ON THE BASIS OF MULTI-ALTERNATIVENESS

Goncharenko A.V., Evdokimova V.A.

Kherson state maritime academy

(Ukraine)

Introduction. In all cases of an environmental pollution control we face a problem of choice amongst some alternatives. At a ship operation it deals with oil pollution, as well as other kinds of water and air pollution. Here, we apply an illustration of the pollution and harmful effects of ballast operations.

Theoretically, we cannot avoid the pollution, hence its negative results, absolutely; therefore, we may talk just of a minimization of the pollution effects.

The related literature sources survey. For all participants: international/intergovernmental organizations, national/governmental institutions, classification societies, ship designers, shipyards, ship owners, fleet operators, inspecting, prosecuting, judge, and punishment executing institutions – of the pollution control/management system [1]-[8] there are, related to their fields of activity and responsibility, sets of alternatives. Legislation organizations and all those parts of the other players who are supposed to deal with the matter elaborate international, national, and special conventions, laws, regulations, guidance, and procedures [1]-[3] in accordance with the scientifically proven environmental dangers and social needs [4]-[10] with respect to the achieved level of technological and engineering development [7]-[11].

Ship designers, shipyards, ship owners should obey to these mandatory documents at the caring on the process of the ship building [11]. Although, they also have some optional diapasons and sets of alternatives for making their choices.

Operators are also assumed to follow the regulations, as well as controlling them and other members of the process.

They are all subjects (active elements of the system of the pollution management) and they act accordingly to the postulated in subjective analysis [12]-[14] subjective entropy maximum principle by Professor V.A. Kasianov. The presented paper objectives are the scientific explanation and prognosis of the optimal ways of marine vessels operation and control with respect to the environmental protection on the basis of the mentioned principle.

The problem formulation. For the operators, the major problem is to make optimal decisions concerning the modes of operation and effective functioning of their vessels.

According to [1]-[11] and following [15] we will consider a variation of a controlled parameter x (the intensity of the ballast water treatment) and a few, however, principal functions dependent upon the parameter. These are: $Y(x)$ – harmful effects in total, resulting from the ballast waters organisms, their sediments, and other negative factors that accompany the processes of the ballast water treatment; $S(x)$ – total, separately for the spent efforts, effects of the treatment implementation; and the summary result: $R(x)$ of the both effects: $Y(x)$ and $S(x)$, which on condition of a common dimension would be

$$R(x) = S(x) + Y(x). \quad (1)$$

The environmental protection engineering paradigm says that $Y(x)$ has a general tendency for decreasing and $S(x)$ – for increasing while the intensity of the corresponding environmental protection measures support: x grows. In such circumstances we look for the minimal value of $R(x)$ with respect to x , which is believed to be the optimal.

Taking into account the discrete or continuous character of the parameter of x , we consider a corresponding set of operational alternatives and get the operational controlling functions in the view of canonical distributions of individual preferences [12]-[14], [16] that symbolizes the

effectiveness of the vessel's functioning, thus the optimal control of her operation in the situation of multi-alternativeness.

In accordance with the subjective entropy maximum principle the objective functional in the most general case has the view of a linear combination [13, p. 119, (3.38)]:

$$\Phi_{\pi} = \alpha H_{\pi} + \beta \varepsilon + \gamma N, \quad (2)$$

where π – function of the individual's subjective preferences distributed on the set of reachable for the responsible person's goals alternatives; α, β, γ – structural parameters, they can be considered in different situations as the uncertain Lagrange multipliers, weight coefficients or endogenous parameters which represent certain psychic properties of the responsible person; H_{π} – subjective entropy; $\varepsilon = \varepsilon(\pi, U, \dots)$ – function of subjective effectiveness, where U – utility function; N – normalizing condition.

The researches results. Numerical simulation with the use of some mathematical modeling dependencies demonstrates the optimal generalized intensity of the ballast water treatment.

Supposing the continuous character of the intensity x in the possible changing diapason $[x_0 \dots x_1]$ and the mathematical modeling dependencies similar to [15].

$$Y(x) = \frac{1}{a \cdot (x - d)}, \quad (3)$$

where a and d – parameters;

$$S(x) = b \cdot (x - d)^c, \quad (4)$$

where b and c – parameters; we obtain the model for

$$R(x) = S(x) + Y(x) = b \cdot (x - d)^c + \frac{1}{a \cdot (x - d)}. \quad (5)$$

In analogy to [16]

$$\Phi_{\pi} = \int_{x_0}^{x_1} [-\pi(x) \ln \pi(x) - \beta \pi(x) R(x)] dx + \gamma \left[\int_{x_0}^{x_1} \pi(x) dx - 1 \right]. \quad (6)$$

Then, for the necessary condition of extremums existence in the view of the Euler-Lagrange equation:

$$\frac{\partial F^*}{\partial \pi} - \frac{d}{dx} \frac{\partial F^*}{\partial \pi'_x} = 0, \quad (7)$$

where F^* – underintegral function of functional (6); but, in the given case

$$\frac{\partial F^*}{\partial \pi'_x} \equiv 0, \quad (8)$$

hence,

$$\frac{\partial F^*}{\partial \pi} = 0, \quad (9)$$

it yields the sought solution in the view of the canonical distribution of the individual preferences function density:

$$\pi(x) = \frac{e^{-\beta R(x)}}{\int_{x_0}^{x_1} e^{-\beta R(x)} dx}. \quad (10)$$

It is quite easy to check that, obviously, the normalizing condition is satisfied:

$$\int_{x_0}^{x_1} \pi(x) dx = 1. \quad (11)$$

The calculation experiment with the assumed data: $x_0=1$; $x_1=3$; $a=0.5$; $c=3$; $b=3$; $d=1$; $\beta=0.9$ is illustrated in fig. 1.

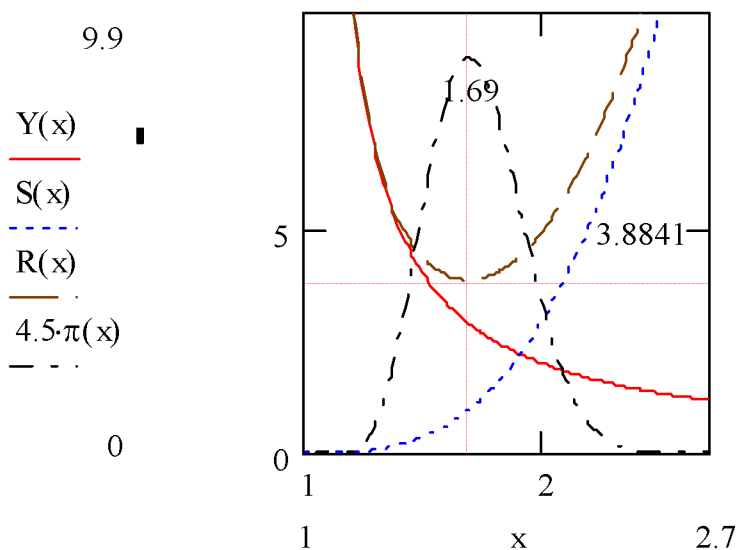


Figure 1 – The optimal value of the operational alternative as the intensity of the ballast water treatment and its controlling function as the individual preferences function density distributed on the continuous alternative

Conclusions. The proposed theoretical approach (1)-(11) allows obtaining the scientifically substantiated intensities of ballast water treatment, as well as the optimal controlling influence upon the operational processes with respect to the environmental protection support. Further researches are perspective in the directions of some other different problems settings, for instance, in case of a voyage performance.

REFERENCES

1. IMO Assembly Resolution A 868(20) Guidelines for the control and management of ships' ballast water to minimize the transfer of harmful aquatic organisms and pathogens, adopted on 27 November 1997. – 17 p.
2. Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, and its Protocol of 1988: articles, annexes and certificates. London: IMO. 2009 – 566 p.
3. International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments. London: IMO. 2004 – 37 p.
4. Enger E. D. Environmental science: A study of interrelationships: 6th ed. / E. D. Enger, B. F. Smith. – Boston, Massachusetts, USA: WCB / McGraw-Hill Companies, Inc., 1998. – 456 p.
5. Cunningham W. P. Environmental science. A global concern: 3rd ed. / W.P. Cunningham, B.W. Saigo. – Dubuque, IA, USA: WCB / Wm. C. Brown Publishers, 1995. – 612 p.
6. Gross M. Life on the edge. Amazing creatures thriving in extreme environments / M. Gross. – Cambridge, Massachusetts, USA: PERSEUS BOOKS, 1999. – 200 p.
7. Kolstad Ch. D. Environmental Economics / Ch. D. Kolstad. – New York, USA: Oxford. Univ. Press, 2000. – 400 p.
8. Davis M. L. Introduction to Environmental Engineering: 3rd ed. / M. L. Davis, D. A. Cornwell. – Boston, Massachusetts, USA: WCB / McGraw-Hill, International Editions, 1998. – 919 p.

9. Mc Graw-Hill encyclopedia of environmental science & engineering / editors in chief, Sybil P. Parker, Robert A. Corbitt. – 3rd ed. – New York, USA: McGraw-Hill, Inc., 1993. – 749 p.
10. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности / П.Г. Белов. – К.: КМУГА, 1997. – 426 с.
11. Klaas van Dokkum SHIP KNOWLEDGE: Covering Ship Design, Construction and Operation: 2nd Edition / Klaas van Dokkum. – Enkhuizen, The Netherlands: DOKMAR, 2005. – 376 p. (ISBN 90-806330-6-2) (Donated to Kherson Maritime College by Marlow Navigation)
12. Касьянов В. А. Элементы субъективного анализа: монография / В. А. Касьянов. – К. : НАУ, 2003. – 224 с.
13. Касьянов В. А. Субъективный анализ: монография / В. А. Касьянов. – К. : НАУ, 2007. – 512 с.
14. Kasianov V. Subjective entropy of preferences. Subjective analysis: monograph / V. Kasianov. – Warsaw, Poland: Institute of aviation, 2013. – 644 p.
15. Goncharenko A. V. Research of operational effectiveness changes / A. V. Goncharenko // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : Республіканська науково-практична конференція, Херсон, 5-7 жовтня 2010 р.: матеріали конф. – Херсон, 2010. – С. 20-23.
16. Goncharenko A.V. Expediency of unmanned air vehicles application in the framework of subjective analysis / A. V. Goncharenko // 2013 IEEE 2nd International Conference «Actual Problems of Unmanned Air Vehicles Developments» Proceedings. – К. : Освіта України, 2013. – pp. 129-133. (Вторая международная научно-техническая конференция: «Актуальные проблемы развития беспилотных летательных аппаратов») Киев, 15-17 октября 2013 года (IEEE Catalog Number: CFP1329V-PRT).

ВЛИЯНИЕ ПРОСТОЕВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Груздев В.В.

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Продолжительность использования многих видов транспортных средств исчисляются десятками лет. На протяжении этого времени необходимо бесперебойно поставлять для машин запасные части, проводить профилактические и плановые работы по их обслуживанию и ремонту. Связанные с этим затраты средств и труда за полный срок эксплуатации машин иногда в 5-10 раз и более превышают затраты на их изготовление [1, 2].

Постановка задачи. Показать среди разнообразия современных видов транспорта общие проблемы, которые имеют место при их эксплуатации и ремонте, в частности влияние простоев транспортных средств на эффективность их функционирования.

Результаты исследования. На рис.1 схематично показаны временные циклы существования транспортной техники. Как видно, с ростом времени старения транспортного средства T_c временные циклы, связанные с активной эксплуатацией постепенно уменьшаются, т.е. $Ц_{э1} > Ц_{э2} > Ц_{э3}$, а продолжительность циклов простоя, включая ремонт, постепенно возрастает: $Ц_{н1} < Ц_{н2} < Ц_{н3}$, что отражено на оси абсцисс.

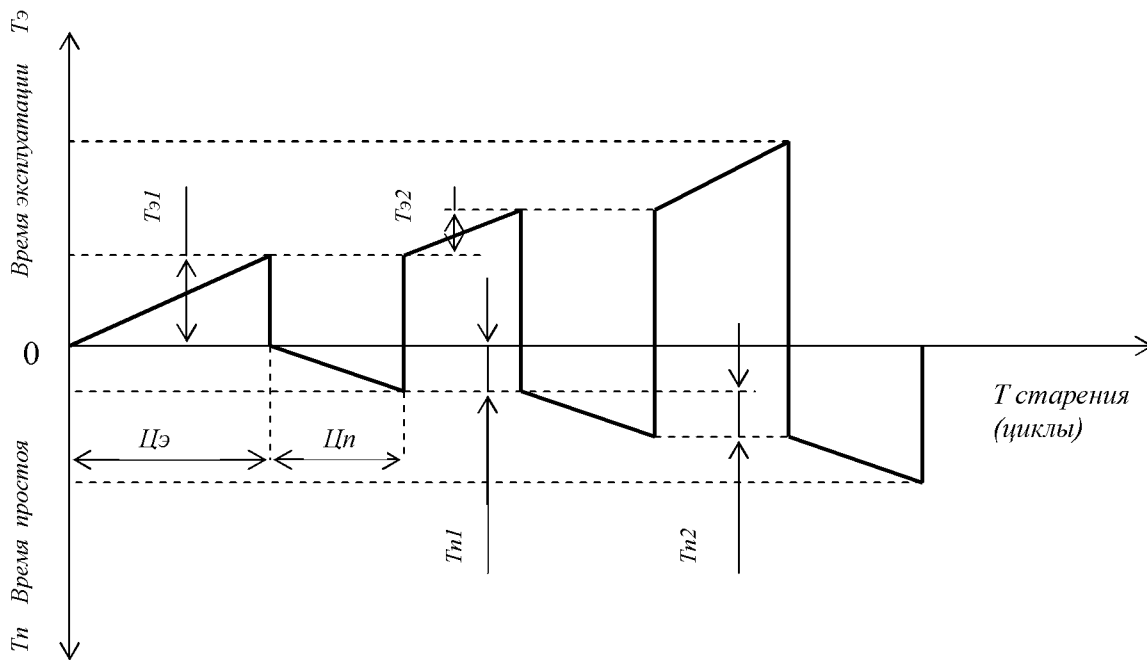


Рисунок 1 – Временные циклы существования средств транспорта

Если же судить о времени активной эксплуатации $T_э$ по оси ординат, то с каждым циклом оно изменяется в основном в сторону уменьшения, т.е. $T_{э1} > T_{э2} > T_{э3}$ и т.д. в то же время период простоя с каждым циклом увеличивается: $T_{н1} < T_{н2} < T_{н3}$ и т.д. Эта общая закономерность объясняется многими причинами, но в основном качеством ремонта, его организационными проблемами, наличием запасных частей, технологической и инструментальной оснастки, квалификацией персонала и др.

Следует заметить, что сами циклы эксплуатации $Ц_{эi}$ не являются непрерывными даже при исправных средствах транспорта и включают простои по многим причинам. К ним можно отнести простои в обеденное и ночное время, из-за непогоды и человеческого фактора, в транспортных пробках, отсутствия электроэнергии, топлива,

ошибок планирования и др. Поэтому время эксплуатации $T_э$ для каждого цикла будет прерывистым, как показано на рис. 2, где t_1 , t_2 , t_3 – время простоя исправного транспортного средства из-за различных причин.

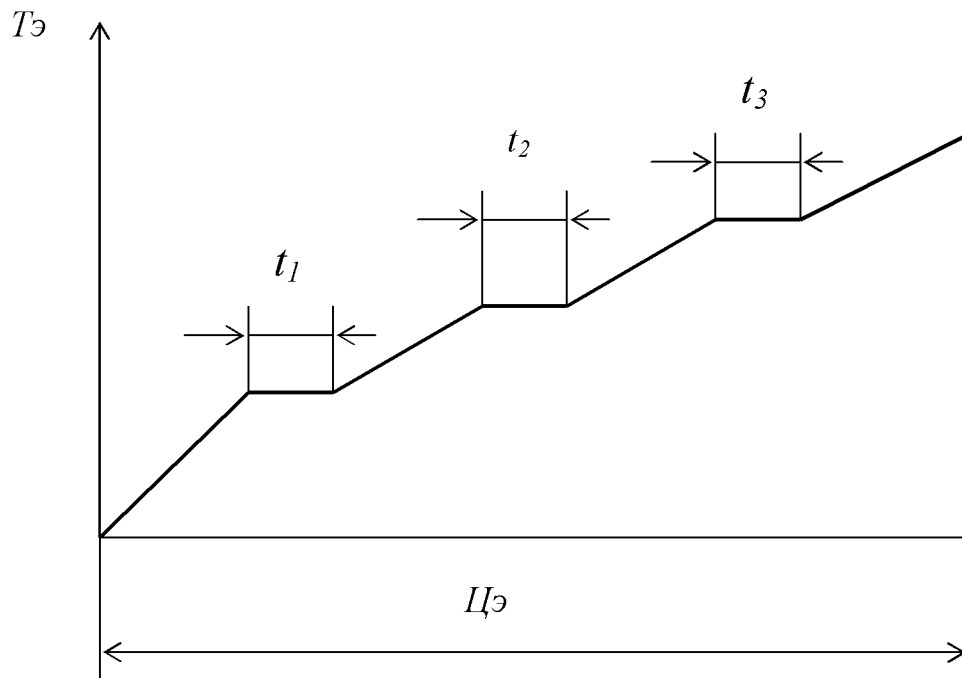


Рисунок 2 – Время эксплуатации исправных транспортных средств

В этом плане представляет интерес работа [3], в которой рассмотрено управление техническим состоянием судовых энергетических установок на основе метода формализованной оценки риска и безопасности. Известны аналогичные по целям работы, относящиеся к другим видам транспортных средств. Однако в этих работах не затрагиваются вопросы потерь из-за простоя транспортных средств по причинам ремонта.

Выводы. Все без исключения транспортные средства, несмотря на их разнообразие, не имеют непрерывное время эксплуатации, что формирует время простоев.

При оценке жизненного цикла транспортных средств следует учитывать не только время активной эксплуатации, но и время простоя и ремонта.

Оценка времени простоя при ремонте разнообразных средств транспорта является сложной задачей из-за трудности учета различных факторов, включая степень подготовки инструментального оснащения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шахов А. В., Чимшир В. И. Управление проектом функционирования ремонтнопригодных технических систем // ОНМУ. – Одесса : Феникс, 2007. – 180 с.
2. Мазур И. И., Шапиро В. Д. и др. Управление проектами: справочник для профессионалов – М. : Высшая школа, 2001. – 875 с.
3. Семионичев Д. С. Управление техническим состоянием СЭУ на основе метода формализованной оценки безопасности: дис. к.т.н. – Санкт - Петербург, 2010. – 228с.

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ

Денисов В.Г.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Постановка проблемы. Современные требования к эксплуатации механизмов судовой энергетической установки (СЭУ) вызывают необходимость создания систем управления технологическим процессом, позволяющих:

во-первых, повысить безопасность и надежность технологического оборудования на различных режимах его работы;

во-вторых, сократить потери и повысить экономическую эффективность эксплуатации СЭУ;

в третьих, устранить возможность влияния ошибок обслуживающего персонала и принятия им не эффективных решений.

Решение проблемы. Для решения указанных задач в условиях эксплуатации необходимо непрерывное оценивание состояния элементов СЭУ и своевременного восстановления его работоспособности.

Существует множество методов оценки состояния и поиска дефектов. Анализ показывает, что наряду с их эффективностью, они обладают целым рядом недочетов, связанных как с процедурой обработки информации с достаточно большого количества контрольных точек СЭУ, так и с выполнением разветвленных алгоритмов.

Наиболее существенными особенностями при диагностировании технологических процессов в СЭУ являются:

их многосвязность, как сложных процессов с большим количеством параметров состояния;

наличие элементов процессов с разными физическими принципами действия, что затрудняет универсализацию зависимостей;

непрерывность протекания процессов во времени в ряде случаев требует оценивать их динамические характеристики;

для большинства элементов СЭУ возможны частичные отклонения параметров, асимметрия идентичных параметров и другие разнообразные отклонения, связанные с изменением условий эксплуатации.

Существующие методы не учитывают особенности технологических процессов СЭУ в полном объеме, а также требуют значительных временных периодов при обработке информации с большого количества контрольных точек СЭУ.

Главным в решении проблем, связанных диагностикой технологических процессов в СЭУ, являются:

- оценка их состояния с минимумом затрат на анализ необходимой информации;
- определение, локализация и поиск дефектов отдельных элементов СЭУ;
- оценка состояния и перспектива сохранения технологии процесса в СЭУ;
- прогноз возникновения и развития дефектов.

Выводы. Решение этих проблем возможно за счет создания автоматизированных систем технического диагностирования и может решаться двумя путями:

- созданием интеллектуальных систем управления технологическим процессом;
- созданием автономных систем искусственного интеллекта, включаемых в состав распределяемых систем управления технологическими процессами СЭУ в виде программно-технических комплексов, программных комплексов и предназначенных для интеллектуализации тех или иных функций управления, в частности функций регулирования, измерения, выработки, поддержки управляющих решений.

ШВАРТОВКА НОСОМ КОНВЕНЦИОННОГО ТАНКЕРА К ТОЧЕЧНОМУ ПРИЧАЛУ

Деревянко А.А.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Постановка проблемы. Швартовка носом к точечному причалу является одним из наиболее сложных вариантов швартовки из-за того, что требует от судоводителя точного выхода с полной остановкой в заданную точку при полном отсутствии или минимальном буксирном обеспечении. Ошибки и повреждение грузового терминала точечного причала или танкера приводят не только к огромным финансовым потерям, но и в некоторых случаях к экологическим катастрофам и потерям человеческих жизней.

Необходимо получить алгоритм работы судоводителя при решении задачи планирования траектории маневрирования и швартовки к точечному причалу, исходя из навигационной обстановки, буксирного обеспечения или его отсутствия и с учётом влияния внешних условий.

Решение проблемы. Зачастую успешность операции зависит исходя из опыта Швартовного Капитана – Лоцмана предоставляемых Терминалом и Капитана Танкера.

Следует подразделять точечный причалы на моно-буи в плавучем состоянии и находящиеся на мёртвом якоре и точечные жёсткие конструкции позволяющие швартовать танкера только лишь через носовую буксирную линию.

Некоторую сложность вызывает тот фактор, что буй с швартовной линией вытягивается от точечного причала в зависимости от суммарного ветрового дрейфа и дрейфа от течения. Длина этой линии невелика и иногда находится в непосредственной близости к точечному причалу. А по этой причине, крупнотоннажное судно должно подойти на минимальной скорости к бую швартовной линии, поднять его на борт и закрепить швартовную линию с таким расчётом, чтобы судно было остановлено на безопасном расстоянии от точечного причала и не повредило терминал. Дополнительную сложность вызывает тот фактор, что некоторые терминалы не имеют собственных буксирных судов, и крупнотоннажные танкера вынуждены подходить самостоятельно.

При планировании движения построение траектории предлагается начинать с точки окончания операции. Этот приём будем называть инверсным методом планирования траектории движения.

Будем рассматривать следующие этапы:

- участок прицеливания $H_n - H_{ц}$, от исходной точки начала маневрирования $H_{ц}$ до момента подачи команды на перекладку руля H_n ;
- криволинейное движение с переложным рулём $H_n - K_{ц}$, от момента подачи команды на перекладку руля H_n до момента окончания одерживания поворота и выхода на новый курс в точке $K_{ц}$;
- участок торможения $H_t - K_t$, от момента подачи команды для работы машины на задний ход H_t до момента остановки судна.

Коротко процесс маневрирования можно описать так – прицеливание (П), циркуляция (Ц), прицеливание (если необходимо) после циркуляции и торможение (В). Процесс маневрирования будет выполнен оптимально П-Ц-П-Т, если один этап, будет следовать за другим без перерыва и судно при этом будет управляться в течении всего времени маневрирования.

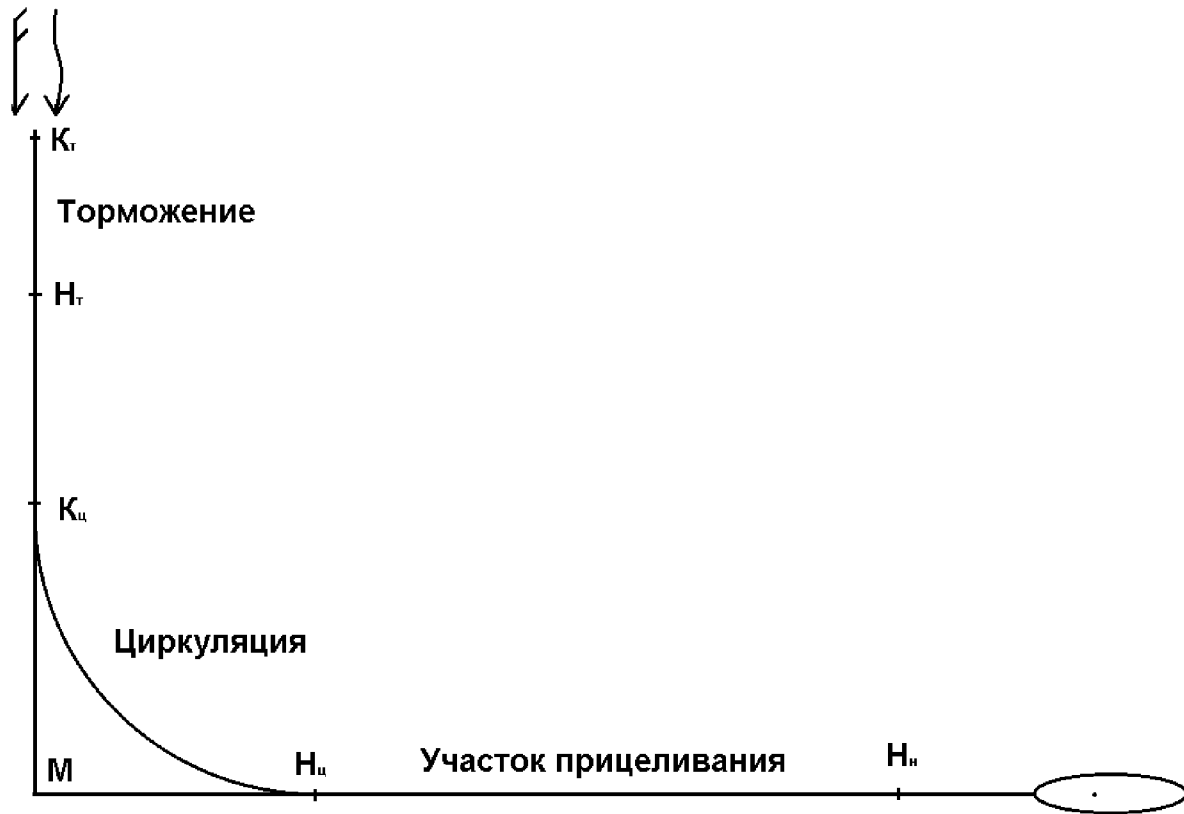


Рисунок 1 – Планирование схемы швартовки к моно-бую инверсным способом

Начальный этап снижения хода до безопасного маневренного, сбор информации о гидрометеорологических факторах, фактической навигационной обстановке и расположению буя швартовочной линии, определяет окончательное планирование всей операции. Завершающим этапом швартовки является выход судна на позицию для подъема швартовочной линии с буем, с таким расчетом, чтобы иметь точечный причал и швартовочную линию с буем на острых курсовых углах, суммарная сила дрейфа швартовочной линии и буя должна находиться на линии форштевня судна, а дистанция до буя должна быть достаточной для полной остановки судна и подъема буя швартовочной линии на борт. Последовательность операции приведена на рис. 2.

Следующий этап включает само маневрирование по выходу к месту и выравниванию судна, максимально приближенное к позиции для выхода на швартовочную линию моно-буя, с учетом того, что скорость к окончанию второго этапа должна быть минимальной для удержания его в заданной позиции и не высокой для того, чтобы судно было остановлено в пределах ограниченного пространства. Обычно к концу второго этапа скорость снижается ниже двух узлов (примерно 1.5 узла), а непосредственный подход к бую швартовочной линии осуществляется на скорости примерно 0.5-0.7 узла.

Заключительный этап включает в себя саму заводку швартовочной линии, торможение и выход на швартовочную линию моно-буя. На рисунке приведена последовательность операций подхода и швартовки. При отсутствии буксиров судно подходит самостоятельно. При наличии одного буксира заводится кормовой буксирный конец для предотвращения навала на точечный причал. Следует отметить, что подход без буксиров возможен только при швартовке к моно-бую и неприемлем для жестко сочлененных причалов. При наличии дополнительного буксира, он как правило размещается в районе правой скулы танкера для помощи в более точном выходе и предотвращения навала на точечный причал.

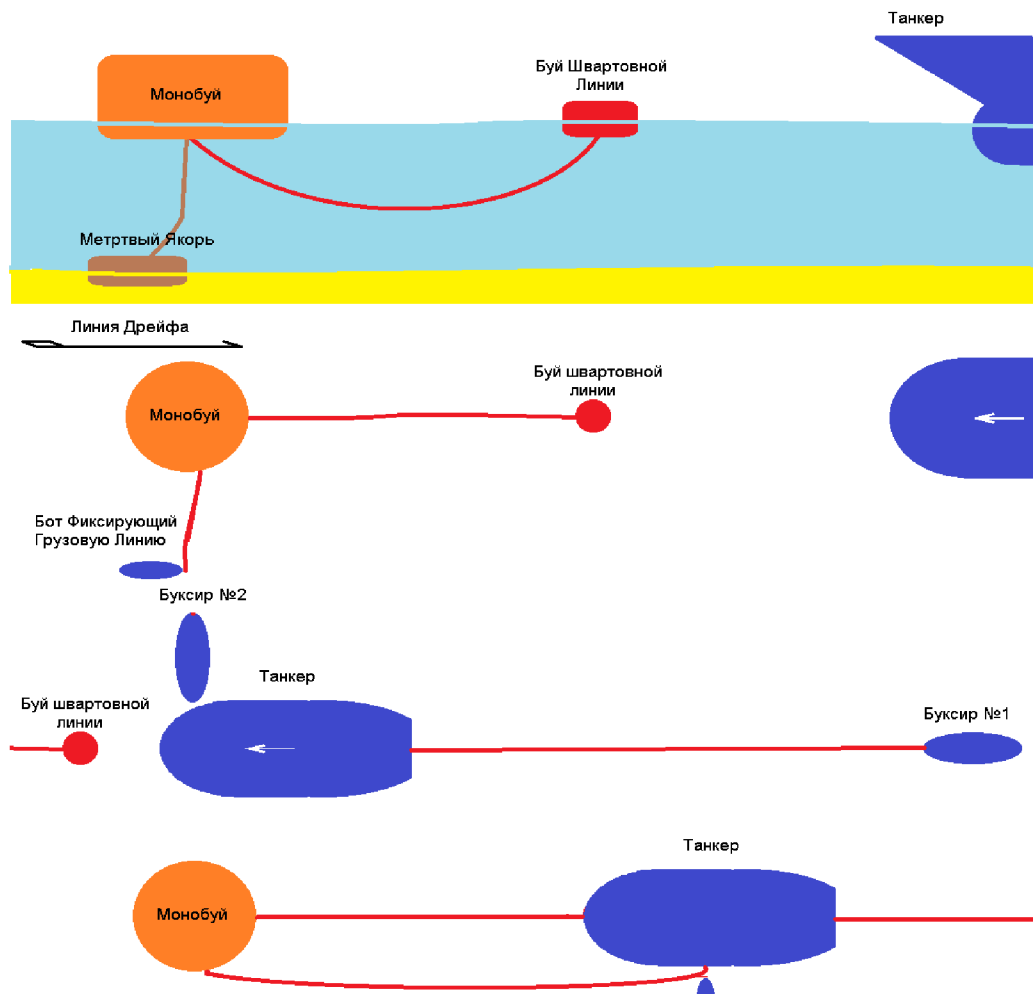


Рисунок 2 – Последовательность операций подхода и швартовки

Выводы. Результатом экспериментальных наблюдений и тактико-технических данных танкера решается задача получения алгоритма работы судоводителя, графическо-аналитической траектории движения от начальной точки момента подхода (начала маневрирования и торможения) к точечному причалу до момента выхода и остановки в точке нахождения буя швартовочной линии. Требуемый алгоритм особенно актуален для крупнотоннажных судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Recommendations for Equipment Employed in the Bow Mooring of Conventional Tankers at Single Point Moorings. / OCIMF / Fourth Edition May 2007 – С. 34
2. Мальцев А. С. Инверсный метод планирования траектории движения объектов управления / А. С. Мальцев // ОНМА. Судовождение : сб. науч. тр. – Одесса, 2007. – Вып. 13. – С. 124-130.
3. Мальцев А. С. Аналитический метод построения траектории маневрирования инверсным способом / А. С. Мальцев, Н. В. Ивановский // ОНМА. Судовождение. – Одесса, 2009. – Вып. 16. – С. 77-82.
4. Мальцев А. С. Методологические основы маневрирования судов при сближении / А. С. Мальцев, В. В. Голиков, И. В. Сафин и др. // ОНМА. Судовождение. – Одесса, 2013. – С. 218.
5. Управление судном : учебник / [Демин С. И. и др.]. – М. : Транспорт, 1991. – 359 с.
6. Генри Х. Хойер. Управление судами при маневрировании / Генри Х. Хойер. – М. : Транспорт, 1992. – 101 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ НА ОСНОВІ WAVENET-РЕГУЛЯТОРА

Єнчев С.В., Товкач С.С.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. З точки зору теорії керування значна кількість процесів в газотурбінних двигунах (ГТД) є динамічними і нестационарними [1]. Зрозуміло, що ефективне керування таким об'єктом не може бути реалізовано на базі класичних методів автоматичного керування, включаючи класичний адаптивний підхід, а потребує використання більш розвинутих методів на базі гібридних систем обчислювального інтелекту [1, 2] і, насамперед, нейроконтролерів, в основі яких полягають штучні нейронні мережі, що мають універсальні апроксимуючі властивості, що дозволяє їм з успіхом вирішувати проблеми, які породжуються довільного типу нелінійностями [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Нейроконтролери є розвитком адаптивних систем керування і подібно їм умовно можуть бути розділені на два класи: непрямі (з моделлю об'єкта, що настроюється) і прямі (з еталонною моделлю). В задачах керування технологічними процесами більш широке поширення отримали непрямі системи, в яких паралельно об'єкта керування підключена модель-нейронна мережа, що навчається. Параметри (синаптичні ваги) такої нейронної мережі неперервно настроюються по ходу функціонування об'єкта і є тією вихідною інформацією, на базі якої обчислюються керуючі дії. Звичайно, що якість синтезуючого керування повністю визначається точністю моделі, що настроюється, у зв'язку з чим на перший план виходить проблема швидкодії процесів навчання.

Ця проблема достатньо часто ускладнюється малими об'ємами навчальної вибірки, коли реальних даних про об'єкт явно недостатньо для побудови точної нейро-моделі. У зв'язку з цим в [3] була запропонована адаптивна система керування, в основі якої замість звичайної нейронної мережі лежить нео-фаззі-модель, що характеризується високою швидкістю, слідкуючими та фільтруючими властивостями і забезпечує кусково-лінійну апроксимацію нелінійних характеристик об'єкта керування, що, однак, в низці випадків може не забезпечувати належної точності.

Для підвищення ефективності функціонування електронних систем керування (ЕСК) ГТД в якості моделей, що настроюються, з успіхом можуть бути використані вейвлет-нейронні мережі (WAVENET) [4], що об'єднують в собі апроксимуючі можливості нейронних мереж і локальні нестационарні властивості вейвлет-розкладу.

Вейвлет-аналіз для нейронних мереж. Виберемо функцію $\varphi(x) \in L^2(R)$, яку називають материнський вейвлет і задовольняє наступним умовам [3, 4]:

– умова кінцевої енергії:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\varphi(t)|^2 dt < \infty, \quad (1)$$

– допустимий стан:

$$\int_{\mathbb{R}} \frac{|\hat{\varphi}(\omega)|}{|\omega|} d\omega < \infty, \quad (2)$$

де $\hat{\varphi}(\omega)$ – Фур'є перетворення $\varphi(x)$. Потім, відповідне сімейство розтягнутих і перетворених вейвлетів може визначатися:

$$\{\varphi_{j,k}(x) = a^{-2/j} \varphi(a^{-j}x - kb), (j,k) \in Z^2\}, \quad (3)$$

де a і b , відповідно, параметри розтягу і перетворення. Вибираючи коректно a і b , $\{\varphi_{j,k}(x)\}$ може називатись «очищеним» вейвлетом, який включає рамку $L^2(R)$.

$$A\|f\|^2 \leq \sum_{(j,k) \in Z^2} |\langle \varphi_{j,k}, f \rangle|^2 \leq B\|f\|^2, \quad (4)$$

де $f \in L^2(R)$, $\langle \varphi_{j,k}, f \rangle = \int_R \varphi_{j,k}(t) f(t) dt$ є внутрішнім добутком і $A > 0$ і $B > 0$ – межі рамки. Якщо $A = B$, $\{\varphi_{j,k}(x), (j,k) \in Z^2\}$ – жорстка рамка. В цьому випадку, це призводить до:

$$f(x) = A^{-1} \sum_{(j,k) \in Z^2} \langle \varphi_{j,k}, f \rangle \cdot \varphi_{j,k}(x), \quad (5)$$

в той час як $A = B = 1$, $\{\varphi_{m,n}(x), (m,n) \in Z^2\}$ стає ортонормованим базисом. Тоді

$$f(x) = \sum_{(j,k) \in Z^2} \langle \varphi_{j,k}, f \rangle \cdot \varphi_{j,k}(x). \quad (6)$$

Слід відмітити, що вейвлет-перетворення має властивість часово-частотної локалізації змінної. Точки сітки материнського вейвлету $\{\varphi_{j,k}(x)\}$ роташовані на $(kba_j, \pm a-j\omega)$; тому ширина часового вікна $\varphi_{j,k}(x)$ може бути змінена зі зміною частоти [4]. Таким чином, ця властивість дуже корисна для аналізу нестационарних сигналів і навчання нелінійних функцій. Часто використовуваний приклад вейвлету – друга похідна функції Гауса:

$$\varphi(x) = (1-x^2)e^{-\frac{x^2}{2}} \Leftrightarrow \varphi(\omega) = \sqrt{2\pi\omega^2} e^{-\frac{\omega^2}{2}}. \quad (7)$$

Ця функція має відмінну локалізацію за часом і частотою і задовольняє умову допустимого стану.

З точки зору результатів, показаних вище, вейвлет базис функції (ВБФ) нейронної мережі може бути визначений як:

$$f(x) = \sum_{j=1}^K w_j \varphi_j(x) = \sum_{j=1}^K w_j \varphi_j(a_j x - b_j), \quad (8)$$

де $w_j \in R$, $a_j \in R^d$, $b_j \in R^d$, d – розмірність входу і K – число вейвлет базисів.

Для багатовимірного випадку, можна використовувати добуток одновимірного вейвлету:

$$\psi(x) = \psi(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n \varphi(x_i), \quad (9)$$

Входи мережі є $x = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T$. Взагалі, будь-яка функція може бути апроксимована вейвлет-нейронною мережею, вузли функцій активації якої масштабуються і перетворюються материнським вейвлетом, $\varphi_{ab}(x)$:

$$\varphi_{ab}(x) = \sqrt{a} \varphi(ax - b), \quad (10)$$

Нормувальний множник \sqrt{a} вводиться таким чином, щоб енергія $\varphi_{ab}(x)$ була така як і в $\varphi(x)$

$$\varphi_{a_j b_j}(x_i) = \sqrt{a_{ij}} \varphi(a_{ij} x_i - b_{ij}); \quad (11)$$

$$\psi_j(x) = \prod_{i=1}^n \varphi_{a_j b_j}(x_i); \quad (12)$$

$$f(x) = \sum_{j=1}^K w_j \psi_j(x). \quad (13)$$

Якщо вихід системи є багатовимірним ($y \in R^m$):

$$y_i = \sum_{j=1}^K w_{ij} \psi_j(x) + e_i, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (14)$$

$$y_i \cong \sum_{j=1}^K w_{ij} \psi_j(x), \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (15)$$

Таким чином, вейвлет-нейронна мережа складається з трьох шарів: вейвлет шару для обчислення вейвлет функцій як функцій активації вузлів (11), шар добутку для обчислення вейвлет базисів (12) і вихідного шару для визначення виходів (15).

Конфігурація системи керування показана на рис. 1.

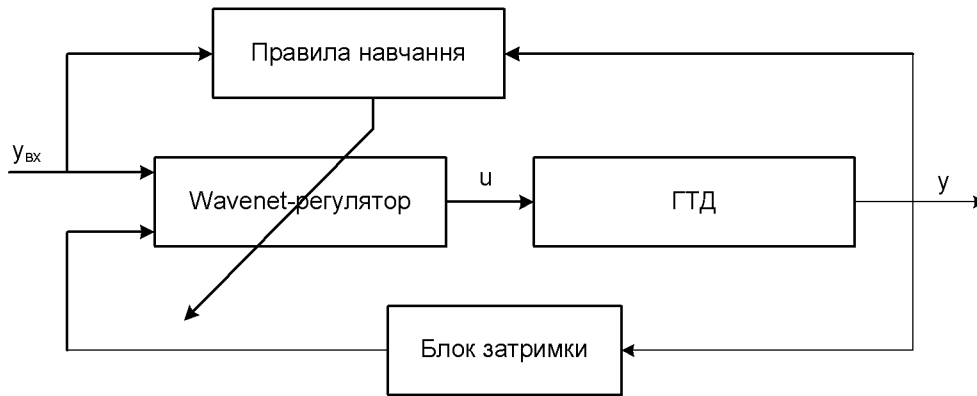


Рисунок 1 – Пропонована конфігурація системи керування

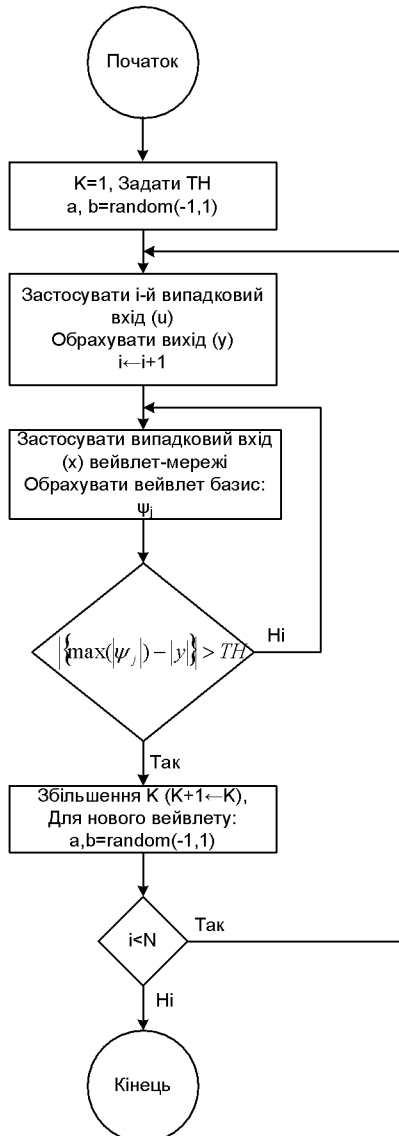


Рисунок 2 – Алгоритм визначення кількості вейвлет базисів і розміру мережі

Виконання роботи двох контролерів і порівняння їх результатів приведені на рис. 3 та рис. 4.

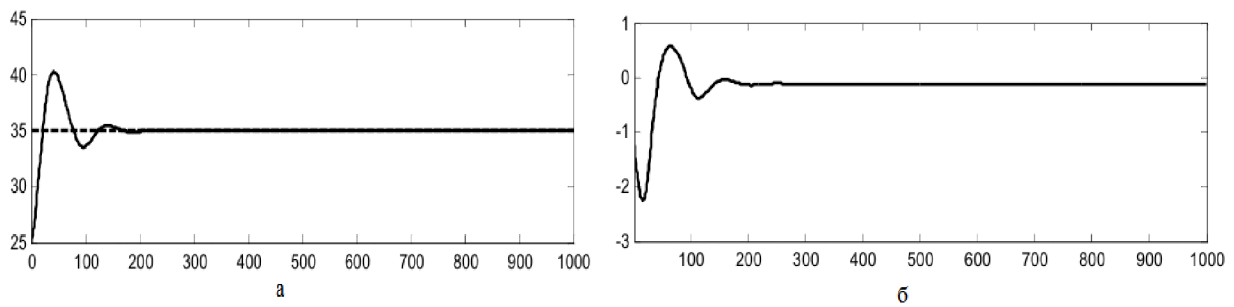


Рисунок 3 – Виконання запропонованого контролера (вейвлет-нейронна мережа): а – перехідна характеристика; б – керуючий сигнал (ТН=0,8; К=2, структура: 1-2-2-1)

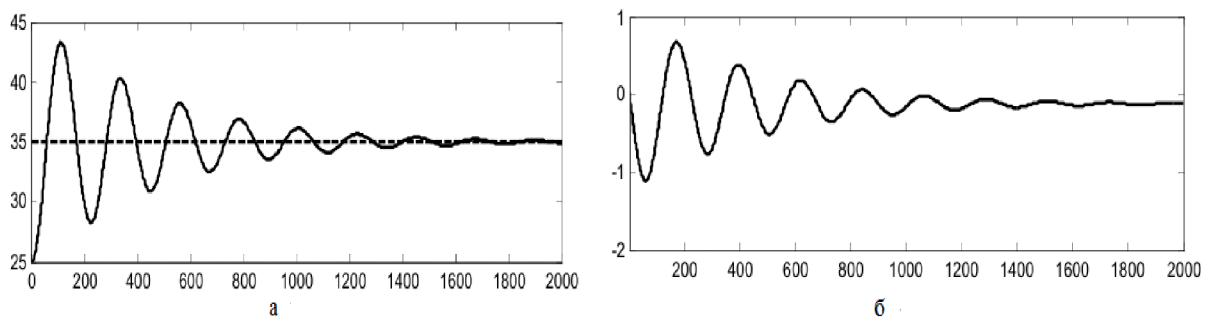


Рисунок 4 – Виконання запропонованого контролера (нейронна мережа): а – перехідна характеристика; б – керуючий сигнал (НМ: 2-5-5-1)

Висновок. Запропонований спосіб вирішення задач контролю ГТД на основі WAVENET-регулятора припускає, що на відміну від існуючих класичних методів, які використовують жорсткі допуски на контролюючі параметри, а також жорсткі межі варіювання коефіцієнтів, застосовувати вейвлет-нейронні мережі, засновані на адаптації розрахункової математичної моделі реальному ГТД з урахуванням конкретних зовнішніх умов, покращує характеристики керування а також знижує вартість оновлення параметрів зменшенням кількості регульованих параметрів.

Подальше дослідження пропонується розвивати в напрямку практичної реалізації даної методики для конкретних ГТД.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гудвин Г. К., Гребє С. Ф., Сальгадо М. Э. Проектирование систем управления / Г. К. Гудвин. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. – 911 с.
2. Rutkowski L. Computational Intelligence. Methods and Techniques / L. Rutkowski. – Berlin-Heidelberg : Springer-Verlag, 2008. – 514 p.
3. Neural Systems for Control / Eds. by O. Omidvar, D. L. Ellion. – San Diego : Academic Press, 1997. – 358 p.
4. Бодянский Е. В., Винокурова Е. А. Обучение искусственных всплеск-нейронных сетей при обработке нестационарных стохастических сигналов / Е. В. Бодянский // Радиоэлектроника и информатика. – №1 (22). – 2003. – С. 85-89.

ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ПІШОХІДНІ ПОТОКИ

Єрмак О. М., Божко А. О.

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

Вступ. У сучасних умовах сукупність транспортних засобів, що одночасно беруть участь у русі на певній ділянці вулично-дорожньої мережі, передбачає собою, транспортний потік. В цілому, транспортні потоки є неоднорідними, причому ця неоднорідність залежить і від часу, і від місця розташування. Транспортний потік характеризується наступними показниками-інтенсивність транспортного потоку, швидкість, і концентрація автотранспорту (щільність), состав транспортних засобів (рис. 1) [1].

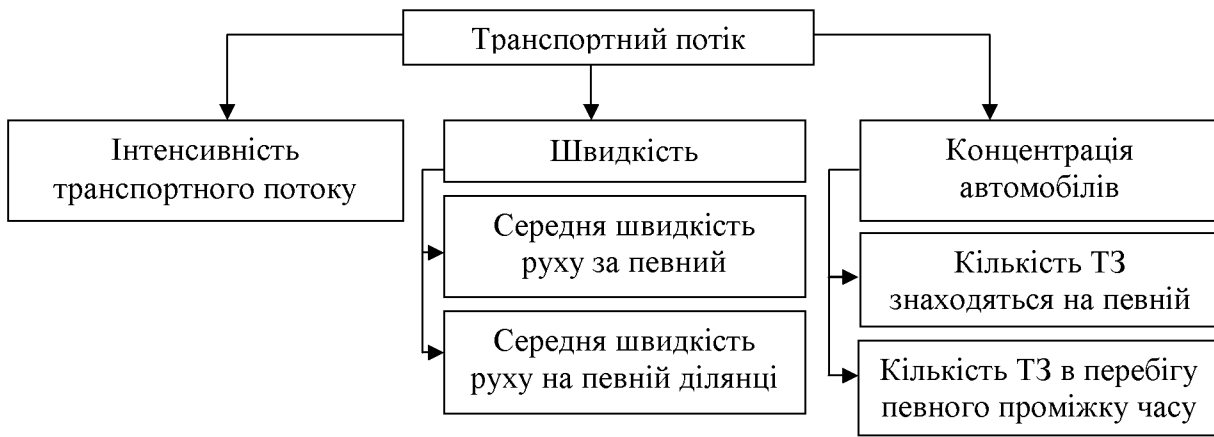


Рисунок 1 – Структурная схема характеристик транспортного потока

Показник інтенсивності руху є величиною нерівномірною і в просторі, і в часі. Для обґрунтування заходів, щодо вдосконалення організації дорожнього руху необхідно виявити інтенсивність транспортних потоків в найбільш напружені періоди доби (годинах).

Визначається за формулою (од./год):

$$q = \frac{N}{T}, \quad (1)$$

де N – кількість транспортних засобів; T – тривалість часу дослідження. Вимірювання швидкості руху окремих транспортних засобів, вимагає проведення спостережень, як у часі, так і в просторі.

У бібліографічних джерелах часто згадуються зовсім різні методики розрахунку середньої швидкості руху транспортних засобів. Перший метод обчислення швидкості полягає в знаходженні середнього арифметичного значення спостережуваних показників:

$$U_t = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N U_i, \quad (2)$$

де N – кількість транспортних засобів; U_i – швидкість i – того автомобіля. Показник, розрахований за вищенаведеною формулою, називається середньою швидкістю руху за певний проміжок часу оскільки є усередненням отриманих даних за часом [2].

Другим методом, є середня швидкість руху на певній ділянці, але, на жаль, для даного показника існує безліч визначень, що не еквівалентних один одному. Незалежно від конкретних визначень середньої швидкості руху на певній ділянці, всі автори погоджуються з тим, що розрахунки показника середньої швидкості можуть вважатися коректними з теоретичної точки зору, потрібно бути впевненим у тому, що розраховується

саме середня швидкість руху на певній ділянці дороги, а не за певний проміжок часу. В умовах перериваного транспортного потоку, як, наприклад, при русі по вулиці, обладнаній світлофорними об'єктами, або в умовах істотно стиснутого руху важливо розуміти відмінності між цими двома показниками середньої швидкості руху. Разом з тим, для необмеженого (вільного) транспортного потоку між цими двома поняттями немає істотних відмінностей. В умовах широкого розкиду показників швидкості руху, як, наприклад, при переході від необмеженого транспортного потоку до перериваних транспортному потоку між цими двома поняттями виникають істотні відмінності. Джон Глен Уордроп (1952) відзначив, коли розкид швидкостей руху становив від 8 км/год до 100 км/ч. Середня швидкість руху на певній ділянці склала 48,6 км/год; середня швидкість руху за певний проміжок часу-54,0 км/ч. Для порівняно однорідних транспортних потоків і показників швидкості руху, два показника середньої швидкості руху визнаються еквівалентними з практичної точки зору. При цьому не зазначено, який саме тип усереднення використовувався в розрахунках, і який діапазон розкиду показників швидкості руху (щоб показати, наскільки еквівалентними можуть бути ці два поняття) [2].

Концентрація автотранспорту перш використовувалася як синонім для щільності руху. Джерло і Хабер (1975) відзначають, що «визначення показника концентрації автотранспорту (кількості транспортних засобів на одиницю довжини ділянки дороги) має на увазі підрахунок кількості транспортних засобів на ділянці дорозі. Перший показник являє собою кількість транспортних засобів, що знаходяться на певній ділянці дороги, а другий-кількість транспортних засобів протягом певного проміжку часу [2].

Щільність руху можна виміряти тільки на певній ділянці траси. Якщо вимірювання проводяться лише точковим методом, щільність руху потрібно розраховувати або виходячи з показника, заповнюваності, або швидкості та інтенсивності транспортного потоку. Хабер таким чином, концентрації автотранспорту на підставі точкових вимірювань вимірюється за допомогою рівняння :

$$k = q / \bar{U}, \quad (3)$$

де, q – інтенсивність транспортного потоку, \bar{U} – швидкість транспортного потоку.

Складність при використанні даного рівняння для оцінки показника щільності руху полягає в тому, що дане рівняння є абсолютно вірним, при наявності досить обмежених умов, або в тому випадку, коли довжина ділянки дороги і проміжку часу прагнуть до нуля. У відсутність подібних обмежень використання даного рівняння для розрахунку показника щільності руху може привести до невірних результатів, не узгоджується з даними, отриманими експериментальним шляхом. Ці аспекти не можна скидати з рахунків, оскільки дане рівняння нерідко без належних на те підстав використовувалося в ситуаціях за межами його застосовності, разом з тим, реальні транспортні потоки не тільки формуються з кінцевого числа транспортних засобів, що займають певної місце на трасі, але і споконвічно носять стохастичний характер (Ньюелл, 1982). Виміряні значення є усередненими показниками, взятими з вибірок, а, отже, є випадковими величинами [2].

Інтенсивність транспортного потоку, а так само щільності руху вимірюється на певній ділянці дороги і за певний проміжок часу, а це означає що вони можуть застосовуватися тільки до цієї ділянки УДС.

Тільки для стаціонарних процесів (у статистичному сенсі) часові та просторові інтервали відповідають одній і тій же точці на просторово-часовій площині. Отже, будь-які вимірювання інтенсивності транспортного потоку і щільності руху (а також середній швидкості руху на певній ділянці) погано узгоджуються з очікуваними значеннями для розглянутій точці, розташованій на просторово-часовій площині.

Показники швидкості руху по смузі порівняно постійні у умовах дає вільне транспортного потоку. Отже, оцінка показників щільності руху на основі показників заповнюваності може виявитися доцільною в подібних умовах руху, але не в умовах туги транспортного потоку.

Кожна поїздка на громадському транспорті починається і закінчується коротким

пішохідним пересуванням біля зупинок громадського транспорту. На вулицях із зупинками громадського транспорту збільшується потік пішоходів на тротуарах, зростає кількість людей, які переходять вулиці, зростає число конфліктних точок, збільшується зона небезпеки.

Ходьба, неминуча і невід’ємна складова частина будь-якого пересування. Частка довжини пішохідних пересувань поступово зменшується зважаючи розвитку транспорту і зростання відстаней, які треба подолати для задоволення тих чи інших потреб. Навіть при широкому поширенні індивідуальних автомобілів труднощі паркування, пропуску автомобілів по вуличній мережі віддаляють місця стоянок, паркування. Це означає, що частина шляху людина повинна пройти пішки.

До основних показників, що характеризує рух пішоходів відносяться його інтенсивність, щільність і швидкість (рис.2) [3].



Рисунок 2 – Структурна схема основних показників характеризують рух пішоходів

Інтенсивність пішохідного потоку коливається в дуже широких межах залежно від функціонального призначення вулиці або дороги і від розташованих на них об'єктів тяжіння. Щільність пішохідного потоку – так само, як і інтенсивність, коливається в широких межах і робить вплив на швидкість руху пішоходів і пропускну здатність пішохідних шляхів. Так само, як і для транспортного потоку, гранична щільність пішохідного потоку визначається відповідними габаритними розмірами рухомих об'єктів. Так, людина в статичному положенні в літньому одязі займає площу 0,1-0,2 м², в зимовому одязі-0,25 м², а при наявності ручної поклажі-до 0,5 м². Швидкість пішохідного потоку обумовлена швидкістю руху пішоходів у потоці. Швидкість руху людини спокійним кроком коливається в середньому в межах 0,5-1,5 м/с і залежить від віку та стану здоров'я, мети пересування, дорожніх умов (рівності, поздовжнього ухилу і слизькості покриття), стану навколишнього середовища (видимості, опадів, температури повітря) [4]. Основними параметрами пішохідного руху є наявність і кількість точок перетину транспортного та пішохідного потоків, інтенсивність пішохідного руху, наявність точок тяжіння для пішоходів в межах або поблизу розглянутого дорожнього транспортного вузла. Поведінка пішоходів є досить складним процесом, тому при плануванні об'єктів з високою щільністю пішохідного руху і обмеженим простором для оптимізації потоків пішоходів, гарантованого запобігання дискомфорту і зниження затримок, а також підвищення безпеки руху, доцільно проводити імітаційне моделювання. Воно необхідне в тому числі для вирішення наступних завдань:

- взаємодії пішоходів з іншими видами транспорту;
- проведення заходів з великим скупченням людей;
- масової евакуації людей з місць їх концентрації;
- перевірки роботи пропускних систем [5].

Для пішохідних потоків характерна значна тимчасова нерівномірність протягом доби. Вона істотно залежить від функціонального значення тієї чи іншої ділянки вулиці і розташування на ньому об'єктів пішоходів. Відмінною особливістю вільного руху пішоходів є можливість довільно змінювати швидкість і напрямок руху без подовження шляху слідування.

Нормальні умови руху можливі при рівнях свободи переміщення. У цьому випадку

на швидкість руху пішохода, крім чинників, що впливають в умовах вільного руху, починає чинити істотний вплив рух інших пішоходів. Обгін повільно йдуть пішоходів відбувається з зміною рядності руху, що призводить до подовження шляху проходження і зменшенню швидкості пересування вздовж тротуару.

Обмежені умови руху виникають при значних щільностях пішохідного потоку. Максимальні значення рівнів свободи переміщення, які характерні при переході від нормальних умов руху до стиснутим, складають:

- концентрація пішоходів в обмежених умовах руху досягає величини, при якій обгін можливий лише в деякі періоди, і значні ділянки шляху проходяться зі швидкістю, меншою середньої швидкості руху;

- рух пішоходів в умовах втрати свободи переміщення означає, що обгін практично не можливий; весь потік рухається з усталеною критичною швидкістю, яка визначається рухом повільно йдуть пішоходів. Цим умовам відповідає рівень свободи переміщення менше $0,8 \text{ м}^2/\text{чол}$. У міру подальшої концентрації потоку до граничної щільності швидкість руху знижується до нуля;

- на переїздах з інтенсивним рухом пішоходів необхідно влаштовувати самостійні пішохідні доріжки, що дозволяє розділити транспортні і пішохідні потоки. Відсутність пішохідної доріжки знижує швидкість автомобілів на переїзді і, отже, його пропускну здатність і створює загрозу наїзду автомобілів на пішоходів в зоні залізничного переїзду;

- на станційних пішохідних переходах в одному рівні з рейковими шляхами, на яких спостерігаються інтенсивні пішохідні потоки, необхідно встановлювати світлофорну і звукову сигналізацію для пішоходів, використовувати сповіщення пішоходів по радіо про наближення поїздів[6].

Конфлікти між пішоходами та транспортом – це найпоширеніші і небезпечні транспортні конфлікти в місті. Вуличні мережі міст склалися значно раніше появи автомобілів. У період автомобілізації проведені спроби створити принципово нову інфраструктуру міст, що складається в основному з ізольованих магістралей. В силу ряду причин довести до логічного кінця цю ідею не вдалося. Небезпечні конфлікти між транспортом і пішоходами в містах залишилися .

На перших порах автомобілізації конфліктів між автомобілем і людиною в кінці XIX в. намагалися уникнути таким чином – перед рухомим автомобілем мала їхати верхи людина і, розмахуючи прапором, сигналізувати про небезпеку. Згодом наїзника замінив автомобільний сигнал. Безліч автомобільних сигналів перетворили міську вулицю в незрозумілу, гучну і неефективну для безпеки. Звукові сигнали довелося поступово скасувати. Проте в цілому необхідна система оповіщення людину про небезпеку транспортного конфлікту. У період швидкої автомобілізації (з 1970 р.) в країні підвищено увагу до заходів зменшення конфліктних ситуацій між транспортом і пішоходами. До них можна віднести поліпшення дорожньої розмітки, введення систем регулювання руху на перехрестях, застосування огорожень та інші технічні заходи .

Серйозне зрушення досягнуто у галузі поліпшення знань і дисципліни не тільки водіїв, а й пішоходів. Надмірне підвищення щільності людей на тротуарах змушує їх виходити на проїжджу частину. Для попередження подібних ситуацій в якості тимчасового заходу можуть служити уширення тротуарів за рахунок проїжджої частини. Зростання числа ДТП у містах пов'язаний із збільшенням наїздів на пішоходів скороченні числа контактів між транспортом і пішоходами криються подальші значні резерви зменшення аварійності[7].

Кардинальне вирішення виключення конфліктів між пішоходами і транспортом в змішаному русі у сформованих містах – їх поділ в різних рівнях в місцях перетинів. У першу чергу поділ пішохідних і транспортних потоків потрібно на магістральних вулицях, де переважає суспільний транспорт. У різний час проектувальниками пропонувалося

кілька варіантів пересічний транспортних і пішохідних потоків в різних рівнях. Це пристрій:

- тунелів через магістральні вулиці для пішоходів;
- естакад для пішоходів;
- тунелів для транспорту;
- довгих тунелів - підземних вулиць для пішоходів;
- піднятих або знижених платформ для пішоходів;
- галерей на рівні першого поверху в будівлях.

Поділ пішохідного та транспортного руху по рівнях пов'язано з вирішенням економічних, екологічних, інженерних і, нарешті, соціальних проблем. При цьому воно залежатиме від існуючого положення і від того, чи йде мова про удосконалення системи руху, реконструкції або новому будівництві.

Висновки. На підставі проведеного вище аналізу свободи переміщення на вулицях різних класів, а також враховуючи необхідність найбільш ефективного використання поверхні тротуару пішоходами і забезпечення досить високих значень питомої інтенсивності руху, можна рекомендувати наступні оптимальні характеристики пішохідного руху на тротуарах центральної зони міста.

ЛІТЕРАТУРА

1. Живогляд В. Г. Теория движения транспортных и пешеходных потоков – Ростов-на-Дону : Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.- Кавк. регион», 2005. – 1082 с.
2. AASHTO GREEN BOOK - A Policy on Geometric Design of Highways and Streets, 5th Edition American Association of State and Highway Transportation Officials , 2004. – р. 872.
3. Васильев А. П. Состояние дорог и безопасность движения в сложных погодных условиях. – М. : Транспорт, 1976. – 224 с.
4. Организация и безопасность дорожного движения : учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений / И. Н. Пугачёв, А. Э. Горев, Е. М. Олещенко. - М. : Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.
5. Helbing, Simulation of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations, Pedestrian and Evacuation Dynamics Springer-Verlag, Berlin; Heidelberg; New York (2002) – р. 58.
6. Клинковштейн Г. И. Организация дорожного движения / Клинковштейн Г. И. – М. : Транспорт, 1981. – 240 с.
7. Организация движения автомобильного транспорта в городах : учеб. пособие / И. Н. Пугачёв. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеанского гос. ун-та, 2005. – 196 с.

ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІЇ ОБРАХУНКІВ ІНТЕГРОВАНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗА РАХУНОК ЕКОНОМНОГО МЕТОДУ ОБЕРТАННЯ МАТРИЦЬ

Льницька С.І.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Для забезпечення відповідності вимогам за точністю, доступністю, надійністю та цілісністю, які висуваються до сучасних навігаційних систем, необхідно виконувати комплексну обробку даних та інтегрувати окремі системи і датчики в єдину навігаційну систему [1-4]. Зазвичай такі інтегровані навігаційні системи об'єднують у собі переваги окремих систем та усувають їх недоліки.

Актуальність досліджень. Інтегровані інерціально-супутникові навігаційні системи широко використовуються у світовій практиці через те, що вони працюють на різних фізичних принципах і дуже добре доповнюють одна одну. В результаті отримується інтегрована навігаційна система з розширеним набором навігаційних параметрів, високою частотою оновлення даних, хорошою коротко- та довготривалою точністю, підвищеною завадостійкістю, надійністю та цілісністю [3-6]. Отже, розробка та дослідження таких систем є вельми актуальним питанням на даний час.

Постановка задачі. В даній роботі ставиться задача по аналізу можливостей підвищення швидкодії обчислень в інтегрованій навігаційній системі шляхом використання покращеної процедури обертання матриць.

Аналіз існуючих методів обертання матриць. Обертання матриць може здійснюватись з використанням багатьох різних методів, які можна поділити на два підвиди прямих та ітеративних методів [7].

Прямі методи приводять до точного рішення після виконання певної кількості кроків. Проте таке твердження є справедливим лише для випадків, коли у нас є безкінечна точність. А оскільки в обчисленнях використовується обмежена точність, то і рішення виходять приблизними і чутливими до похибок округлення. Ефект таких неточностей значно посилюється в задачах, де виконується багато різних маніпуляцій з матрицями.

Ітеративні методи, з іншого боку, покращують наступні наближення до тих пір, доки рішення не зійдеться до бажаного результату. Ітеративні методи широко використовуються для матричних обчислень, особливо для великих систем, оскільки ці методи є більш простими, робастними до чисельних похибок, і потребують менше пам'яті у порівнянні із прямими методами. Проте швидкість збіжності від точності початкового наближення. Слід зазначити, що рішення, отримане за допомогою ітеративних методів, теж є приблизним, проте ефект похибок заокруглення тут є мінімальним.

Розглянемо деякі із *прямих методів* обертання матриць.

Для реалізації першого методу потрібно виконати таку послідовність дій: 1) Знайти визначник матриці A , і переконавшись, що $\Delta A \neq 0$, тобто матриця A не вироджена. 2) Скласти алгебраїчні доповнення матриці A_{ij} до кожного елемента матриці A і записати матрицю $A^* = A_{ij}$ з отриманих алгебраїчних доповнень. 3) Записати обернену матрицю

відповідно до формули: $A^{-1} = \frac{1}{\Delta A} \cdot (A^*)^T$. Слід зазначити, що даний метод знаходження

оберненої матриці не є оптимальним для реалізації на комп'ютері, а при здійсненні обчислень вручну є більш-менш зручним для матриць відносно невеликих порядків.

Для інших двох способів потрібно спочатку скласти розширену матрицю C , що має такий вигляд: $C = \begin{bmatrix} A & E \end{bmatrix}$, де E – одинична матриця того ж розміру, що і матриця A . Після цього за допомогою елементарних перетворень, що виконуються з рядками розширеної матриці, необхідно привести розширену матрицю до вигляду $\begin{bmatrix} E & A^{-1} \end{bmatrix}$, тобто

зробити так, щоб матриця справа стала оберненою до початкової матриці A . До елементарних перетворень, які можуть тут бути застосовані, відносяться такі дії: зміна місць двох рядків; множення всіх елементів рядка на деяке число, що не дорівнює нулю; додавання до елементів одного рядка відповідних елементів іншого рядка, помножених на будь-який множник. Застосовувати перераховані елементарні перетворення можна різними способами. Розглянемо два найбільш поширені методи обертання матриць: Гауса і Жордана-Гауса.

Для застосування метода Гауса зручно, коли перший елемент першого рядка розширеної матриці дорівнює одиниці. Тому якщо є рядок, у якого перший елемент дорівнює одиниці, він міняється місцями з першим рядком. Якщо ж ні, то елементи першого рядка просто діляться на значення його першого елемента. Взагалі метод Гауса поділяється на два етапи: прямих хід (коли елементи під головною діагоналлю матриці стають нульовими) і зворотній хід (коли елементи над головною діагоналлю матриці стають нульовими). Більш детально про даний метод можна подивитись у [8, 9].

Метод Жордана-Гауса, на відміну від метода Гауса, здійснюється в один етап. Даний метод складається з таких дій: 1) Послідовно обираються ключові елементи, що лежать на головній діагоналі матриці. Рядок і стовпчик розширеної матриці, на перетині яких знаходиться ключовий елемент, вважаємо також ключовими. 2) Усі елементи ключового рядка діляться на ключовий елемент. 3) Перетворення ключового стовпчика в одиничний з одиницею на місці ключового елемента. Одиничним вважається той стовпчик, у якого один елемент дорівнює одиниці, а всі інші є нульовими. Більш детально про метод Жордана-Гауса можна подивитись у [8, 9]. Принциповою його перевагою є стабільність. Недоліком є те, що він потребує зберігання двох матриць та маніпуляцій над ними одночасно. Щоправда, цей недолік відноситься також і до метода Гауса.

Рівняння інтегрованої навігаційної системи. Інтегрована навігаційна система функціонує таким чином, що спочатку обраховується рішення в безплатформній інерціальній навігаційній системі (БІНС), а потім воно коригується з використанням даних глобальної навігаційної супутникової системи (ГНСС) та інших датчиків [5, 10, 11]. Розглянемо більш детально момент корекції БІНС. Вхідними даними блока коригування є дані про координати, швидкість та орієнтацію від БІНС, дані про координати та швидкість від ГНСС, матриця вимірювань і коваріаційні матриці похибок БІНС та ГНСС. Вихідними даними є оптимальні оцінки координат, швидкості та орієнтації об'єкта.

Запишемо спочатку рівняння фільтра Калмана. Вектори похибок БІНС позначимо так: μ – вектор малого повороту похибки визначення орієнтації, $\delta \mathbf{v}$, $\delta \mathbf{r}$ – вектори похибок визначення швидкості та координат об'єкта. Вектор повного прискорення позначимо як $\tilde{\mathbf{a}} = [\tilde{a}_1, \tilde{a}_2, \tilde{a}_3]^T$. Рівняння зміни похибок БІНС беремо в такій формі [11]:

$$\dot{\mathbf{x}} = F\mathbf{x} + \mathbf{n}, \quad (1)$$

$$\text{де } \mathbf{x} = \begin{bmatrix} \mu \\ \delta \mathbf{v} \\ \delta \mathbf{r} \end{bmatrix}, F = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ C & 0 & 0 \\ 0 & I & 0 \end{bmatrix}, \mathbf{C} = \begin{bmatrix} 0 & -\tilde{a}_3 & \tilde{a}_2 \\ \tilde{a}_3 & 0 & -\tilde{a}_1 \\ -\tilde{a}_2 & \tilde{a}_1 & 0 \end{bmatrix}, \mathbf{n} - \text{вектор випадкових похибок роботи}$$

БІНС; $0, I$ – нульова та одинична матриці розмірністю 3×3 . Дискретний аналог рівняння (1) через малий інтервал часу Δt має такий вигляд:

$$\mathbf{x}_{k+1} = \Phi_k \mathbf{x}_k + \mathbf{n}_k; \quad \Phi_k = I + F\Delta t + \frac{(\Delta t)^2}{2} F^2 = \begin{bmatrix} I & 0 & 0 \\ C \cdot \Delta t & I & 0 \\ C \cdot \frac{(\Delta t)^2}{2} & I \cdot \Delta t & 0 \end{bmatrix}. \quad (2)$$

У момент приймання від ГНСС інформації про оцінку швидкості та координати об'єкта має місце такий процес вимірювань:

$$\mathbf{z}_k = \mathbf{H}\mathbf{x}_k + \xi_k; \quad \mathbf{H} = \begin{bmatrix} 0 & I & 0 \\ 0 & 0 & I \end{bmatrix}, \quad (3)$$

де $\mathbf{z}_k = [v_{GPS} \quad r_{GPS}]^T$ – вектор поточного вимірювання від ГНСС, \mathbf{H} – матриця вимірювань, \mathbf{x}_k – вектор стану, ξ_k – вектор похибок вимірювань; $0, I$ – нульова та одинична матриці розмірністю 3×3 . Власне задача корекції БІНС має такий вигляд [11]:

$$\hat{\mathbf{x}}_k = \bar{\mathbf{x}}_k + \mathbf{K}_k(\mathbf{z}_k - \mathbf{H}\bar{\mathbf{x}}_k), \quad \bar{\mathbf{x}}_{k+1} = \Phi_k \hat{\mathbf{x}}_k. \quad (4)$$

Рівняння фільтра Калмана, що генерують вектор оптимальної оцінки $\hat{\mathbf{x}}_k$:

$$\mathbf{K}_k = P_k(-) \mathbf{H}^T (\mathbf{H} P_k(-) \mathbf{H}^T + \mathbf{R}_k)^{-1}; \quad (5)$$

$$P_{k+1}(-) = \Phi_k P_k(+)\Phi_k' + \mathbf{Q}_k^T; \quad (6)$$

$$P_k(+)=P_k(-)-\mathbf{K}_k(\mathbf{H}P_k(-)\mathbf{H}^T+\mathbf{R}_k)\mathbf{K}_k^T, \quad (7)$$

тут матриці $\mathbf{Q}_k, \mathbf{R}_k$ є коваріаційними матрицями похибок \mathbf{n}_k у рівняннях зміни похибок БІНС (2) та ξ_k у рівнянні вимірювань (3) відповідно.

Основною проблемою використання калманівської фільтрації в інтегрованій навігаційній системі є забезпечення збіжності обчислень. Суттєвою особливістю є те, що коваріаційна матриця змінних стану P є погано обумовленою, а матриці Φ і \mathbf{H} в описаних вище рівняннях фільтрації утворюють неповністю спостережувану пару [10]. Ці обставини потребують підвищення точності обчислювальних процедур для забезпечення збіжності обчислень калманівської фільтрації. Тому в інтегрованій навігаційній системі використано алгоритм отримання множників Холецького відповідних коваріаційних матриць [10, 11].

Обертання матриць в інтегрованій навігаційній системі. Оскільки в результаті факторизації отримуються трикутні матриці, то і всі обрахунки потім виконуються з ними. Процедура обертання матриці є процедурою, що потребує значних обчислень, і яку не завжди можна уникнути в алгоритмах фільтрації. Проте кількість цих обчислень можна скоротити, якщо мова йде про трикутні матриці, оскільки обернена до трикутної матриця є теж трикутною. В даній роботі пропонується використати алгоритм обертання верхньої одиничної трикутної матриці [3], блок-схема якого представлена на рис. 1.

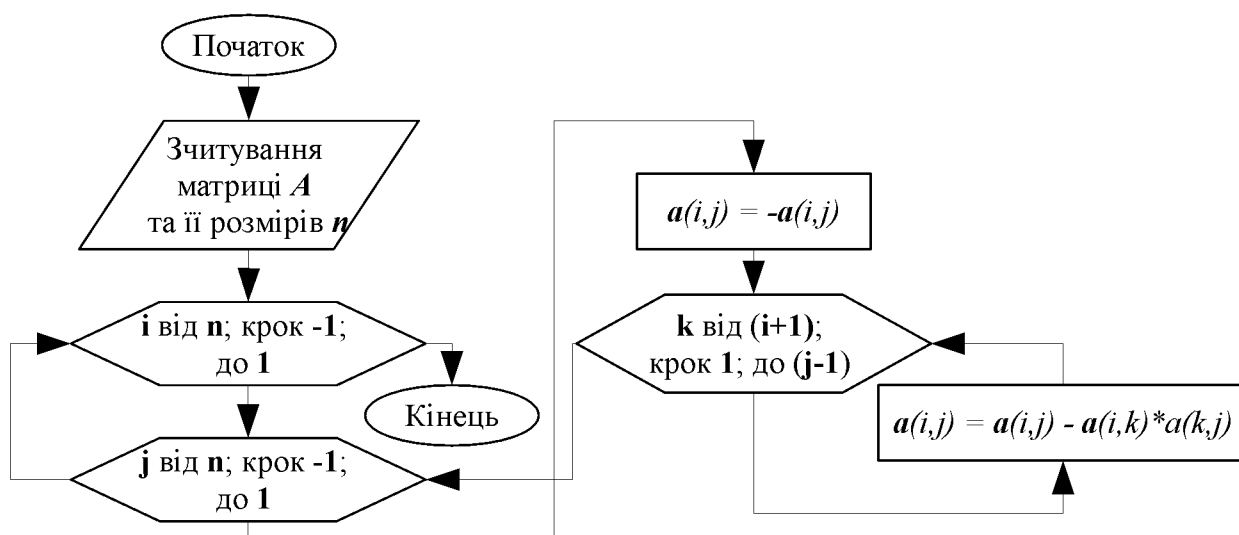


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму обертання верхньої одиничної трикутної матриці

Для оцінки швидкодії та точності досліджуваних методів (Гауса, Жордана-Гауса та запропонованого) знаходження оберненої матриці було написано відповідні функції у програмному середовищі Code Warrior для мікропроцесора Freescale Kinetis K-60 [12] і апробовано на тестовій трикутній матриці розміром 9×9 , яка є типовою в обчисленнях інтегрованої навігаційної системи.

Для оцінки швидкодії функцій було використано таймер із запрограмованим періодичним інтервалом уривання (англ. Periodic Interrupt Timer, PIT) [12]. Отримано такі результати: метод Гауса – 475 відліків, Жордана-Гауса – 305, запропонований метод – 90.

Оскільки будь-які чисельні методи знаходження оберненої матриці мають певні похибки через заокруглення та інші ефекти, то у результаті множення оберненої матриці на вихідну вийде матриця, наближена до одиничної. Для оцінки точності застосованих алгоритмів обертання матриці розраховуємо норму матриці похибок Q , яка в ідеалі має дорівнювати нулю:

$$err_norm = \|Q\|_{(2)} = \left\{ \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |q_{i,j}|^2 \right\}^{1/2}; \quad Q = E - \hat{E}; \quad \hat{E} = \mathbf{A}^{-1} \cdot \mathbf{A}. \quad (8)$$

Отримано такі значення норми матриць похибок: метод Гауса – 6.0913e-08, Жордана-Гауса – 8.4336e-08, запропонований метод – 6.0106e-08.

Висновки. В роботі проведено аналіз деяких відомих методів знаходження обернених матриць. Методи Гауса, Жордана-Гауса та запропонований метод обертання трикутної матриці було реалізовано у вигляді функцій у програмному середовищі Code Warrior для мікропроцесора Freescale Kinetis K-60 і апробовано на тестовій трикутній матриці. В результаті було визначено, що порядок точності зберігається приблизно таким же для всіх методів, а за швидкістю запропонований метод дає вигоду приблизно у 70–80 % у порівнянні з класичними методами Гауса та Жордана-Гауса відповідно.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конин В. В. Системы спутниковой радионавигации / В. В. Конин, В.П. Харченко; Национальный авиационный университет. – К. : Холтех, 2010. – 520 с.
2. Hofmann-Wellenhof B. GNSS – Global Navigation Satellite Systems. GPS, GLONASS, Galileo, and more // B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, E. Wasle – Springer-Verlag Wien, 2008. – 516 p.
3. Grewall M.S. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration / M. S. Grewall, L. P. Weill, A. P. Andrews. – A John Wiley & Sons, Inc. Publ., New York, Chichester, Brisbane, Singapore, Toronto. – 2001. – 392 p.
4. George M. Siouris. Aerospace Avionics Systems: a modern synthesis. Academic Press, Inc., 2007. – 466 p.
5. Kharchenko V., Multipurpose Remotely Piloted Aircraft System Integrated Navigation System Development and Testing / V. Kharchenko, S. Ilnytska // Logistic and Transport Journal, V. 19, № 3, 2013. – pp. 85-90.
6. Coopmans C. AGGIEAIR: An Integrated and Effective Small Multi-UAV Command, Control and Data Collection Architecture / C. Coopmans, Y. Han // Proceedings of the ASME IDETC/CIE 2009. – pp. 1-7.
7. Bertsekas D. P., Tsitsiklis J. N. Parallel and Distributed Computation: Numerical Methods. – Athena Scientific, 1997. – 718 p.
8. Стренг Г. Линейная алгебра и ее применения. – М. : Мир, 1980. – 460 с.
9. Белоусов И. В. Матрицы и определители : учебное пособие по линейной алгебре. – Кишинев, 2006. – 101 с.
10. Larin V. B. Attitude-Determination Problems for a Rigid Body // Int. Appl. Mech, 2001.– 37. – №7. – pp. 870-898.
11. Ларин В. Б. О корректировании работы системы инерциальной навигации / В. Б. Ларин, А. А. Туник // Проблемы управления и информатики. – 2010. – №4. – С. 130-142.
12. Freescale Kinetis K60 Sub-Family Reference Manual. – Rev. 2, Dec. 2011. – 2075 p.

ТОЧНІСТЬ НАЗЕМНОГО ОБЛАДНАННЯ СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ ПОСАДКИ

Копін В.В., Куценко О.В.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Безпека та ефективність польотів повітряних суден значним чином залежить від систем зв'язку, навігації, спостереження / організації повітряного руху (CNS/ATM), в яких навігація є однією з основних функцій. В роботі досліджуються основні складові функції навігації, а саме система посадки повітряних суден з використанням глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS).

Актуальність досліджень. До нових основних вимог, які висуваються в навігації – це широке використання глобальної системи супутникової навігації GNSS для всіх стадій польоту з метою забезпечення основної економічної переваги систем CNS/ATM, а саме: виводу з експлуатації матеріалоємної частини існуючої навігаційної системи. Етапу посадки повітряного судна приділяється особлива увага, як одному з найбільш небезпечних етапів польоту повітряного судна.

Постановка задачі. Відповідно до [2] супутникова система посадки складається з навігаційних супутників GNSS, а також з наземної та бортової підсистем. Наземна підсистема складається з кількох (від двох до чотирьох) опорних навігаційних приймачів апаратури передачі даних на бортову підсистему та контрольну апаратуру.

Характеристики точності обладнання наземної підсистеми визначаються показником точності наземного обладнання. Показник точності складається з літерного та цифрового значення. Літерне значення характеризує точність опорних навігаційних приймачів які використовуються в наземній підсистемі, і визначається в [3] наступним чином:

– А – визначає стандартно досяжну точність яка досягається з використанням зазвичай наявних навігаційних приймачів та помірних технологій придушення багатопроменевості;

– В – визначає покращену точність яка досягається з використанням високоточних сучасних приймачів та кращих технологій придушення багатопроменевості;

– С – визначає точність що узгоджується з останніми науковими розробками в виробництві навігаційних приймачів та технологій придушення багатопроменевості.

Цифрове значення являє собою кількість опорних навігаційних приймачів, які використовуються в наземній підсистемі.

Визначення точності в наземній підсистемі відбувається за допомогою порівняння між собою даних кожного з опорних приймачів наземної підсистеми супутникової системи посадки. Під даними мається на увазі ефемериди навігаційних супутників та згладжені по псевдофазі кодові псевдовідстані з усіх опорних навігаційних приймачів наземної підсистеми. Згладжені псевдовідстані містять похибки які визначаються в [3] як:

$$PR_m^n = R_m^n + SA^n + t^n + t_m + iono^n + tropo^n + n_m^n + \varepsilon^n,$$

де n - порядковий номер навігаційного супутника; m - порядковий номер опорного навігаційного приймача; PR_m^n - псевдовідстань від навігаційного супутника n до опорного навігаційного приймача m ; R_m^n - відстань від навігаційного супутника n до опорного навігаційного приймача m ; SA^n - похибка яка може бути внесеною навмисно в дані навігаційного супутника n з метою обмеження доступу до навігаційної системи; t^n - зсув шкали часу навігаційного супутника n ; t_m - зсув шкали часу опорного навігаційного приймача m ; $iono^n$ - іоносферна затримка для навігаційного супутника n ; $tropo^n$ - тропосферна затримка для навігаційного супутника n ; n_m^n - похибка між наземною і

бортовою підсистемами супутникової системи посадки, яка не усувається диференційною обробкою (є комбінацією теплових шумів приймача, багатопроменевості та інших); ε^n – похибка визначення ефемерид та розрахунку координат навігаційного супутника.

Маючи координати навігаційних супутників розраховані за ефемеридами та попередньо визначені точні координати опорних навігаційних приймачів можна визначити відстань між даними навігаційним супутником та опорним приймачем, за виразом:

$$R_m^n = \sqrt{(X^n - X_m^n)^2 + (Y^n - Y_m^n)^2 + (Z^n - Z_m^n)^2},$$

де X^n, Y^n, Z^n - координати навігаційного супутника в системі координат ECEF; X_m^n, Y_m^n, Z_m^n - попередньо визначені координати опорного навігаційного приймача в системі координат ECEF.

Корекція між даними навігаційним супутником та опорним навігаційним приймачем визначається як:

$$PRCt_m^n = PR_m^n - R_m^n = SA^n + t^n + iono^n + tropo^n + \varepsilon^n + n_m^n + t_m^n.$$

Дана корекція містить в собі похибки які умовно можна розділити на дві групи: Похибки спільні для бортової і наземної підсистем GBAS $SA^n + t^n + iono^n + tropo^n + \varepsilon^n$ та похибки окремі для бортової і наземної підсистем GBAS $n_m^n + t_m^n$.

Далі необхідно визначити наближене значення зсуву шкали часу опорного навігаційного приймача яка є спільною для всіх навігаційних супутників для даного приймача. В [3] вважається що даний параметр з достатньою достовірністю можна отримати за виразом

$$\tilde{t}_m = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N PRCt_m^n,$$

де N - це кількість навігаційних супутників в зоні видимості наземної підсистеми.

Потім необхідно виключити з кожної з корекцій між даними навігаційним супутником та опорним навігаційним приймачем визначених вище отримане наближене значення зсуву шкали годинника опорного навігаційного приймача

$$PRC_m^n = PRCt_m^n - \tilde{t}_m.$$

Далі розраховується параметр Z_m^n який визначаються як різниця між корекціями до псевдовідстаней, між даними навігаційним супутником та опорним навігаційним приймачем з урахуванням зсуву шкали часу опорного навігаційного приймача PRC_m^n та середнім значенням даної корекції, по опорним приймачам, але без урахування даних опорного навігаційного приймача для якого розраховується параметр

$$Z_m^n = PRC_m^n - \frac{1}{M-1} \sum_{\substack{m=1, \\ m \neq n}}^M PRC_m^n.$$

Параметр Z_m^n містить не корельовані похибки, а саме багатопроменевість, інтерференцію, теплові шуми, а також залишкову похибку визначення зсуву шкали часу опорного навігаційного приймача, що власне і складає вклад наземної підсистеми в похибку скоректованої псевдовідстані.

Далі відбувається статистична обробка часової вибірки параметру Z_m^n для кожного з опорних навігаційних приймачів, а саме знаходження середнього квадратичногозначення за виразом

$$RMS_{pr_gnd}^n = MAX \left(\sqrt{\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J (Z_{cm,j}^n)^2} \right), \quad (1)$$

де J - кількість вимірів в часовій вибірці даних; j - індекс значення параметру в часовій вибірці.

Тривалість часової вибірки відповідно до [3] складає 200 сек. Поки буфер даних повністю не заповнений дані не обробляються. Для подальшої обробки вибирається максимальне значення з усіх опорних навігаційних приймачів

Відповідно до [2] Величина $RMS_{pr_gnd}^n$ не повинна перевищувати величини яка визначається за виразом:

$$RMS_{pr_gnd}^n \leq \sqrt{\frac{\left(a_0 + a_1 e^{-\Theta_n/\Theta_0}\right)^2}{M}} + (a_2)^2, \quad (2)$$

де Θ_n – кут місця для навігаційного супутника n в градусах; a_0 , a_1 , a_2 і Θ_0 – параметри, визначені в табл. 1 для кожного з визначених показників точності наземної підсистеми GBAS.

Таблиця 1 -Параметри надані ІКАО для визначення показника точності наземної підсистеми GBAS

Літерне значення показника точності наземної підсистеми GBAS	Θ_n (градуси)	a_0 (метри)	a_1 (метри)	Θ_0 (градуси)	a_2 (метри)
A	≥ 5	0,5	1,65	14,3	0,08
B	≥ 5	0,16	1,07	15,5	0,08
C	> 35	0,15	0,84	15,5	0,04
	5-35	0,24	0	-	0,04

Якщо для якогось з навігаційних супутників розраховане значення $RMS_{pr_gnd}^n$ перевищує максимально допустиме значення для вибраного показника точності наземного обладнання, то дані такого навігаційного супутника в ефір не передаються.

Результати досліджень. Описана вище методика була перевірена експериментально. При проведенні експерименту було використане обладнання Експериментального комплексу моніторингу глобальних навігаційних супутникових систем що знаходиться а ННЦ «Аерокосмічний центр» НАУ [4]. В якості опорних навігаційних приймачів була використана апаратура виробництва фірми Novatel (Канада) п'ятого покоління. Було використано два одно частотних навігаційних приймачі, на яких був здійснений сеанс запису даних тривалістю дев'ять годин. За отриманими експериментальними даними були визначені значення $RMS_{pr_gnd}^n$ відповідно до виразу (1). Потім був визначений показник точності для кожного з видимих навігаційних супутників за максимально допустимими значеннями визначеними за виразом (2). Залежність експериментально визначених та максимально допустимих значень $RMS_{pr_gnd}^n$ від кута місця навігаційного супутника представлена на рис. 1а. На рис. 1б представлені треки навігаційних супутників.

Трек навігаційного супутника являє собою траєкторію руху навігаційного супутника відносно місця розташування наземного обладнання в координатах азимут / кут місця. Колір треку показує максимально досяжний показник точності наземного обладнання протягом руху навігаційного супутника. Даний колір збігається з кольором графіків показаних на рис. 1а. Також вказані номери навігаційних супутників.

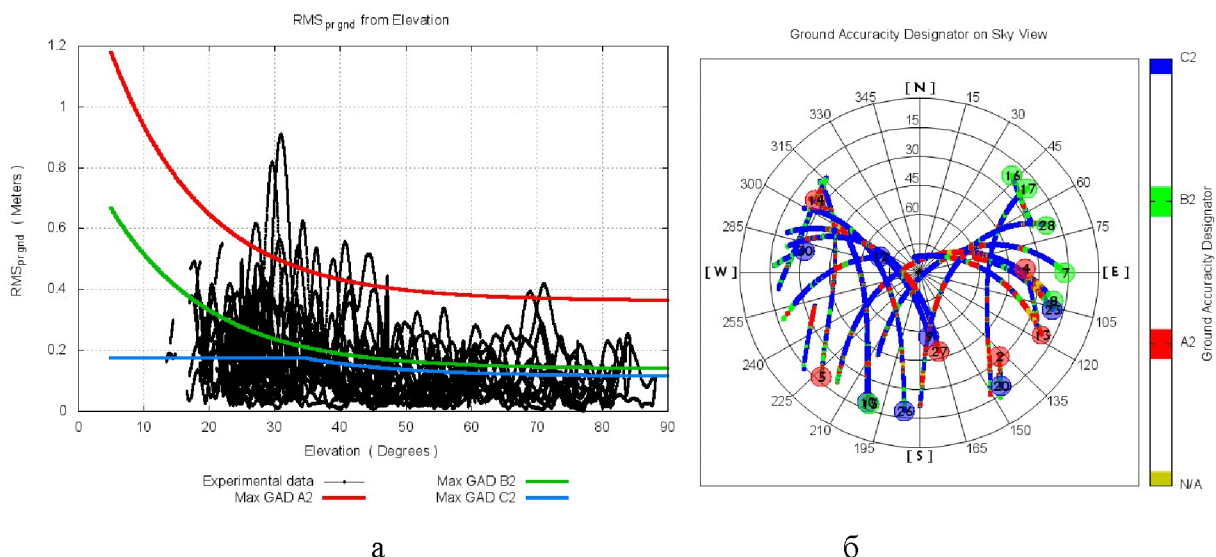


Рисунок 1 – Результати експериментальної оцінки точності наземного обладнання

Висновки. За результатами експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки. Загалом, характер зміни експериментально визначеного значення параметру $RMS_{pr_gnd}^n$ відносно кута місця навігаційного супутника в цілому відповідає теоретичним викладкам представленим в [2]. Проте присутні короточасні викиди значення даного параметру. При цьому дані викиди залежать не тільки від кута місця навігаційного супутника, а і від його азимуту. Даний ефект можна пояснити тим, що досліджуваний параметр містить в собі не корельовані між опорними навігаційними приймачами похибки, зокрема теплові шуми, та багатопроблемність розповсюдження сигналів від навігаційних супутників. Негативний ефект від зумовлений даними проблемами можна зменшити покращивши умови встановлення антен опорних навігаційних приймачів, та використання апаратури більш високої якості. Загалом можна зробити висновок про адекватність представленої методики контролю точності наземного обладнання та доцільності її використання при оцінці якості супутникових систем посадки повітряних суден.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конин В. В. Харченко В. П. Системы спутниковой навигации / В. В. Конин, В. П. Харченко. - К. : Холтех, 2010. – 250 с.
2. ICAO Приложение 10 Авиационная электросвязь. – Том 1, 2006. – 606 с.
3. RTCA DO - 245A MINIMUM AVIATION SYSTEM PERFORMANCE STANDARDS FOR THE LOCAL AREA AUGMENTATION SYSTEM (LAAS) 2004. - 226 с.
4. Сайт ННЦ «Аерокосмічний центр» НАУ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.asc.nau.edu.ua>

ECDIS ENHANCEMENT FOR SMART VHF RADIO COMMUNICATION

Koshevoy V., Shishkin A.
Odessa national maritime academy
(Ukraine)

Introduction Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) [1, 2] is one of the most important navigation and decision support tools, in the high degree due to the ability of integration with the other systems and peripheral vessels equipment. Integration of various systems, development of the concept of the integrated navigating bridge allows to operate a vessel from one workplace – operator ECDIS. Another important tool in contemporary marine navigation is Automatic Identification System (AIS). The AIS gives to navigator officer the possibility of watching vessels in the vicinity on ECDIS display in the case of its linking to ECDIS. The progress in real time digital signal processing of radar images has made possible imposing these images upon electronic charts. Therefore AIS and navigational radar mutually supplement each other and eliminate the drawbacks of separate systems for the sake of navigation safety. It is already evident from the benefits of linking AIS, radar and ECDIS that appropriately integrated systems give a synergy effect. Alongside the intrinsic advantages gained by combining these instruments, such integration corresponds to the principles that underpin IMO's e-navigation concept [3]. Integration of various systems around the ECDIS allows to optimize control of a vessel, avoid possible misses and incorrect decisions of the navigator because of so called «human factor».

From the other hand maritime Very High Frequency (VHF) communication suffers from some drawbacks. Terrestrial (not satellite) communication in general and VHF particularly is based on Digital Selective Calling (DSC) technology. DSC is one of the core subsystem in Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS). In accordance with GMDSS communication all radio telephone transmissions of any priority (distress, urgency, safety and routine) must be preceded by the proper digital selective call. Nevertheless, the procedures of radiocommunication with the use of DSC are often neglected either in cases of distress or with other priorities. In particular, VHF channel 16 is often used incorrectly for any calls attributed with routine priority as it was foreseen in the old (before GMDSS) system procedure instead of using DSC on channel 70. Shortcomings of VHF communication using DSC or VHF/DSC in abbreviation in its present state have been analyzed in documents [4-6]. In the document [5] and paper [6], in particular, some measures towards simplification of VHF/DSC communication were proposed.

Taking into account the technical possibilities of ECDIS/AIS system and imperfection of VHF/DSC radiotelephony the next step in gaining the efficiency of ECDIS, to our opinion, gives the opportunity of linking ECDIS/AIS to VHF/DSC radio installation.

Aim of the report. The main aim of the report is designing innovative function of ECDIS that provides smart VHF communication under standard operational DSC procedures and preservation the up-to-date radio installation. Benefits from such function implementation in practical navigation and shore infrastructure are considered. Some decisions of technical interfacing and marking of calling AIS targets are also proposed.

Results of investigations. Maritime VHF communication in the GMDSS includes two stages: 1) preparing stage, which includes call on the channel 70 indicating the working channel by means of DSC controller, and 2) properly voice communication on the stated working channel after receiving appropriate acknowledge. In the other communication system with automatic switching of channels the first phase is realized beyond operator activity. The user doesn't make any actions for channel setting and not feeling this process at all. Unfortunately in the maritime communication all this burden falls on a navigator. After GMDSS coming in force DSC channel 70 became a calling (and watching) channel in VHF band instead of voice channel 16, but this introduction didn't solve the main problem of work channel settings.

Many additional manual actions and time are needed to establish the communication which slows down the speed of information exchange and decreases the safety of navigation especially during ship manoeuvres. Only entering Maritime Mobile Self Identity (MMSI) demands 9 push buttons. In general making DSC includes about 20 elementary manual operations on control panel.

In a pressing situation, for instance, when a ship intends to make any manoeuvre and there is a nearby ship which makes an obstacle to this, navigators, as usual, neglect DSC process and directly pick up the telephone on channel 16. Such elimination of DSC does not accelerate reliable and correct VHF communication because a lot of time may be needed for called/calling vessel's verbal identification among other vessels. The calling vessel has to explain verbally which vessel it wishes to call and this very called vessel must quickly understand that it is addressed to it by exactly this calling vessel (along with its location among other vessels). As mentioned in document [4], «it is sometimes necessary to call an unknown vessel, e.g.: The vessel next to ... buoy, this is ..., what are your intentions?» and «any DSC call, however simple it would be, would require more time than picking up the handset and making a call on radiotelephony».

Consequently, DSC is not suitable for quick operational communication with chosen vessel and needs to be modified. In any case, using or neglecting of DSC, VHF radiotelephony has a drawback apparent in the lack of prompt, clear and reliable identification of the called/calling vessel.

Overcoming this drawback is achieved within the framework of the currently used vessel equipment through the integration of the navigation equipment ECDIS/AIS and DSC controller. In this case, all of the basic functions of integrated systems are preserved.

The combination of the ECDIS/AIS system with the VHF DSC equipment allows:

- to eliminate just the routine procedure of DSC making while replacing them by a computer mouse click (or trackball action) on the ECDIS vessel's AIS mark and then a DSC call to chosen vessel is produced at once automatically;
- to provide the identification of a calling vessel on the electronic chart and thus to make immediately the process of attachment of the calling vessel to the navigation situation automatically. A calling vessel can be indicated on the display by a blinking mark which will allow officer of the watch (OOW) of the called vessel to quickly estimate the navigational situation and make an effective decision; and
- after that, pick up the handset and conduct an address radiotelephone communication and not waste any time on verbal identification of communicating vessels.

Another words the discussed integration allows excluding the manual routine of the first stage and exchange it by intuitively understandable «click-to-talk» operation on ECDIS monitor. This approach releases an OOW who is not professional radio specialist from keeping in mind and entering MMSI and other features of DSC message. All necessary operations for DSC forming are executed automatically.

Integration of the ECDIS/AIS and VHF/DSC requires no changes to the existing radiocommunication operational procedures (If necessary all components of integrated system may be used separately in regularly regimes). What is essential is that the present manual method of making/viewing calls will be preserved as a supplementary means to the automatic method of making calls in the ECDIS. Only two additional functions for ECDIS are needed to be implemented:

- 1) providing the DSC automatically directly from ECDIS. The parameters, for example, the working channel number, can be set by default (or can be chosen manually if necessary using standard computer actions). The entering of the MMSI is not required at all because AIS data already have it and MMSI can be sent to the DSC controller automatically; and
- 2) displaying the calling vessel by blinking AIS mark on called vessel's ECDIS (and red-blinking mark in the case of distress call).

The above mentioned functions were software-based implemented as presented in fig. 1. An innovative ECDIS functions are realised in the dot lined modules. Standard ECDIS comprises Processing block with Electronic chart storage block, Monitor and external information transducers: Radar, AIS, GPS receiver, Log and Gyrocompass. In a case of DSC call OOW should only select the vessel to which he intend communicate. It is not necessary to look for MMSI of the called vessel because it already known from AIS information. All necessary operations for calling message assembling are provided in the DSC message forming module. Calling sequence is directed through the Output information port to the external DSC controller.

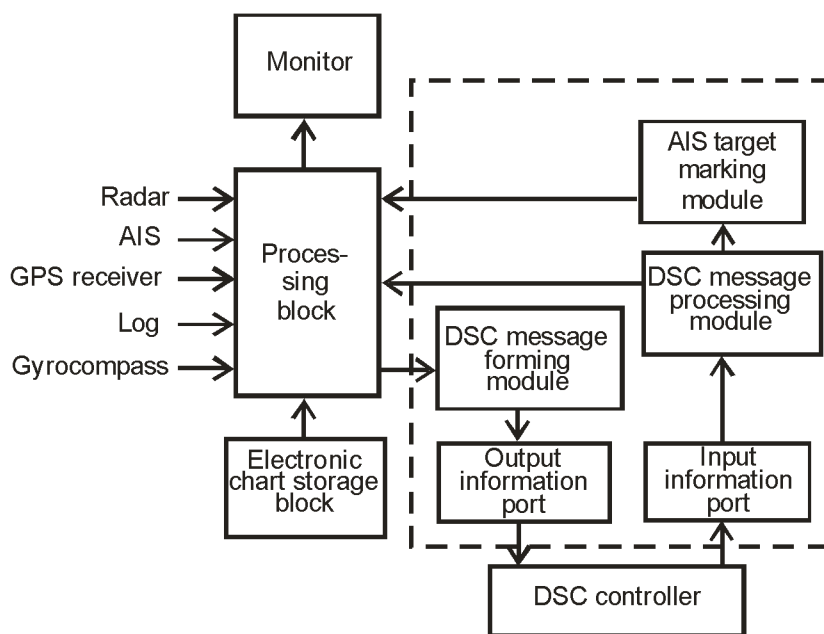


Figure 1 – Block scheme of ECDIS with DSC interaction function

The second new ECDIS function supports information received from DSC controller. In a case of getting relevant to own vessel DSC call the received sequence is directed through Input information port to DSC message processing module. Comparing MMSI from DSC controller with AIS target MMSI makes possible to mark the calling vessel among another ships. OOW is able to estimate immediately the current navigational situation not wasting any time on the properly DSC actions. After acknowledge, if necessary, again by clicking the AIS mark of the calling vessel operator can start voice communication. It is essentially that addressed and clearly understood recipient side communication is guaranteed without additional explanations.

The involved tools and achieved new qualities in making addressed communication using ECDIS as interface for the communication means allow to name this type of communication as COMEC (Communication on the base of Electronic Chart). The proposed method was protected by national patents of Ukraine [7, 8] and patented in Germany [9].

Conclusions and perspectives for further studies. An experimental hardware-software complex VHF/DSC – ECDIS/AIS is worked out to implement the new function of ECDIS for clearly addressed and smart radiotelephone communication with DSC as directed in the GMDSS. The complex includes standard VHF/DSC controller RM-2042, AIS transponder MT3, specially designed software to customize ECDIS functionality for remote DSC controlling and bidirectional unconventional hardware interface for linking DSC controller and ECDIS personal computer. The necessity of this interface is caused by the absence of standard interfacing like NMEA for interaction with ECDIS. This interface doesn't need any invasions into hard and soft wares of the DSC modem. The main idea of the interface is based on electronic emulation of key board and signal decoding from liquid crystal display (LCD) matrix. If the DSC controller supports NMEA DSC sentences, then need to project additional hardware for interfacing is not

necessary. But the software according Figure 1 for ECDIS – DSC interconnection is necessary in any way.

The experiments has demonstrated the full operability of the newly proposed ECDIS click-to-talk function. The proposed function doesn't have action upon another ECDIS functions and operations of DSC controller in standard regime. DSC overlaying function may be switched off, and DSC controller may be manually operated. All operational procedures are contained in the full scope, because the DSC sequence is forming automatically without any delay as in manual manner.

The proposed ECNIS function is especially effective for application in Vessel Traffic Systems (VTS) and Maritime Rescue-Coordination Centres (MRCC). VTS and MRCC operator is capable operating VHF communication as promptly possible from one ECDIS operator place. He is able to make situational analysis of navigational environment considering real time DSC activity in the area. Besides the coast infrastructure is not so strictly limited by IMO regulations as shipboard equipment. The functionality of VTS and MRCC doesn't depend upon vessel's ECDIS modernization.

The new ECDIS function is in full harmony with IMO strategic plan on e-navigation implementation because it responds to system integration principle and is compatible with standard installation without this function.

REFERENCES

1. Вагущенко Л. Л. Интегрированные системы ходового мостика. – Одесса : Латстар, 2003. – 169 с.
2. Weinrit A. The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) : An Operational Handbook. – CRC Press / Balkema, 2009. – 895 p.
3. Patraiko D., Wake P., Weinrit A. // e-Navigation and the Human Element. TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – Vol. 4, No. 1. – 2010. – pp. 11-16.
4. Simplification of DSC equipment and procedures. Submitted by Finland / Sub-Committee on Radiocommunications and Search and Rescue 8/4/1, 27 November 2003.
5. Proposal for simplification of VHF DSC radiocommunication and increasing DSC efficiency / Submitted by Ukraine / Sub-Committee on Radiocommunications and Search and Rescue. COMSAR 14/7, 27 October 2009.
6. Miyusov M. V., Koshevoy V. M., Shishkin A. V. Increasing Maritime Safety: Integration of the Digital Selective Calling VHF Marine Radiocommunication System and ECDIS // TransNav ; International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – Volume 5 Number 2 June 2011. – pp. 159-161.
7. Патент 78762 (Україна). Пристрій для цифрового вибіркового виклику з підвищеною оперативністю / Кошевий В. М., Шишкін О. В., Заїчко В. С. – Опубл. в бюл. № 5, 2007.
8. Патент 90497 (Україна). Інтегрована система цифрового вибіркового виклику / Шишкін О. В., Кошевий В. М., Заїчко В. С. – Опубл. в бюл. №9, 2010.
9. Patent No. DE 11 2007 003 617 T5 (Germany). Integriertes System eines digitalen Selektivrufs und einer elektronischen nautischen Seekartographie / Shishkin O., Koshevyy V., Zaichko V. Date of Patent : 03.12.2007.

ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОРИСТУВАНЬ ІНДИВІДУАЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ

Кравченко О.В., Санько Я.В.

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

Одним з найбільших сегментів транспортних засобів міста являються транспортні засоби особистого користування, а це значить що вони мають значний вплив, як на дорожньо-транспортну обстановку міста так і на сферу громадських перевезень. Збільшення автомобілізації населення у містах тягне за собою, водночас, як безліч позитивних так і негативних сторін. Однак процес зростання кількості автомобілів у містах не можливо зупинити, а отже необхідно вирішувати ці проблеми або хоча б зменшення значимості їх.

Отже, дослідження буде спрямоване, саме, на визначення закономірностей користування індивідуальним транспортом, основною метою якого буде з'ясувати фактори впливу на користування індивідуальним транспортом.

Зважаючи на мету роботи перед дослідником постають наступні задачі:

- 1) визначити поняття індивідуальний транспорт;
- 2) визначити методи збору інформації;
- 3) визначити необхідні показники, що характеризуватимуть користування індивідуальним транспортом [1].

Рухливість населення, є однією з соціальних характеристик способу життя міського населення. Чим більше чисельність населення міста, тим більше в ньому можливостей для задоволення потреб людини в переміщеннях, а отже, більше і рухливість жителів міста.

Багато досліджень проведено в сфері переміщень населення, в яких пропонується розділити переміщення населення (рухомість) на дві категорії, перша – це пересування пішки, а друга пересування на транспорті, яке містить пересування на транспортних засобах індивідуального користування. В роботі [2] було проведено анкетування власників легкових автомобілів в декількох гаражно-будівельних кооперативах та на стоянках Солом'янського району м. Києва. Для того щоб розбити загальний потік переміщення населення за цілями, спрогнозувати потоки населення на легкових індивідуальних автомобілях, автором були проведені дослідження рівня використання та середнє наповнення автомобілів за різними цілями поїздки, однак, дослідник у своїй роботі не врахує місткість досліджених автомобілів. (рис. 1).

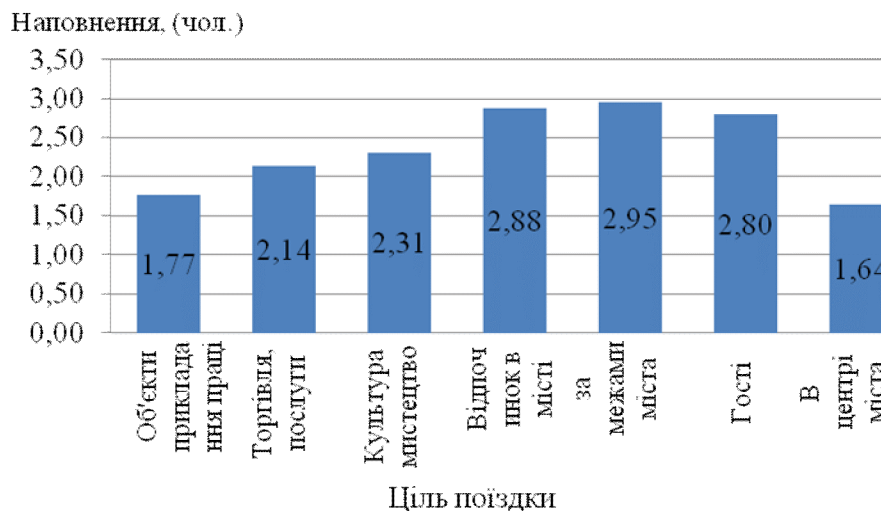


Рисунок 1 – Значення середнього наповнення легкових індивідуальних автомобілів для різних цілей поїздки

Загалом, вище зазначене безперервно пов'язане з автомобілізацією та рухомістю населення. Автомобілізація заключається в оснащеність населення автомобілями [3].

Транспортна рухомість враховується при проектуванні транспортних мереж, обґрунтуванні транспортної мережі руху, виборі виду транспорту. Дані про рухомість визначаються на основі обробки експериментально-статистичних даних, натурних досліджень і розрахунків з урахуванням соціального складу населення та розподілом кореспонденцій за метою поїздки. Загальне число переміщень населення складається з суми переміщень на транспорті та пішки. Після цього оцінюють коефіцієнт користування транспортом ($\phi_{тр}$) котрий залежить від чисельності населення (H) та ступеню автомобілізації (рис 2).

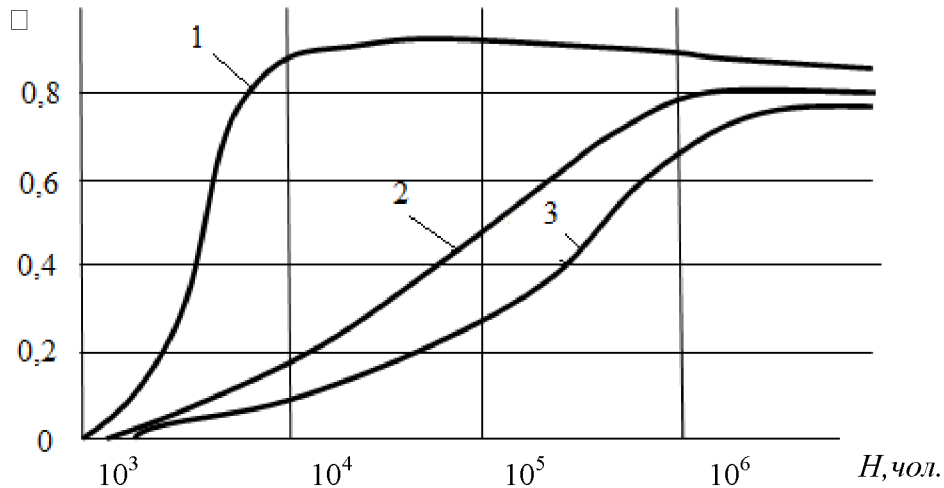


Рисунок 2 – Залежність середнього по населеному пункту коефіцієнта користування транспортом від численності населення та рівня автомобілізації 1 – до 50 авто 1000жителів; 2 – від 50 до 150; 3 – від 150 до 500

Річна рухомість населення визначається за відношенням [3, 4]:

$$P = \frac{PS_i}{N} \quad (1)$$

де P – загальна рухомість населення; PS_i – загальна кількість поїздок всього населення за рік; N – численість населення міста, чоловік.

Число поїздок розраховують виходячи з поїздок P_1 – постійного населення міста, P_2 – мешканців передмістя, що приїжджають в місто, і P_3 – тимчасово проживають в місті. Загальне число поїздок – $P_1 + P_2 + P_3$.

$$P_1 = N \cdot k_T \cdot (P_p \cdot a_n + P_y \cdot a_y) \cdot k_o \cdot k_{к-н} \cdot k_n \quad (2)$$

де k_T – коефіцієнт, що враховує користування пасажирським транспортом; P_p – річна кількість поїздок здійснена одним працюючим; a_n – питома вага працюючих; P_y – річна кількість поїздок здійснена одним учнем до місця навчання; a_y – питома вага учнів; k_o – коефіцієнт, що враховує ділові поїздки; $k_{к-н}$ – коефіцієнт, що враховує культурно-побутові поїздки; k_n – коефіцієнт, що враховує пересадки. Ділові пересування складають 2-5% від трудових. З урахуванням зростання культурних потреб населення для великих міст значення $k_{к-н}$ приймається рівним 1,9. При п'ятиденному робочому тижні трудові поїздки у вільні дні замінюються поїздками з культурними цілями і в зони відпочинку, що зумовлює збільшення коефіцієнта $k_{к-н}$ до 2,3. У менших містах кількість культурно-побутових поїздок повинно бути нижче у зв'язку з меншим числом і більше близьким розташуванням культурних і видовищних підприємств.

Річне число поїздок жителів передмість P_2 , що приїжджають в місто, і річне число поїздок P_3 , тимчасово проживають у місті, становить 5-10 % від річного числа поїздок P_1 постійних жителів міста, тобто $S(P_2 + P_3) = (1,05 - 1,10) P_1$.

В формулі (2) чітко видно, що загальну кількість поїздок пропонується розділити за метою поїздки і виходячи з цього визначити загальну рухомість населення. При оцінці транспортної рухомості населення для різних населених пунктів використовують наступні правила: на відстань переміщення не більше 1км транспортом користується менше 24% для трудових, і менше 11% для культурно-побутових переміщень. На відстані 1-2 км транспортом воліють користуватися вже 50-56% громадян, 2-3 км – 70-75%, 3-4км біля 90%. На відстані більше 4 км практично всі люди, за винятком екстрених (форс-мажорних) ситуацій переміщаються на транспорті. Результати численних натурних обстежень показують, що загальна транспортна рухливість населення для міст однієї величини з близьким рівнем транспортного обслуговування досить стійка (табл. 1) [5].

Таблиця 1- Розподіл переміщень міського населення.

Показник	Численність міського населення, тис.чол.		
	250-500	500-1000	більше1000
Загальна рухомість, число переміщень	600-900	700-1000	1100-1300
Рухомість по меті поїздки, %			
Трудові	18-20	18-20	18-22
Культурно-побутові	34-37	35-38	37-41
Повернення додому	45-46	44-45	43-44
Середнє значення коефіцієнтів користування транспортом	0,34-0,48	0,43-0,54	0,47-0,54
Значення коефіцієнта користування транспортом за метою переміщення			
Трудові	0,43-0,55	0,55-0,64	0,67-0,74
Культурно-побутові	0,34-0,4	0,35-0,39	0,42-0,5
Повернення додому	0,35-0,45	0,34-0,5	0,47-0,49

В формулі (1) використовується коефіцієнт, що враховує користування пасажирським транспортом, в цей коефіцієнт входить доля користування особистим транспортом. Отже, транспортна рухливістю поділяється на переміщення на транспортних засобах індивідуального користування та на переміщення міським пасажирським транспортом.

Коефіцієнт користування особистим транспортом (φ_{oc}) визначається за формулою:

$$\varphi_{oc} = \frac{P_o}{P} \quad (3)$$

де P_o – рухомість здійснюється особистим транспортом; P – загальна рухомість населення.

Таким чином в центрі дослідження виступатиме коефіцієнт заповнення індивідуального транспорту ($\gamma_{інд-т}$). Єдиного коефіцієнту користування індивідуальним транспортом немає, оскільки він буде змінюватись в залежності від багатьох факторів, таких як [6]:

- географічне положення регіону досліджень;
- культурними особливостями регіону;
- вік мешканців;
- рівень доходів населення;
- соціальною складовою;
- складом населення та ін.

Для визначення коефіцієнту користування індивідуальним транспортом, необхідно було дослідити наповненість транспортних засобів. Спостереження були розділені на два типи: спостережень в робочі та вихідні дні, оскільки вони будуть розрізнятися. При проведенні цих досліджень потрібно, пам'ятати про закон «великих чисел», тобто, вибірка має бути якомога більшою, оскільки чим більше ми отримуємо результатів тим точніші результати ми отримуємо, тому що при збільшенні кількості випробувань буде невілюватися ймовірнісний характер і буде спостерігатися закономірність.

Отже, для визначення коефіцієнта заповнення салону індивідуального транспорту за транспортними засобами, які рухаються по вулично-дорожній мережі (ВДМ) міста, було проведено візуальне спостереження. Метод заключався в наступному – на різних ділянках міста, в робочі дні тижня, в ранкову та вечірні «години пік» були розставлені спостерігачі, яким було видано однотипні бланки. Спостерігаючи за рухом транспортних засобів, які рухаються по ВДМ, в бланк вносили таку інформацію:

- наповненість салону транспортних засобів;
- склад транспортного потоку;
- марка автомобіля;
- інтенсивність транспортного потоку.

Для того щоб дослідити переміщення враховуючи мету поїздки було використано анкетування. Метод передбачає, що водіям в гаражних кооперативах були представлені анкети в яких задані питання з вузьким колом відповідей, питання були наступні:

- мета поїздки;
- наповненість салону;
- стать водія;
- вік власника;
- клас транспортного засобу;
- марка автомобіля (клас);
- частота поїздок на не особистих транспортних засобах (друзів, знайомих та ін.), у вигляді пасажира.

Наступним етапом було опрацювати отримані дані, звести їх до єдиного вигляду та порівняти результати досліджень при візуальних спостереженнях та анкетувань.

В результаті досліджень отримане середнє значення заповнення салону необхідно помножити на рівень автомобілізації населення, користування індивідуальним транспортом буде дорівнювати (переміщень на тисячу жителів):

$$P_o = A \cdot (1 + \bar{\gamma}_{ind-m}) \cdot D \quad (4)$$

де A – рівень автомобілізації населення; $\bar{\gamma}_{ind-m}$ – середня кількість пасажирів заповнення салону; D – число переміщень за період.

Отже, використання індивідуальних транспортних засобів тягне за собою, як позитивні так і негативні моменти.

До позитивних моментів, щодо користування індивідуальними транспортними засобами можна віднести такі:

- не регулярність поїздки (в зручний час);
- зменшення психологічного навантаження – стомленості;
- зменшуються витрати часу на пішохідний підхід до місця відправлення;
- невілюється час очікування на зупиночних пунктах, та ін.

Негативними сторонами є:

- за рахунок збільшення транспортних засобів на вулично-дорожній мережі (ВДМ), збільшується кількість викидів відпрацьованих газів в атмосферу;
- зменшення кількості пасажирів на транспорті загального користування призводить до збільшення собівартості перевезення одного пасажира;
- підвищується завантаженість вулично-дорожньої мережі, за рахунок збільшення одиниць транспортних засобів, що знаходяться на ВДМ міста;
- потреба у будівництві паркувальних майданчиків та ін.

В ході проведеного дослідження було визначено методи збору інформації про користування індивідуальним транспортом та обґрунтовано їх. Також з'ясовано, що переміщення по вихідних та робочих днях відрізняється своєю метою та специфікою переміщень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зенгбуш М. В. Пассажирыопотоки в городах / М. В. Зенгбуш – М. : Транспорт, 1974. – 137с.
2. Стародуб І. В. Сучасна автомобілізація та транспортна інфраструктура великих міст України / І. В. Стародуб. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://librar.org.ua>
3. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок : учебное пособие для вузов / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин – М. : Высшая школа, 1980. – 535 с.
4. Доля В. К. Пасажирыські перевезення / В. К. Доля. – Х. : Видавництво «Форт», 2011. – 507 с.
5. Гудков В. А., Миротин Л. Б., Вельможен А. В., Шеряев С. А. Пассажирыские автомобильные перевозки: учебник / Под ред. В. А. Гудков – М. : Горячая линия-Телеком, 2006. – 448 с.
6. Mattson, J. Travel Behavior and Mobility of Transportation-Disadvantaged Populations: Evidence from the National Household Travel Survey /J. Mattson. – Fargo, 2012.

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Токарев В.В., Наталуха Ю.В., Семенец В.В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(Украина)

Введение. В общем понимании по форме глаз напоминает неправильный шар из-за немного вытянутой передней части рис. 1. Посередине этого шара расположен зрачок. Так как он является, по сути, отверстием, то кажется чёрным, ведь за ним находится тёмная внутренность глаза. Окружает зрачок радужная оболочка (радужка). По своей форме она напоминает баранку. У каждого человека радужка окрашена в определённый цвет: голубой, серый, зелёный или коричневый. В области зрачка расположен хрусталик. По форме это двояковыпуклая линза. Хрусталик активно участвует в приспособлении глаза к внешним условиям. Наружную оболочку глаза составляют склера (белок) и роговица.

Склера – обволакивает всё глазное яблоко и является своеобразным кожухом, выполняя функцию защиты и обеспечивая постоянство формы глаза. Шарообразная форма глазного яблока человека по функциональным возможностям напоминает камеру с полем зрения 160° по ширине и 135° по высоте. Как и любая оптическая система, глаз подвержен различным видам геометрических и хроматических аберраций. Выпуклая часть склеры называется роговицей, которая представляет собой объектив. Между радужной оболочкой и роговицей находится «камерная жидкость», которая, как и хрусталик, является линзой. Задняя поверхность глаза называется сетчаткой, которая образована из миллионов светочувствительных клеток. Сетчатка - это приёмник световых импульсов, благодаря её сложной работе мы видим тот или иной объект.

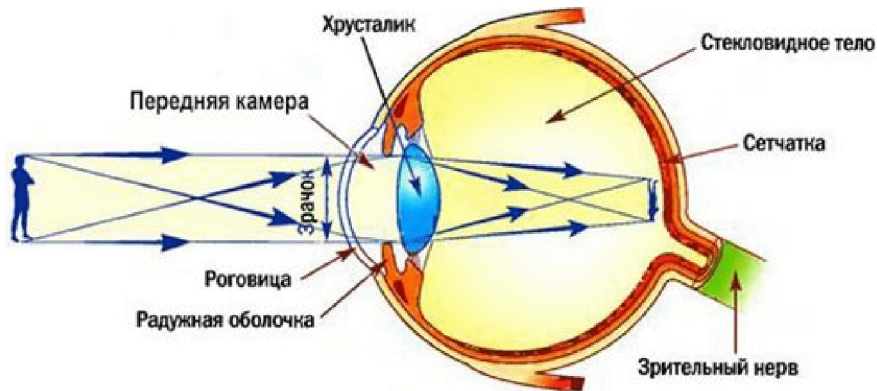


Рисунок 1 – Человеческий глаз

Как работает глаз человека. Сначала свет попадает на радужную оболочку и в зрачок. При ярких лучах радужка расширяется, а зрачок сужается. В потёмках же всё происходит наоборот. Пройдя сквозь зрачок, лучи преломляются хрусталиком, форма хрусталика может меняться в зависимости от расстояния между предметом и человеческим глазом. Если предмет расположен близко к человеческому глазу, то хрусталик утолщается, а если далеко – то становится тоньше. Затем свет попадает на сетчатку, где светочувствительные клетки посредством сложных химических процессов преобразуют его в нервный импульс. Этот импульс передаётся зрительным нервом в отдел мозга, отвечающего за зрение, где и обрабатывается, после чего воссоздаётся зрительный образ рассматриваемого предмета. Часть этих нервов улавливает красный, другая – зелёный и третья – синий свет. Мозг обрабатывает всю информацию, и в результате человек видит цвет.

Строение глаза по теории Гельмгольца гласит о том, что глаз имеет постоянную форму. А это значит, что если у человека развивается близорукость или дальновзоркость – это врожденная патология глаза и она никак не исчезнет, потому что глаз не может менять

свою форму, а аккомодация зависит только от формы хрусталика. Именно поэтому считалось, что если мышцы, поддерживающие хрусталик, уже не могут выполнять в полной мере свои функции, то это уже навсегда.

Строение глаза по теории Бейтса является более современным. Оно гласит, что глаз может изменять свою форму, так как он заполнен стекловидным телом. Эта теория доказана – у людей с врожденной близорукостью к старости развивается дальновзоркость и зрение нормализуется. По этой теории за способность к аккомодации отвечают те же мышцы, которые позволяют двигать глазами яблоками из стороны в сторону, а любые проблемы со зрением являются следствием их перенапряжения или спазма, из-за чего глазное яблоко не может принять необходимую для получения оптимальной картинки форму. Брови, веки, слезный аппарат относятся к вспомогательным органам глаза и защищают глаз от механических и физических повреждений. В теории Бейтса, глазное яблоко в разрезе по его вертикальной плоскости симметрии имеет вид (рис. 2): 1 – склера – плотная оболочка глаза, которая защищает его от повреждений; 2 – роговица – переднее, прозрачное, сильно изогнутое, преломляющее свет окно. Свет через роговицу попадает в глаз до того, как он частично перекрывается цветной и непрозрачной поверхностью радужной оболочки; 3 – радужная оболочка (или радужка) – тонкая практически светонепроницаемая оболочка, в которой содержатся пигменты (придают цвет глазам) и мышцы позволяющие менять размер зрачка; 4 – зрачок – отверстие в центре радужной оболочки, диаметр которого меняется от 1 до 8мм, в зависимости от освещения.

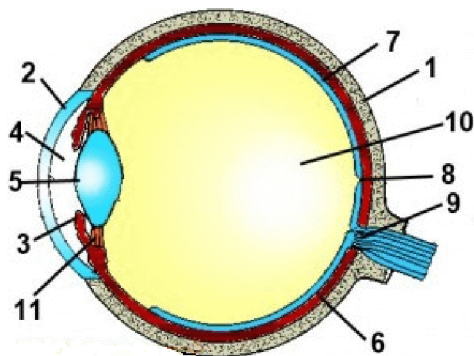


Рисунок 2 – Строение глаза человека по теории Бейтса

При слабом освещении зрачок расширяется, чтобы увеличить энергию, которая попадает на сетчатку. При нормальном освещении зрачок сужается, чтобы противостоять сферическим aberrациям в глазном яблоке и получить более четкое изображение. Преломляющая сила (аналог фокусного расстояния) глаза по большей части зависит от преломления на границе раздела «воздух» – «роговица» и хорошо регулируется изменением формы хрусталика, а так же удерживает объект строго в фокусе. У взрослого нормального человека изменения фокусного расстояния расположено в пределах 15-17мм; 5 – хрусталик – биологическая линза, которая расположена за зрачком и выполняет важную роль в преломлении света; 6 – сосудистая оболочка – обогащает питательными веществами глаз (в основном сетчатку); 7 – сетчатка – тонкая однослойная мембрана, состоящая из двух видов фоторецепторов: палочек и колбочек, которая реагирует на свет с длиной волны 330-730 нм, т.е. от фиолетового до красного. В человеческом глазе приблизительно сто миллионов палочек и пять миллионов колбочек. Палочки – это чувствительные фоторецепторы, которые способны отреагировать на один фотон, хотя они дают мало информации о пространственном расположении объекта, так как связаны с одним и тем же нейроном на сетчатке. Колбочки становятся активными при более высоком уровне освещенности и сигнал, который подает каждая колбочка, расшифровывается несколькими нейронами, что сказывается на высоком разрешении в этой области; 8 – желтое пятно (или макула) – место наибольшей остроты зрения на

сетчатке, которое расположено напротив зрачка; 9 – слепое пятно – область сетчатки нечувствительная к свету. Через него проходит зрительный нерв; 10 – стекловидное тело – заполняет 2/3 объема глаза и придает ему форму и плотность; 11 – цилиарная мышца – мышца, окольцовывающая хрусталик человеческого глаза.

В настоящее время большое внимание уделяется вопросам, связанным с изучением психофизических явлений, при этом объектом исследования служат: ощущения человека; физические процессы, действующие на наши органы чувств и вызывающие ощущения; отношения, которые связаны с ощущениями с соответствующими им предметами внешнего мира. Область науки, изучающая преобразования информации органами чувств, называется психофизикой. Психофизика имеет многочисленные практические и технические приложения. На результаты ее исследований опирается кибернетика, системотехника, вычислительная техника, автоматика, светотехника, техника кино и телевидения и многие другие области практической деятельности человека. Математическое описание ощущений человека ставит перед исследователями задачу по разработке математического аппарата. Классическая задача психофизики зрения заключается в изучении связи между световым излучением, т.е. зрительными картинками и характеристиками зрительных образов (насыщенность, цветовой тон и др.) Основным инструментом колориметрии – науки об измерении цвета – является метод сравнения цветов.

Постановка задачи. Предлагается использовать частный случай метода сравнения – метод нуля – орган, для которого применяется математический аппарат предикатов специального вида, а в качестве входных спектров световых излучений используется функциональное пространство. Согласно этому методу, наблюдателю предъявляют на двух небольших полях, имеющих общую границу, рис. 3 световые излучения, характеризующиеся соответственно спектрами $b'(\lambda)$ и $b''(\lambda)$. Наблюдатель воспринимает эти излучения в виде двух соприкасающихся цветных пятен.

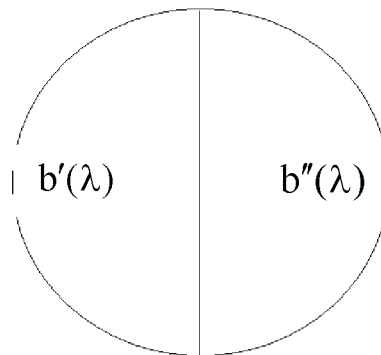


Рисунок 3 – Световые излучения, характеризующиеся соответственно спектрами $b'(\lambda)$ и $b''(\lambda)$ предъявляемые наблюдателю на двух небольших полях, имеющих общую границу

От него требуется дать ответ на вопрос, совпадают или не совпадают друг с другом цвета полей сравнения. Формирование ответа существенно облегчается тем, что в случае совпадения цветов граница между цветными пятнами исчезает. Таким образом, наблюдатель фактически принимает решение о совпадении или различии цветов с помощью очень тонкого индикатора – отсутствия или наличия видимой границы между полями сравнения. О высокой чувствительности метода сравнения свидетельствует такой факт. Если подать на поля сравнения пару идентичных излучений $(b'(\lambda), b''(\lambda))$, то наблюдатель регистрирует равенство цветов. Однако если предъявить пару излучений $(b(\lambda), 1,01 \cdot b(\lambda))$, т.е. на правом поле энергетический уровень излучения повысить всего лишь на 1% без изменения спектрального состава света, то наблюдатель с нормальным зрением отчетливо зафиксирует различие цветов. Установлено, что методом сравнения

можно различить по цвету много миллионов световых излучений. На первый взгляд может показаться, что цвета взаимно однозначно связаны с порождающими их световыми излучениями, и поэтому наблюдатель регистрирующий равенство или неравенство цветов тем самым обнаруживает совпадение или различие соответствующих световых излучений.

Однако, существует множество (совершенно различных по спектру и по мощности световых излучений (их называют метамерными), которые для глаза совершенно неотличны по цвету). Отсюда следует, что различных цветов гораздо меньше, чем различных световых излучений. Орган зрения реагирует одним и тем же цветом на огромное число различных световых излучений. Таким образом, глаз, формируя цвет, тем самым группирует световые излучения в некоторые классы. Установлено, кроме того, что различные наблюдатели классифицируют световые излучения не совсем одинаково. Поэтому световые излучения, видимые одним наблюдателем как одноцветные, для другого наблюдателя будут, как правило, выглядеть неодинаковыми по цвету. Из этих фактов следует, что каждый человек представляет собой особый объект для колориметрического обследования. Более того, оказывается, что один и тот же наблюдатель в различные периоды своей жизни в колориметрических опытах может реагировать по-разному. Это означает, что параметры зрительной системы человека с течением времени меняются, эволюционируют. Несмотря на эти обстоятельства и на то, что в колориметрических опытах приходится иметь дело с субъективными ощущениями наблюдателя и с его субъективно формируемым решением о равенстве или неравенстве цветов, тем не менее эти опыты вполне объективны и вполне могут быть отнесены к разряду чисто объективных физических экспериментов. Исход колориметрических опытов совершенно не зависит от желания наблюдателя. Хотя наблюдатель может произвольно выдумать свой ответ или же ошибаться в выработке правильного ответа (например при отвлечении внимания в процессе сравнения цветов), однако исследователь имеет все возможности обнаружить такие ответы и отвергнуть их, подобно тому, как в процессе обработки результатов физического эксперимента удастся выявить и исключить промахи экспериментатора. Наблюдатель в колориметрическом опыте действует вполне машинообразно: повторное предъявление той же самой пары световых излучений приводит к тому же самому ответу (если, конечно, не растягивать проведение эксперимента на многие годы, когда сам наблюдатель станет иным). Правда, в особых случаях, а именно когда цвета находятся на границе между равенством и неравенством, наблюдается элемент случайности в ответе. Но такой же элемент случайности появляется в любом физическом эксперименте в тех случаях, когда приходится работать на пределе возможностей измерительных приборов. В этих случаях точность исхода физических опытов обычно повышают за счет многократного повторения одних и тех же испытаний с последующей статистической обработкой результатов экспериментов. Такая же статистическая обработка ответов испытуемого возможна и в колориметрических опытах. Точность, достигаемая в колориметрических опытах, составляет 2-3 знака, а при глубокой статистической обработке может доходить до четырех знаков. Такая точность находится на уровне точности весьма совершенного физического эксперимента. Из всего сказанного вывод таков: в колориметрических опытах мы имеем тот, по существу поразительный, случай, когда субъективные ощущения человека и его субъективные действия, производимые им при сравнении цветов, успешно исследуются вполне объективными чисто физическими методами. Иными словами, колориметрические опыты демонстрируют нам принципиальную возможность объективного изучения субъективных состояний человека дают конкретный прецедент такого изучения. Это заключение очень ответственно, поскольку из него можно извлечь ряд далеко идущих выводов. В самом деле, если это так, то тогда нет непроходимой пропасти между объективным физическим миром и субъективным миром человека. Значит, понятия, выражаемые словами «объективный» и «субъективный» логически не исключают друг друга, и второе поглощается первым. Это значит также, что субъективные состояния поддаются вполне

объективному изучению чисто физическими методами. В связи со столь кардинальными выводами, тезис о возможности успешного объективного изучения некоторых субъективных состояний человека с помощью колориметрических опытов, на котором эти выводы основываются, должны быть подвергнуты тщательной проверке.

Решение поставленной задачи. В колориметрических опытах, действительно, изучается объективно регистрируемое поведение человека. В них наблюдатель выступает в роли некоего «черного ящика» с двумя входами и одним выходом рис.4. На входы «черного ящика» поступают световые излучения, характеризующиеся своими спектрами $b'(\lambda)$ и $b''(\lambda)$.

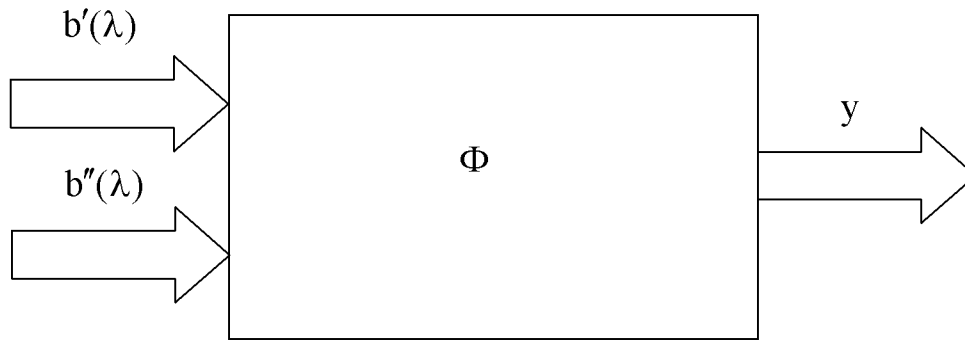


Рисунок 4 – Черный ящик

С математической точки зрения эти спектры представляют собой некоторые функции вещественного аргумента λ , заданного на интервале $[\lambda_1, \lambda_2]$, с вещественными значениями $b'(\lambda)$ и $b''(\lambda)$. На выходе «черного ящика» формируется двоичный сигнал $y \in \{0,1\}$. Его значение 1 будем интерпретировать как ответ наблюдателя «да», означающий равенство цветов на полях сравнения, а значит 0 – как ответ «нет», означающий неравенство цветов.

Выводы: 1) наблюдатель своим поведением реализует некоторый предикат: $y = \Phi(b'(\lambda), b''(\lambda))$,

2) получены и доказаны свойства этого предиката.

3) в качестве входных спектров световых излучений выбрано функциональное пространство $L_2[0,1]$ и проведена программная реализация свойств предиката.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вит В. В. Строение зрительной системы человека. – М. : Астропринт, 2003. – 664 с.
2. Наталуха Ю. В., Токарев В. В. Метод сравнения на примере нуля-органа нелинейных системах : Материалы международной научно-технической конференции [«Автоматизация: проблемы, идеи, решения»], (Севастополь, 9-13 сентября 2013 года). – СевНТУ, 2013. – С.157-159.
3. Афанасьев В. А., Наталуха Ю. В., Токарев В. В., Хорошайло Ю. Е. Математическая модель метода сравнения в динамических системах: Материалы международной научно-технической конференции [«Искусственный интеллект интеллектуальные системы ИИ-2013»], (пос. Кацивели АР Крым, 23-27 сентября 2013 года). – Донецк : «Наука і освіта», 2013. – С. 9-11.
4. Наталуха Ю. В., Ильин М. А., Токарев В. В. Об одном подходе к идентификации динамических систем : Сборник научных статей по итогам Третьей Международной научно-практической конференции (в трех томах) [«Информатика, математическое моделирование, Экономика, Том 2»], (г. Смоленск, 22 апреля 2013 г.). – Смоленск, 2013. – С. 103-109.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ПРОЦЕССОМ В ДВС

Худяков И.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. Ужесточение требований по экологической безопасности и проблемы снижения расхода топлива при эксплуатации судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС) вынуждают внедрять высокотехнологические решения, одним из которых является применение электронных систем автоматического управления (САУ) двигателем. САУ СДВС сочетает информационно-измерительные и управляющие функции как по отношению к объекту управления, так и к условиям его функционирования. Осуществляет функции сбора, обработки, преобразования параметров модели, управление исполнительными механизмами СДВС, а также обеспечивает человеко-машинное решение задач управления судовым дизелем. Такие системы позволяют оперативно управлять работой двигателей на основе показаний датчиков. Одной из основных характеристик отражающих режим работы и состояние СДВС является давление внутри цилиндра. Трудность контроля этого параметра заключается в том, что чувствительный элемент датчика непосредственно соприкасаются с рабочим телом находящимся внутри цилиндра двигателя, и соответственно подвергаются ряду физических и химических воздействий (коррозия, эрозия, высокая температура, высокое давление и т.д.).

Основная часть. В настоящее время датчики способные длительно и надежно работать в таких условиях, отсутствуют. Поэтому информация, необходимая для управления рабочим процессом в СДВС собирается косвенным путем.

Ниже приведены основные требования к первичным преобразователям [1, 2]:

1. Необходимая точность.
2. Стабильность характеристик.
3. Надежность работы и удобство эксплуатации (простота конструкции).
4. Работа при больших температурах.
5. Работа в агрессивных средах.
6. Быстродействие.
7. Достаточно продолжительный ресурс работы.
8. Приемлемые габариты.
9. Сравнительная дешевизна.
10. Инвариантность к магнитным полям и вибрации.

В связи с развитием микропроцессорных технологий процесс обработки информации и выработки управляющих сигналов упростился и не требует установки сложной и дорогостоящей аппаратуры. Однако открытым остается вопрос использования достаточно не дорогих индикаторных датчиков способных сохранять свои рабочие характеристики на протяжении всего срока эксплуатации [3].

В настоящее время на рынке измерительных систем и датчиков доминирующее положение продолжают занимать электронные измерительные технологии. Они предполагают преобразование измеряемого параметра в электрический сигнал и последующую его обработку. Широкое применение здесь получили тензометрические, индуктивные, емкостные и пьезоэлектрические преобразователи. Все они имеют достаточно хорошо разработанную теоретическую базу.

Альтернативой подобному подходу является использование волоконно-оптических систем измерения [3]. Где измеряемый параметр преобразуется в оптический сигнал, а затем в электрический. Такие датчики обладают высокой стабильностью, помехоустойчивостью, высокой амплитудой сигнала, что в свою очередь позволяет не применять усилители сигнала. Оптоволоконные датчики подразделяются на: фазовые, со спектральным кодированием; амплитудные; туннельные и поляризационные.

Согласно [4], наибольшее распространение получили оптоволоконные датчики, использующие фазовую (интерферометрические датчики) и амплитудную модуляции. При этом амплитудные датчики (при прочих равных условиях) более дешевы и просты в изготовлении и эксплуатации, однако иногда проигрывают интерферометрическим в точности и разрешающей способности.

Основной узел амплитудного оптоволоконного датчика (ОВД) – чувствительный элемент, а также его соединение с основанием могут быть изготовлены из материалов и с помощью методов, применяющихся для изготовления изделий микроэлектроники. Эти материалы и методы в настоящее время хорошо отработаны, что позволит получать совершенные конструкции чувствительных элементов при минимуме затрат на разработку [5].

Результаты измерений, полученных с помощью амплитудных оптоволоконных датчиков просто анализировать, в том числе с помощью средств вычислительной техники.

Одна из простейших конструкций амплитудного датчика является схема, где перемещение диафрагмы моделирует интенсивность отраженной световой волны.[4, 6, 7].

Выводы:

– на сегодняшний день управление рабочими процессами ДВС осуществляется на основании данных, полученных косвенным путем. Для получения фактических значений параметров непосредственно характеризующих рабочие процессы СДВС необходим датчик который будет осуществлять контроль давления в реальном масштабе времени;

– оптоволоконные датчики обладают такими качествами как: достаточная чувствительность, быстроедействие, устойчивость к электромагнитным помехам, устойчивость к коррозии и стабильность, что позволяет использовать их для решения поставленной задачи;

– возможность получения фактической индикаторной диаграммы ДВС для управления его рабочим процессом представляет большой интерес, так как позволяет вырабатывать управляющие сигналы на основе наиболее объективной информации о режиме работы двигателя. Данная информация, так же будет использоваться для текущей диагностики технического состояния ДВС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розенблит Г. Б. Датчики с проволочными преобразователями для исследования двигателей внутреннего сгорания./ Розенблит Г. Б., Виленский П. И., Горелик Я. И. – М. : Машиностроение, 1966. – С. 30-38.

2. Стефановский Б. С. Испытание двигателей внутреннего сгорания / Стефановский Б. С., Доколин Ю. М., Сорокин В. П. и др. – М. : Машиностроение, 1972. – 357 с.

3. Соколов А. Н. Волоконно-оптические датчики и системы: принципы построения, возможности и перспективы./ Соколов А. Н., Яцеев В. А. // LIGHTWAVE Russian Edition. – 2006. – № 4. – С. 42-44.

4. Бусурин В. И. Волоконно-оптические датчики: физические основы расчета и применения / В. И. Бусурин, Ю. Р. Носов. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 256 с.

5. O. Tohyama A fiber-optic silicon pressure sensor for ultra-thin catheters / O. Tohyama, M. Kohashi, K. Yamamoto // Sensors and actuators. – 1996. – № 54 – P. 622-625.

6. Белоусов Е. В. Опыт создания оптоволоконных датчиков для индикации рабочего процесса двигателей внутреннего сгорания / Белоусов Е. В., Савчук В. П., Штанько А. Д. // Сборник научных трудов по материалам международной конференции «Двигатель 2007», посвященной 100-летию школы двигателестроения МГТУ им. Н.Э. Баумана – М. : Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – С. 131-135.

7. Белоусов Е. В. Опыт создания оптоволоконных датчиков для индикации рабочего процесса двигателей / Белоусов Е. В., Савчук В. П., Штанько А. Д. // Грузовик & Строительно-дорожные машины, автобус, троллейбус, трамвай. – М. : Машиностроение. – 2007. – № 12.

СУДОВЫЕ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПОВЫШЕНИЕ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Шевченко В.В., Филипишук А.Н.

Херсонский филиал Национального университета кораблестроения
имени адмирала С.О. Макарова (Украина),

Хохряков Е.П.

Судоходная компания «BUB»
(Украина, г. Херсон)

Вступление. Проблема в пресной воде на морских судах существовала всегда на протяжении всей истории флота. Потребности в пресной воде на морских транспортных и рыбопромысловых судах (р/п) могут быть удовлетворены за счет судовых запасов или в результате работы опреснительных установок (ОУ). Суточная потребность в пресной воде зависит от назначения судна, типа судовых энергетических установок (СЭУ) и колеблется в пределах 5÷50 т, а на р/п базах и пассажирских лайнерах суточная потребность в пресной воде составляет 100÷200 т [1]. При таких объемах расхода пресной воды стало нецелесообразно запасать пресную воду, стоимость которой превосходит опресненную воду.

Актуальность исследований. Для ряда типов судов проблема пресной воды остается актуальной и это в первую очередь касается р/п баз и траулеров, т.к. дистилляционные опреснительные установки (ДОУ) отбирают до 52% тепловой мощности котлоагрегатов. Кроме того необходима дополнительная минерализация опресненной воды от ДОУ, согласно санитарным нормам на питьевую воду [2]. Поиски более экономичных методов опреснения морской воды приводит к широкому внедрению мембранных технологий таких как обратный осмос, электродиализ, которые отличаются сравнительно низкими энергетическими затратами. Преимущества и недостатки указанных методов опреснения отражены в работе [3, 4].

Постановка задачи исследований. Определение перспективных направлений исследования опреснения морской воды, совершенствование электродиализных опреснителей (ЭДО) в комплексе с обратноосмотическими установками (ООУ), а также разработка необходимых рекомендаций для внедрения ЭДО на морских судах с учетом Правил Регистра.

Результаты исследований. При выборе технологии обессоливания и, особенно, когда это касается морской воды с общей концентрацией растворенных солей до 35 г/л и солями жесткости до 100 мг-экв/л, возникает вопрос, какую мембранную технологию принять электродиализ или обратный осмос. Однако, существуют критерии для технико-экономической оценки и сравнения указанных методов обессоливания морской воды. С целью выбора наиболее оптимальных концепций мембранного опреснения [5].

Выбор системы опреснения электродиализа или обратного осмоса следует проводить сопоставление их эффективности по следующим показателям:

- предварительная подготовка исходной воды перед подачей на опреснительную установку;
- частота замены мембран;
- энергоемкость процесса обессоливания;
- стоимость опреснительных установок с учетом водоподготовки.

Стоимость установок, естественно, в разных странах различна, однако с известными допущениями разброс цен в 30% следует признать приемлемым и считать условно адекватной.

Предварительная водоподготовка – важный этап в процессе опреснения морской воды и, прежде всего, это касается обратного осмоса.

Если учитывать чувствительность мембран к различного рода примесям органического и неорганического происхождения и почти не требуется водоподготовка для ЭДО. Это вполне естественно, поскольку принципы обессоливания в соответствующих установках совершенно различны (рис. 1).

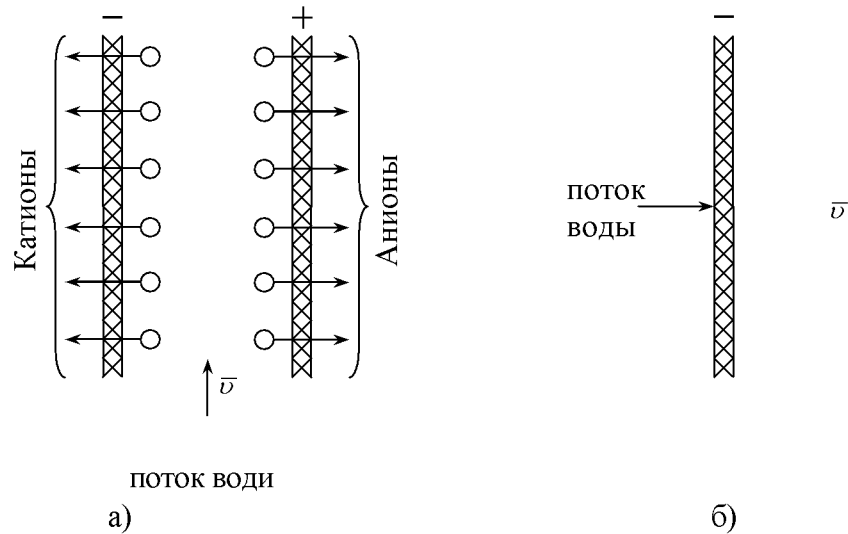


Рисунок 1 – Схемы опреснения электродиализом (а) и обратным осмосом (б)

В процессе электродиализа (рис. 1а) через ионообменные мембраны свободно мигрируют анионы и катионы, а основной поток воды движется параллельно мембранам (тангенциально по отношению к мигрирующим ионам Na^+ и Cl^-). В барометрических (обратноосмотических) опреснителях (рис. 1, б) поток воды продавливается под давлением через мембрану, понятно в этом случае требуется более тщательная водоподготовка и может достигать восьми стадий [6].

По данным компании «Jonics», существует по меньшей мере 7 факторов, свидетельствующих в пользу электродиализа в сравнении с обратным осмосом.

Причем, эти преимущества можно увеличить если применять ионообменные мембраны на акриловой основе[7].

Вывод. Повышение эффективности судовых опреснительных установок связано с мембранной технологией и прежде всего с электродиализом и обратным осмосом. Основные направления, в которых необходимо развернуть поисковые работы, следует признать:

- разработка универсального модуля с помощью которого можно наращивать производительность ЭДО (Q , т/сут) и получить опресненную воду, соответствующую международным стандартам;
- интенсификация процесса массопереноса в рабочих каналах ЭДО судового назначения с последующей оптимизацией технико-экономических показателей;
- разработка схемы предварительной водоподготовки исходной морской воды при оптимальном соотношении массогабаритных показателей опреснителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Судовые энергетические установки / Артемов Г. А., Волошин В. П., Захаров Ю. В., Шквар А. Я. – Л. : Судостроение, 1987. – 480 с.
2. Слесаренко В. Н. Опреснение морской воды. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 278 с.
3. Шевченко В. В., Филипчук А. Н., Покорный В. В. Анализ и оценка целесообразности внедрения мембранной технологии в судовой энергетике // Судовые

энергетические установки : научно-технический сборник. – Одесса : ОНМА, 2006. – Вып. 16. – С. 24-31.

4. Шевченко В. В., Филипчук А. Н., Филипчук А. А. Методы опреснения морской воды и их роль в системе судового водоснабжения // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті : Матеріали третьої Міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2011. – Том 2. – С. 326.

5. Pilat B. V. Electrodialysis concept in Desalination and New Units // Membrane Technology for Wastewater Reclamation and Reuse. – Tel-Aviv, Israel, 9-13 September, 2002. – P. 348-357.

6. Mourato Diana, Ph. D. Water Reuse with the Immersed Membrane & the Membrane Bioreactor // The International Desalination & Water reuse Quarterly. – February / March 2000. – V. 9/4. – P. 27-30.

7. Kenneth H. M. Wong Wastewater Desalination by Electrodialysis Reversal // Ionics Incorporated, Presented at the Water Technology Seminar. – Singapore. Oktober 4, 1993. – Bulletin TP366.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛ И МОМЕНТОВ САМОЛЕТА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОСОБОЙ СИТУАЦИИ

Шевчук Д. О., Васильев М. А., Мищенко А. Ю.

Национальный авиационный университет
(Украина, г. Киев)

Качество авиатранспортной деятельности гражданской авиации характеризуется безопасностью воздушных перевозок. Обеспечению безопасной и эффективной эксплуатации авиационной техники уделяется самое серьезное внимание в авиационной отрасли. В соответствии с мировой практикой безопасность полетов выражается через уровень аварийности, характеризующийся количеством авиационных происшествий, приходящийся на миллион вылетов (рис. 1).

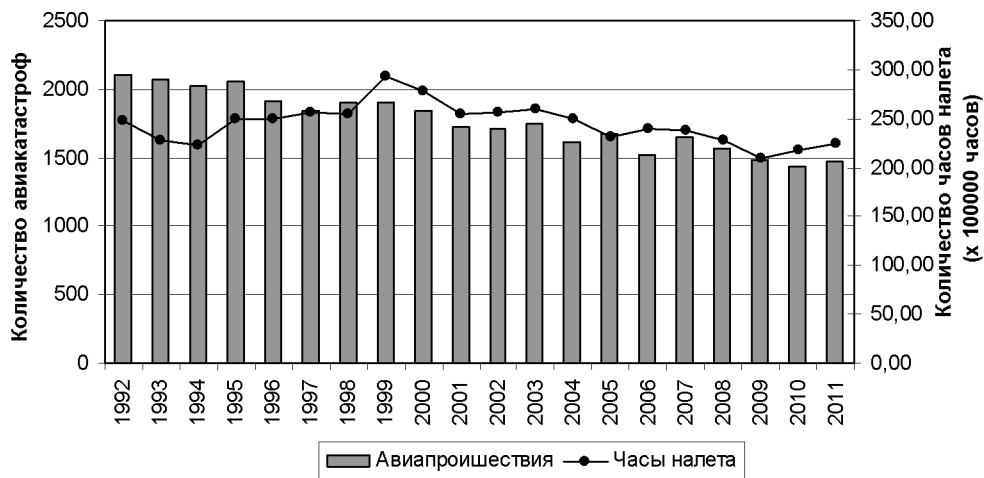


Рисунок 1 – Статистические данные авиационных происшествий

В процессе развития гражданской авиации на первый план вышла проблема уменьшения относительного количества авиационных происшествий, в следствие повреждения управляющих поверхностей и внешних обводов самолета. Аварийная ситуация возникающая в полете характерна быстрым временем развития. Для предотвращения ее развития и перехода в катастрофическую ситуацию, наиболее перспективным является применение методов и средств реконфигурации управления полетом. Преимущество внедрения автоматической системы реконфигурации управления полетом (АРСУ) в комплекс систем обеспечения безопасности полета заключается в том, что данная система позволит сохранить устойчивость и управляемость самолета с учетом развития особой ситуации в полете (рис. 2).

Для синтеза законов управления системы реконфигурации управления полетом необходимо составить математическую модель сил и моментов с учетом влияния особой ситуации на динамику полета.

Представим общие уравнение внешних сил, действующих на самолет и количества движения с учетом воздействия особой ситуации.

$$m \frac{dV}{dt} = R + R^{o.c.} \quad \frac{dK}{dt} = M_R + M_R^{o.c.} \quad (1)$$

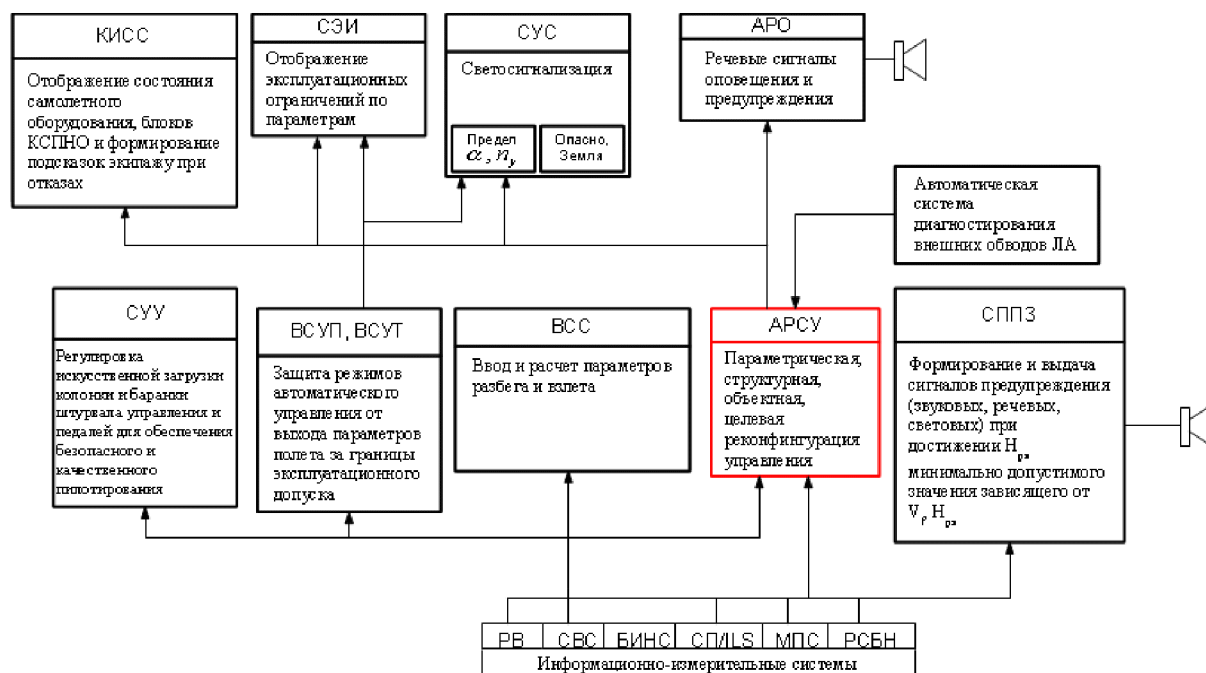


Рисунок 2 – Системы обеспечения безопасности полета

Уравнение внешних сил и количества движения можно представить в виде системы уравнений в проекциях на связанные оси координат.

$$\begin{aligned}
 m(\dot{V}_x + \omega_y V_z - \omega_z V_y) &= R_x + R_x^{o.c.} \\
 m(\dot{V}_y + \omega_z V_x - \omega_x V_z) &= R_y + R_y^{o.c.} \\
 m(\dot{V}_z + \omega_x V_y - \omega_y V_x) &= R_z + R_z^{o.c.} \\
 I_x \dot{\omega}_x + (I_z - I_y) \omega_y \omega_z &= M_x + M_x^{o.c.} \\
 I_y \dot{\omega}_y + (I_x - I_z) \omega_x \omega_z &= M_y + M_y^{o.c.} \\
 I_z \dot{\omega}_z + (I_y - I_x) \omega_x \omega_y &= M_z + M_z^{o.c.},
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

где R – вектор внешних сил действующих на самолет; K – вектор момента количества движения; M_R – общий аэродинамический момент; m – масса самолета; V – вектор воздушной скорости, совпадающей со скоростью движения в инерциальном пространстве; $R^{o.c.}$ – вектор внешних сил действующих на самолет при возникновении особой ситуации; $M_R^{o.c.}$ – аэродинамический момент, возникающий в результате особой ситуации; R_x, R_y, R_z – проекции внешних сил; V_x, V_y, V_z – проекция вектора скорости движения центра масс самолета; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – проекции вектора угловой скорости вращения системы координат OXYZ относительно нормальной системы координат в инерциальном пространстве на собственные оси.

Необходимо определить основные управляющие воздействия, при помощи которых будет осуществляться управление полетом. В формуле (4) приведена функциональная зависимость безразмерных коэффициентов сил и моментов.

$$c_{x,y,z}(m_{x,y,z}) = (\delta_{зак}, \delta_{пр}, \varphi_{ст}, \delta_{р.н.}, \delta_{р.в.}, \delta_{\delta}, \alpha, \beta, \omega_x, \omega_y, \omega_z, \dot{\omega}_x, \dot{\omega}_y, \dot{\omega}_z, M, V, H, \bar{x}_T) \tag{4}$$

где $\delta_{зак}, \delta_{пр}$ – конфигурация самолета, определяется положением механизации крыла (закрылков, предкрылков); $\varphi_{ст}, \delta_{р.н.}, \delta_{р.в.}, \delta_{\delta}$ – отклонения поверхностей управления (стабилизатора, руля направления, руля высоты, элеронов); ζ_1, \dots, ζ_n – коэффициенты, учитывающие изменение формы самолета (в частности упругости конструкции);

$\alpha, \beta, \dot{\alpha}, \dot{\beta}$ – соответственно углы атаки и скольжения и темпы их изменения; $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – угловые скорости относительно трех осей; $\dot{\omega}_x, \dot{\omega}_y, \dot{\omega}_z$ – угловые ускорения относительно трех осей; M – число Маха; R_e – число Рейнольдса; V – скорость полета; H – высота полета; \bar{x}_T – координата центра тяжести в долях от средней аэродинамической хорды.

Запишем уравнения безразмерных коэффициентов сил и моментов с учетом воздействия особой ситуации в проекциях на оси координат

$$\begin{aligned}
 c_y &= c_y^{очн} + (c_y)_{\alpha=0} + \Delta(c_y^\alpha)\alpha + c_y^{\bar{\alpha}}\left(\frac{\dot{\alpha}b_a}{V}\right) + c_y^{\dot{\omega}_z}\left(\frac{\omega_z b_a}{V}\right) + \Delta(c_y^{n_y})n_y + \Delta c_y^{cm} + \Delta c_y^{p.6.} + \Delta c_y^{унм} + \\
 &\quad + \Delta c_y^{m.щ.} + \Delta c_y^{o.c.} + \Delta c_y^{ун} + \Delta c_y^{oc} + \Delta c_y^n \\
 c_x &= k(c_x^{очн} + \Delta c_y^{cm} + \Delta c_y^{p.6.}) + (1-k)c_x^M(M) + \Delta c_x^M + \Delta c_x^3 + \Delta c_x^{m.щ.} + \Delta c_x^\beta + \Delta c_x^H + \Delta c_x^{o.c.} + \\
 &\quad + \Delta c_x^H + \Delta c_x^{oc} + \Delta c_x^n \\
 c_{z_e} &= c_z(\beta) + \Delta c_z^H + \Delta c_y^{o.c.} \\
 m_z &= m_z^{очн} + (m_z)_{\alpha=0} + \Delta(m_z^\alpha)\alpha + m_z^{\bar{\alpha}}\left(\frac{\dot{\alpha}b_a}{V}\right) + m_z^{\dot{\omega}_z}\left(\frac{\omega_z b_a}{V}\right) + \Delta(m_z^{n_y})n_y + c_y(\bar{x}_T - 0,25) + \\
 &\quad + \Delta m_z^{cm} + \Delta m_z^{p.6.} + \Delta m_z^{унм} + \Delta m_z^{m.щ.} + m_z^\beta + m_z^H + \Delta m_z^{o.c.} + \Delta m_z^{ун} + \Delta m_z^{oc} + \Delta m_z^n \\
 m_{x_e} &= m_x(\beta) + m_x^{\bar{\omega}_x}\left(\frac{\omega_x l}{2V}\right) + m_x^{\bar{\omega}_y}\left(\frac{\omega_y l}{2V}\right) + \\
 &\quad + \Delta m_x^3 + \Delta m_x^{унм} + \Delta m_x^H + \Delta m_x^{o.c.} + \Delta m_x^{ун}; \\
 m_{y_e} &= m_y(\beta) + m_y^{\bar{\omega}_y}\left(\frac{\omega_y l}{2V}\right) + m_y^{\bar{\omega}_x}\left(\frac{\omega_x l}{2V}\right) + c_z(\bar{x}_T - 0,25)\frac{b_a}{l} \\
 &\quad + \Delta m_y^3 + \Delta m_y^{унм} + \Delta m_y^H + \Delta m_y^{o.c.} + \Delta m_y^{ун};
 \end{aligned} \tag{5}$$

где $\Delta c_y^{o.c.}, \Delta c_x^{o.c.}, \Delta c_z^{o.c.}, \Delta m_y^{o.c.}, \Delta m_x^{o.c.}, \Delta m_z^{o.c.}$ – изменение основных коэффициентов подъемной силы, лобового сопротивления, боковой силы, продольного момента, момента крена и момента рыскания, обусловленное несимметричным предкрылков и закрылков при их отказе/

Запишем математическую модель продольного и бокового движения самолета с учетом воздействия особой ситуации

$$\begin{cases}
 \dot{V} + (a_x^V + a_x^{V^{o.c.}})V + (a_x^g + a_x^{g^{o.c.}})g + (a_x^\alpha + a_x^{\alpha^{o.c.}})\alpha + (a_x^h + a_x^{h^{o.c.}})h = (a_x^{\delta_p} + a_x^{\delta_p^{o.c.}})\delta_p \\
 \dot{g} + (a_y^V + a_y^{V^{o.c.}})V + (a_y^g + a_y^{g^{o.c.}})g + (a_y^\alpha + a_y^{\alpha^{o.c.}})\alpha + (a_y^h + a_y^{h^{o.c.}})h = 0 \\
 \dot{\omega}_z + (a_{m_z}^V + a_{m_z}^{V^{o.c.}})V + (a_{m_z}^g + a_{m_z}^{g^{o.c.}})g + (a_{m_z}^{\omega_z} + a_{m_z}^{\omega_z^{o.c.}})\omega_z + (a_{m_z}^\alpha + a_{m_z}^{\alpha^{o.c.}})\alpha + \\
 + (a_{m_z}^h + a_{m_z}^{h^{o.c.}})h = (a_{m_z}^{\delta_b} + a_{m_z}^{\delta_b^{o.c.}})\delta_b \\
 \dot{\alpha} - (a_y^V + a_y^{V^{o.c.}})V - (a_y^g + a_y^{g^{o.c.}})g - \omega_z - (a_y^\alpha + a_y^{\alpha^{o.c.}})\alpha - (a_y^h + a_y^{h^{o.c.}})h = 0 \\
 \dot{h} + (a_h^V + a_h^{V^{o.c.}})V + (a_h^g + a_h^{g^{o.c.}})g = 0
 \end{cases} \tag{6}$$

$$\left\{ \begin{array}{l}
 \dot{\omega}_x + (a_{m_x}^{\omega_x} + a_{m_x}^{\omega_x^{o.c.}})\omega_x + (a_{m_x}^{\omega_y} + a_{m_x}^{\omega_y^{o.c.}})\omega_y + (a_{m_x}^{\beta} + a_{m_x}^{\beta^{o.c.}})\beta = (a_{m_x}^{\delta_3} + a_{m_x}^{\delta_3^{o.c.}})\delta_3 + (a_{m_x}^{\delta_n} + a_{m_x}^{\delta_n^{o.c.}})\delta_n \\
 \dot{\omega}_y + (a_{m_y}^{\omega_x} + a_{m_y}^{\omega_x^{o.c.}})\omega_x + (a_{m_y}^{\omega_y} + a_{m_y}^{\omega_y^{o.c.}})\omega_y + (a_{m_y}^{\beta} + a_{m_y}^{\beta^{o.c.}})\beta = (a_{m_y}^{\delta_3} + a_{m_y}^{\delta_3^{o.c.}})\delta_3 + (a_{m_y}^{\delta_n} + a_{m_y}^{\delta_n^{o.c.}})\delta_n \\
 \dot{\beta} - \omega_y^{o.c.} + (a_z^{\beta} + a_z^{\beta^{o.c.}})\beta + (a_z^{\gamma} + a_z^{\gamma^{o.c.}})\gamma = 0 \\
 \dot{\gamma} - \omega_x^{o.c.} = 0 \\
 \dot{\psi} - \omega_y^{o.c.} = 0 \\
 \dot{\zeta} = -V\psi_a^{o.c.} \\
 \dot{\psi}_a - (a_z^{\beta} + a_z^{\beta^{o.c.}})\beta - (a_z^{\gamma} + a_z^{\gamma^{o.c.}})\gamma = 0
 \end{array} \right. \quad (7)$$

Получено математическую модель сил и моментов с учетом влияния особой ситуации в полете. Дополнительные коэффициенты особой ситуации в уравнениях (6) и (7) учитываются в законах параметрической и структурной реконфигурации управления для создания необходимых управляющих моментов и сил, которые позволяют восстановить управляемость и устойчивость самолета.

СЕКЦІЯ:

ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ

СТРЕСОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ СОВРЕМЕННОГО СУДОВОГО ОПЕРАТОРА

Голикова В.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. В современных условиях стресс стал элементом жизнедеятельности всего населения Земли независимо от пола, возраста, профессии и состояния здоровья. Профессионально обусловленный стресс значительно увеличивает нагрузку на адаптационные возможности человека, в первую очередь, у представителей таких профессий, как водители транспортных средств, машинисты локомотивов, моряки, летчики, космонавты, пожарные, спасатели и др.

Все эти профессии относятся к категории операторского труда, производственная деятельность в которых сопряжена с высоким нервно-эмоциональным напряжением, риском для здоровья и жизни, ответственностью за жизнь и безопасность большого количества людей. Выбирая профессию моряка, молодые люди понимают, что их будущая деятельность характеризуется необходимостью длительного непрерывного пребывания в условиях относительной изоляции, под воздействием неблагоприятных природных (прежде всего климатогеографических) и производственных факторов (шум, вибрация, химическое загрязнение воздуха), при выраженном единстве зон труда и отдыха, вахтенном режиме труда с частыми сверхурочными и авральными работами. Все это лежит в основе производственного или профессионального стресса.

Основная часть. Трудовая деятельность моряка протекает в малочисленном судовом коллективе, часто сопровождается негативными эмоциями, напряжением физических и психических функций. Судовой офицер-оператор находится либо в состоянии напряженного ожидания, либо выполняет большое число операций по управлению и контролю в системе «человек - судно», что обуславливает психоэмоциональное напряжение (психоэмоциональный стресс). Этому способствуют также интенсификация судоходства, рост тоннажа судов, мощности энергетических установок, уровня автоматизации и сложности навигационных систем управления судном, которые предъявляют новые повышенные требования, прежде всего, к судовым операторам.

Индивидуально-личностные свойства человека, его физическое и психическое состояние, показатели здоровья могут ограничивать возможности его профессиональной деятельности в системе «человек-судно». Особенно часто и наглядно эти ограничения проявляются в опасных и аварийных ситуациях. Недостаток информации и дефицит времени на принятие решений обычно усугубляется переживанием высокой ответственности за свои действия (гиперболизированное чувство ответственности). Наиболее характерным психическим состоянием, развивающимся под влиянием указанных факторов у специалиста, является психоэмоциональный стресс.

Выводы. Работа в условиях стресса может приводить к развитию утомления, ухудшению функционального состояния организма, психофизиологического статуса, нарушению профессиональной эффективности и безопасности труда, развитию профессионально обусловленных заболеваний.

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДСТАВИ СИТУАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ СУДНОМ

Медведевко О.М.

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору
Національної Академії Наук України (Україна, м. Київ),

Шульгін В.А., Хоменко С.О.,

Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету
(Україна)

Вступ. За прогнозами експертів фірми Boeing на рубежі ХХ-ХХІ сторіч понад 2800 літаків у світовій цивільній авіації знаходилися у експлуатації більше 20 років. Загальний коефіцієнт старіння авіаційної техніки (АТ) оцінюється в 65%. В період 2005-2025 років кількість експлуатованих пасажирських і вантажних літаків зросте більш ніж в два рази з 17330 до 35970. Для задоволення зростаючих потреб у авіаційних перевезеннях буде потрібно 27210 нових літаків: з них 9580 для заміни старої АТ і більше 17630 – для задоволення збільшеної потреби в перевезеннях. Вік світового флоту в 1971 році оцінювався в п'ять років, в 1986 – в 10 років, в 1990 – близько 12 років, в 2000 році близько 15 років. Щороку старіння АТ додає 4,3% аварійності [1]. Наведене вимагає розробки і реалізації ефективних заходів як з вдосконалення процесів льотної і технічної експлуатації повітряних суден (ПС), так і людського компоненту авіаційної транспортної системи (АТС). Оскільки, з одного боку, людський чинник (ЛЧ) впродовж десятиліть дійсно негативно впливає на безпеку польотів (БП), про що переконливо свідчить статистика авіаційних пригод (АП) [2]. Хоча, з іншого боку, добре підготовлений авіаційний персонал може суттєво збільшити надійність АТС, активно втручаючись у локалізацію і ліквідацію наслідків відмов технічної частини досліджуваної системи [3, 4].

Актуальність досліджень. На сьогоднішній день загальновизнано, що моделювання є одним з ефективніших практичних засобів вдосконалення процесів льотної і технічної експлуатації АТ, а також професійної підготовки (ПП) авіаційного персоналу. Ефективність такого моделювання підтверджують до цих пір актуальні дані Генерального конструктора О.К. Антонова, що були отримані понад 40 років тому. Ним встановлено, що тільки ергономічне моделювання при проектуванні сучасних літаків різних класів дозволяє:

- скоротити завантаження членів льотного екіпажу (ЧЛЕ) на 20-40%;
- збільшити відносний час, який мають в своєму розпорядженні ЧЛЕ для пілотування, при одночасному поліпшенні умов роботи на 30-60%;
- підвищити оперативну готовність АТ до польоту на 15-20%;
- зменшити імовірність помилкових дій ЧЛЕ і збільшити надійність його роботи в аварійних ситуаціях;
- оптимізувати процеси ПП авіаційного персоналу.

Однак, торкаючись предметної області моделювання АТС (рис. 1), слід привернути увагу до її невизначеності: неприродне середовище діяльності; природа комунікацій і швидкісна перевага; зіткнення повітряних судів з птахами; необхідність особливого стану ресурсів людини; виняткова важливість метеоумов; привабливість для незаконного втручання [1]. Невизначеність ергатичної підсистеми АТС, яку також можна уявити як систему «льотний екіпаж – ПС – середовище», системно ілюструє рис. 2 [4, 5].

Таким чином, моделювання АТС чи її ергатичної підсистеми є актуальною науково-практичною задачею, однак має відбуватися з урахуванням їх невизначеності.

Постановка задачі досліджень. Виходячи з вищенаведеного, *метою* цієї праці є вироблення теоретичних підстав спостереження нечітких властивостей і станів ергатичної система «льотний екіпаж – ПС – середовище».

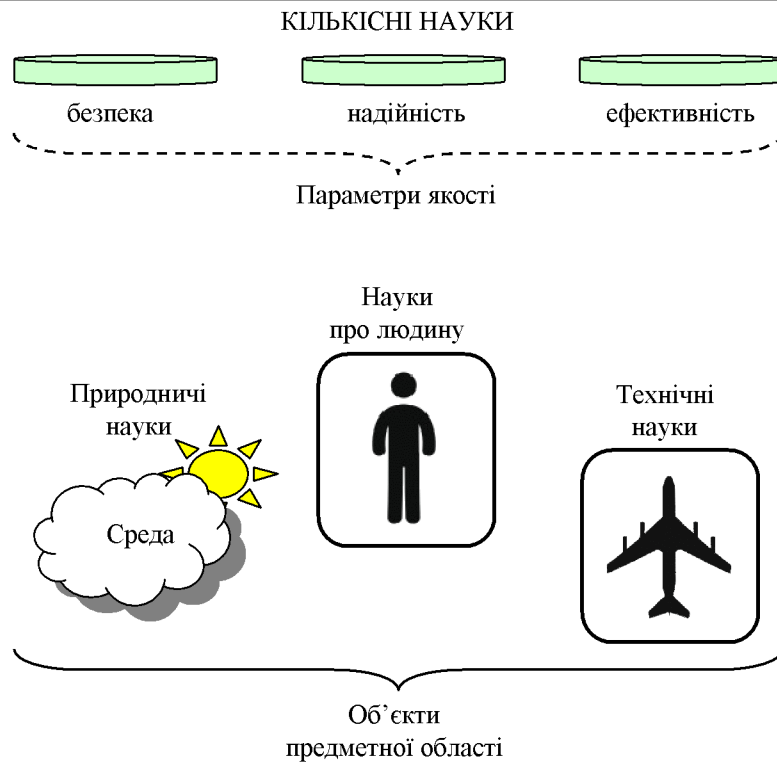


Рисунок 1 – Модель предметної області повітряного (М.І. Плотников, 2003)



Рисунок 2 – Класифікація видів невизначеності, що виникають в процесі функціонування системи «льотний екіпаж – повітряне судно – середовище»

Результати досліджень. Досягнення сформульованої мети здійснено на прикладі розробки змісту опису польоту і керування ПС пілотом. Прийняті в міжнародній практиці стандартні операційні (експлуатаційні) процедури (СОП (СЕР), - SOP's) у польоті можуть складати зміст ситуаційного управління, теоретичні основи якого закладені в праці [11]. При цьому під ситуацією розумітимемо сукупність станів і можливих змін в часі об'єкту предметної області. Рішення і дії є реалізацією ситуаційного управління польотом (СУП). Пілот приймає рішення, здійснюючи відповідні вибори. Вибір припускає розрізнення і

порівняльну оцінку станів (параметрів) польоту. Сприймаючи безперервний потік інформаційних параметрів, пілот оцінює ситуацію дискретно, коли сукупність станів володіє значенням предметності ситуації і визначає її ознаки. При цьому елементарний акт управління можна подати у виді:

$$S_i; Q_j \underset{U_k, k=1,n}{\text{Ю}} Q_l, \quad (1)$$

де S_i – повна ситуація управління; Q_j – поточна ситуація управління; U_k – k -й спосіб впливу (рішення) на об'єкт управління.

Вираз (1) означає, що, якщо на об'єкті управління (досліджуваній ергатичній системі «льотний екіпаж – ПС – середовище») склалася ситуація Q_j , а стан і технологічна схема управління, що визначаються S_i , припускають застосування рішення (впливу) U_k , то воно дійсно реалізується, і поточна ситуація Q_j перетворюється у нову Q_l . Такого роду правила перетворення називаються логіко-трансформаційними правилами (ЛТП) або кореляційними правилами [7]. Причому повний перелік ЛТП визначає можливості системи управління впливати на процеси, що відбуваються на об'єкті.

Зрозуміло, що у загальному випадку кількість ситуацій значно превалює над кількістю можливих рішень:

$$|\{S_i\}| \gg |\{U_k\}|. \quad (2)$$

З урахуванням [1; 5], сформулюємо основні принципи формалізації і моделювання процесів ситуаційного управління ПС.

1. *Обмеженість опису ситуацій.* Склад і зміст опису ситуацій має відбуватися в межах, що дозволяють провести доцільну практичну формалізацію відповідних описів.

2. *Мова опису ситуацій.* Необхідний підбір, складання і використання такої мови і алфавіту, які дозволять здійснити правильне розв'язання проблемної ситуацій. Наприклад, фізичні коливання (вібрації) у польоті оцінюються пілотом як виникла ситуація: у одному випадку це «трясіння» двигуна, в іншому - «бовтанка» внаслідок впливу турбулентності атмосфери. Отже U_k різні. Момент ідентифікації коливання є нечітким і визначається пілотом евристично.

3. *Класифікація рішень.* Нечіткість польотних ситуацій інтегрується нечітким змістом, який приводить в сукупність чітких рішень пілотів. Ця сукупність є класом розрізнення СОП. СОП володіє предметністю операцій і формулює їх ознаки, при яких очікується результат не гірше заданого номінального.

4. *Відношення.* Поняття відношення володіє предметністю зв'язків множин, елементів множин, одиниць природної мови. А саме:

– відношення значення: слово співвідноситься із значенням предметності іншого слова. Скажімо, слово «політ» володіє значенням предметності переміщення в просторі матеріального тіла або відвернутого поняття («політ думки»);

– відношення ознаки: слово називає якісні відмінності, властивості (ознаки); слово приписує ознаки поняттям;

– кількісні відношення: володіють значенням квантитивних властивостей (величин), володіють значенням мірності;

– відношення порівняння: зіставлення значень або ознак предметностей, станів, дій деяких понять;

– часові відношення: зіставлення значень предметності часу в ознаках раніше, пізніше, одночасно і т. под.;

– просторові відношення: володіють значенням предметності місця об'єктів в протяжності: зліва, справа, ближче, далі і т. под.;

– каузальні відношення: володіють значенням предметності взаємопричинності об'єктів.

Розглядаються також інструментальні, інформаційні, порядкові відношення. Ці та інші відношення називають статистичними. Для вибраної предметної області досліджень проектується властиві їм комплекси відносин.

5. Дії. Динаміка відношень здійснюється в діях - операціях:
- а) дії наказові: імперативні: наказ, ухвала, вказівка; рішення і виконання в дієсловах доконаного виду;
 - б) дії процесні: називають предметність словами-іменниками або в дієсловах недосконалого вигляду: набір висоти, зниження, читання карти перевірок і т. п.;
 - в) дії стану: називають предметність словами станів об'єкту (справний літак).
6. Квантіфікатори:
- спільності « \forall » – вказівка загальних значень і ознак для об'єктів класу («усі ПС справні»);
 - існування « \exists » – вказівка існування істинності твердження хоч би для одного елементу множини.

7. Модифікатори m_i – слова, що встановлюють ознаки об'єктів і процесуальних станів («вантажний літак», «швидке зниження»). Модальності f_i – слова, що встановлюють мірну можливість, необхідності, правдоподібності, довіри. Оцінки v_i – слова, що встановлюють ознаки якості: «добре», «погано», «високо», «низько» і т. под. [8].

Висновки. Таким чином, виходячи з отриманих і поданих результатів аналітичних досліджень, можна констатувати таке. Систематизовані джерела невизначеності і предметна область досліджень на повітряному транспорті. Процеси моделювання і управління ергатичною системою «льотний екіпаж – ПС - середовище» розглянуто з позицій ситуативного управління, що дало змогу сформулювати відповідні принципи, застосовуючи ЛТП. Подальші дослідження доцільно проводити, здійснюючи нечіткий опис управління зазначеної ергатичної системи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плотников Н. И. Проектирование транспортных комплексов. Воздушный транспорт / Н. И. Плотников. – Новосибирск : ЗАО ИПЦ АвиаМенеджер, 2010. – 393 с.
2. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор: Сборник материалов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
3. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов [Текст]: Doc. ICAO 9824 – AN / 450. – Монреаль, Канада, 2003.
4. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния) : моногр. / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2007. – 242 с.
5. Недбай С. В. Системологія невизначеності процесів льотної експлуатації повітряних суден / С. В. Недбай // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Харківський національний аерокосмічний університет «ХАІ», 2010. – № 7. – С. 135-146.
6. Рева О. М. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування [Текст]: моногр. / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай; за ред. О. М. Реви. – Рівне : Овід, 2010. – 106 с.
7. Поспелов Д. А. Ситуационное управление: теория и практика / Д.А. Поспелов – М.: Наука, 1986. – 288 с.
8. Борсук С. П. Свойства модификаторов составных термов лингвистических переменных / С. П. Борсук // Електроніка та системи управління : наук. ж. – 2012. – № 3 (33). – С. 152-157.

КОНФЛІКТИ НА РЕГУЛЬОВАНИХ ПЕРЕХРЕСТЯХ ПІД ЧАС ЗМІНИ СИГНАЛІВ СВІТЛОФОРА

Меженков А.В., Бутенко І.В.

Автомобільно-дорожній інститут Державного вищого навчального закладу
«Донецький національний технічний університет»
(Україна)

Вступ. На сьогоднішній час введення світлофорного регулювання на перехрестях не дає такого зниження кількості ДТП як зменшується при цьому кількість конфліктних точок. Зміна сигналів світлофора відбувається миттєво, а водію потрібен певний час для оцінки умов та прийняття рішення.

Актуальність. Ріст автомобільного парку й обсягу перевезень веде до збільшення інтенсивності руху, що в умовах міст із історично сформованою забудовою призводить до виникнення транспортної проблеми. Особливо гостро вона проявляється у вузлових пунктах вулично-дорожньої мережі. Тут збільшуються транспортні затримки, утворюються черги й затори, що викликає зниження швидкості повідомлення, невиправдану перевитрату палива й підвищене зношування вузлів і агрегатів транспортних засобів. Змінний режим руху, часті зупинки й скупчення автомобілів на перехрестях є причинами підвищеного забруднення повітряного басейну міста продуктами неповного згоряння палива. Міське населення постійно піддане впливу транспортного шуму й газів, що відробили. Ріст інтенсивності транспортних і пішохідних потоків безпосередньо позначається також на безпеці дорожнього руху. Понад 60% всіх дорожньо-транспортних пригод (ДТП) доводиться на міста й інші населені пункти. При цьому на перехрестях, що займають незначну частину території міста, концентрується більше 30% всіх ДТП. Введення світлофорного регулювання на перехрестях дозволяє зменшити кількість конфліктних точок в 2 рази та більше, а аварійність цих перехрестів знижується лише на 20-30%. Більшість ДТП на перехрестях зі світлофорним регулюванням відбувається під час зміни сигналів світлофора. Забезпечення швидкого й безпечного руху в сучасних містах вимагає застосування комплексу заходів архітектурно-планувального й організаційного характеру.

Постановка задачі. Розробити заходи для допомоги водіям при прийнятті рішення під час зміни сигналів світлофора на перехресті.

Результати досліджень. Організаційні заходи сприяють упорядкуванню руху на вже існуючій (сформованій) вулично-дорожній мережі. При реалізації заходів щодо організації руху особлива роль належить впровадженню технічних засобів: дорожніх знаків і дорожньої розмітки, засобів світлофорного регулювання, дорожніх організацій і напрямних устроїв. При цьому світлофорне регулювання є одним з основних засобів забезпечення безпеки руху на перехрестях. Основним призначенням світлофорів є регулювання руху транспорту на певних ділянках дорожньо-транспортної мережі шляхом організації черговості пропуску учасників дорожнього руху – автотранспорту й пішоходів. Світлофорне регулювання – це також один з ефективних способів підвищення безпеки руху на дорогах. Світлофорний цикл регулювання – це періодично повторювана сукупність всіх фаз світлофорного регулювання. Світлофорна фаза – це сукупність основного й проміжного світлофорного такту. Світлофорним тактом називається час, протягом якого діє та або інша комбінація світлофорних сигналів. Такти можуть бути основними й проміжними. Під час основного такту рух транспорту й/або пішоходів у певних напрямках дозволяється. Проміжний такт призначений для того, щоб транспорт, що залишився на перехресті, завершив початі під час основного такту маневри, забороняючи в'їзд на перехрестя новому транспорту. Зелений миготливий сигнал дозволяє рух і інформує, що час його дії минає й незабаром буде включений заборонний

сигнал (для інформування водіїв про час у секундах, що залишається до кінця горіння зеленого сигналу, можуть застосовуватися цифрові табло) [1].

Дуже хотілося б бачити ці «цифрові табло» на всіх перехрестях, оскільки вони допомагають прийняти водіям вірне рішення щодо беззупинкового проїзду чи зупинки перед стоп-лінією. Але поки їхнє застосування досить обмежене. У деяких містах «далекого зарубіжжя» практично кожний світлофор має такі табло. А нам у більшості випадків доводиться відраховувати миготіння зеленого сигналу світлофора. Зелений сигнал мигає усього 3-4 рази протягом відведених йому для цього трьох секунд.

Отже, у той момент часу, коли світлофор мигнув перший раз, швидкість руху обох автомобілів (рис. 1) близько 60 км/год. Перший автомобіль перебуває біля перехрестя, а другий – під'їжджає.

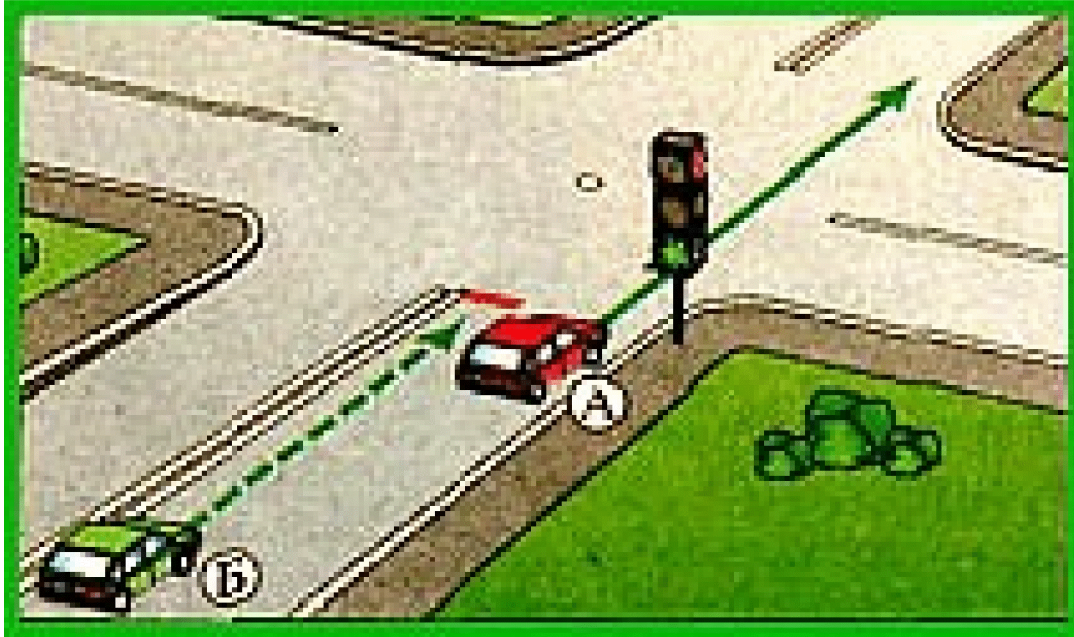


Рисунок 1 – Положення автомобілів на початку зеленого мигання світлофора

Водієві автомобіля «А» не тільки нема рації гальмувати, але й небезпечно це робити, тому що водії машин, що йдуть позаду, розраховують на те, що він проїде через перехрестя. Часу на проїзд перехрестя цілком достатньо, тому що за 1 секунду на швидкості 60 км/год машина проходить близько 17 метрів. ($3 \text{ сек} \times 17 \text{ м} = 51 \text{ метр}$ – і це чимала відстань) [2].

Водієві автомобіля «Б» рекомендується починати плавне гальмування. Коли швидкість руху його автомобіля буде близька до нуля, він саме буде біля розмітки 1.12 «Стоп-лінія» [3], і світлофор перемкнеться на заборонний сигнал.

Але відстань для початку гальмування на мигаючий зелений сигнал не всі водії можуть визначити правильно. Сьогодні на дорогах з'явилося багато водіїв, які не мають достатнього досвіду та не можуть самостійно прийняти вірне рішення щодо проїзду перехрестя чи зупинки перед ним. Внаслідок цього такі водії екстрено гальмують перед перехрестям, коли в останню мить розуміють, що не встигають в'їхати на перехрестя на зелений сигнал, або виїжджають на перехрестя на початку жовтого сигналу, та не встигають закінчити маневр за перехідний такт. Саме такі ситуації провокують виникнення ДТП.

Для допомоги водіям при прийнятті єдиного вірного рішення, щодо подальших дій на початку миготіння зеленого сигналу, пропонується на певній відстані від стоп-лінії (51 метр для швидкості руху 60 км/год) нанести нову поперечну лінію розмітки. Якщо водій рухався з заданою швидкістю та не встиг перетнути цю розмітку до початку миготіння зеленого сигналу – йому пропонується гальмувати перед світлофором. Ця розмітка може

бути як розмітка 1.12, але у 2 рази тонкіше за неї, та не вимагати від водія певних дій, а лише допомагати йому при прийнятті вірного рішення.

Висновки. Застосування запропонованої розмітки дозволить водіям, приймати єдине вірне рішення та не гальмувати в екстреному режимі на початку жовтого сигналу світлофора, а тим більше не виїжджати на цей сигнал на перехрестя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Світлофори дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування та вимоги безпеки: ДСТУ 4092-2002. – [Чинний від 01-01-2003]. – К. : Держстандарт України, 2002. – 31 с.
2. Автошкола на дому. Сигнали светофора и регулировщика [Електронний ресурс]. – Режим доступу до журн.: <http://natalianakonechnaja.com/signaly-svetofora-i-regulirovshhika-2/>
3. Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови. Методи контролювання. Правила застосування: ДСТУ 2587-2010. – [Чинний від 2011-04-01]. – К. : Держстандарт України 2011. – 60 с.

ОТНОШЕНИЕ ПИЛОТОВ К РИСКУ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПРИ ОТКАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ

Рева А.Н.,

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

Байжуманов М.К., Садуакасова Н.Р.

Академия гражданской авиации Республики Казахстан
(Республика Казахстан, г. Алматы)

Введение. В настоящее время общепризнано, что человеческий фактор (ЧФ) является не только первопричиной абсолютного большинства авиационных происшествий [1], но, что именно благодаря ЧФ локализуется значительнейшая часть отказов технической составляющей сложной полиэргатической активной целеустремленной системы управления «пилот (летный экипаж в целом) – воздушное судно (ВС) – среда – орган обслуживания воздушного движения» [2]. И понятно, что эффективное устранение данных последствий способны осуществить пилоты с высоким уровнем летного мастерства, под которым в соответствии с [3] понимается «постоянное принятие правильных решений с использованием глубоких знаний, навыков и установок для выполнения целей полета». Именно поэтому летная деятельность рассматривается как непрерывная цепь решений, вырабатываемых и реализуемых в явных и неявных формах, под влиянием разнообразных факторов (объективных / субъективных, внутренних / внешних), а также рисков и неопределенностей [4]. Вот почему учет ЧФ при принятии решений (ПР) членами летного экипажа, особенно проактивный, является актуальной проблемой.

Актуальність досліджень. Особенность ЧФ при ПР проявляется через основную психологическую доминанту, под которой понимают склонность, несклонность, безразличие к риску и которая выявляется путем построения и анализа оценочных функций полезности (ОФП) [5-7]. Однако, большинство соответствующих исследований посвящено построению данных функций для экономики. Небольшое число исследователей СНГ (Азербайджан, Казахстан, Украина) получили соответствующие результаты при анализе профессиональной деятельности авиационных операторов (АО) «переднего края» (авиадиспетчеров, пилотов) [2; 8-10]. Особенностью данных результатов является, с одной стороны, их явно проактивный характер, а, с другой стороны, выявленная устойчивость и приоритетность доминанты «склонность к риску». Из доступных авторам научных источников следует, что в дальнем зарубежье такого рода исследования не проводятся. И следует подчеркнуть, что подобного рода исследованиям при первоначальной подготовке АО внимания уделяется явно недостаточно, хотя именно на этом этапе формируются основы их профессиональной надежности и готовности к будущей деятельности.

Постановка задачи. Исходя из проведенного анализа, *целью* данного исследования является построение и анализ ОФП молодых пилотов, обучающихся в Академии гражданской авиации Республики Казахстан.

Результаты исследований. К исследованиям были привлечены 51 студент-пилот, прошедший подготовку на самолете Ан-2, являющегося в академии одним из обязательных для освоения типов ВС. Выбор типа ВС был неслучаен и объясняется его необыкновенной надежностью и замечательными летными качествами, что открывает перспективы дальнейших исследований не только на тренажере, но и в условиях реального полета.

Объектом исследований стал особый случай полета, связанный с отказом двигателя в наборе высоты после отрыва, поскольку данный отказ является наиболее опасным для исследуемого типа ВС. Перед испытываемыми ставилась задача построить ОФП запаса по

высоте, в который однозначно укладывается понятие не только полезности, но и безопасности. При этом было принято, что полезность u высоты 10,7 м (высота пролета торца взлетно-посадочной полосы на взлете) равна 0: $u=(H_0=10,7 \text{ м})=u_0=0$. В то же время высота круга, равная 300 м, начиная с которой пилот успевает выполнить все предписываемые Руководством по летной эксплуатации самолета Ан-2 процедуры, будет иметь максимальную полезность, равную 1: $u=(H_1=300 \text{ м})=u_1=1$. Далее в соответствии с рис. 1 трижды находятся эквиваленты трех виртуальных лотерей. Данные эквиваленты имеют соответствующую полезность: $u_{0,25}$, $u_{0,5}$, $u_{0,75}$. Причем под эквивалентом лотереи будем понимать такой исход, т.е. такую высоту, когда испытуемому пилоту будет все равно, получить ли ее наверняка в момент отказа двигателя или принять участие в виртуальной лотерее, где с равными шансами 50% – 50% можно получить исход, абсолютно приемлемый и неприемлемый с точки зрения обеспечения надлежащего уровня безопасности полетов (БП).

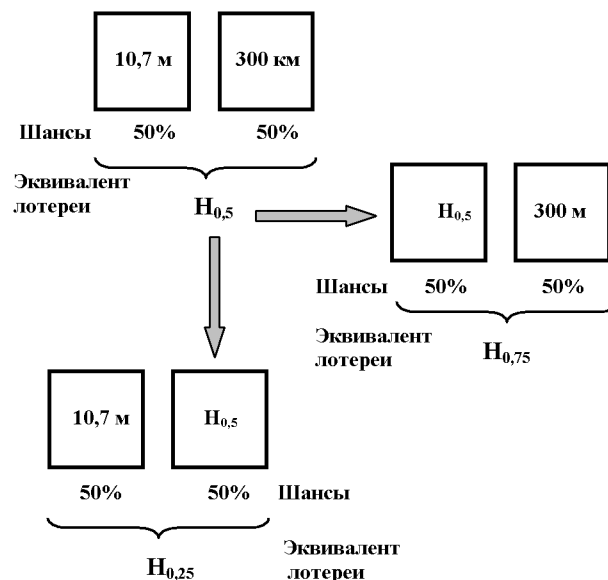


Рисунок 1 – Лотереи для выявления характерных точек оценочной функции полезности высоты в момент отказа двигателя самолета Ан-2 в наборе высоты после отрыва

Вводится понятие надбавки за риск, анализ которой и позволяет выявить основную психологическую доминанту отношения к риску при ПР:

$$\pi(HP) = \begin{cases} \bar{H} - H_{0,5} > 0 & \text{– несклонность к риску} \\ \bar{H} - H_{0,5} < 0 & \text{– склонность к риску} \\ \bar{H} - H_{0,5} = 0 & \text{– безразличие к риску} \end{cases}, \quad (1)$$

где \bar{H} – ожидаемый выигрыш лотереи:

$$\bar{H} = 0,5 \cdot H_0 + 0,5 \cdot H_1 = 0,5 \cdot (H_0 + H_1). \quad (2)$$

Из полученных результатов вытекает такое соотношение лиц, безразличных (Б), несклонных (НС) и склонных (С) к риску:

$$Б : НС : С \Leftrightarrow 3 (5,9\%) : 21 (41,2\%) : 27 (52,9\%) \Leftrightarrow 1 : 7 : 9, \quad (3)$$

что свидетельствует о нелинейности мышления абсолютного большинства (94,1%) молодых пилотов и подтверждает результаты исследований [2] с профессиональными АО. С другой стороны, получает обоснованное объяснение затруднений в реализации модели действий в летного экипажа в особых случаях полета [11], поскольку в нее заложена линейная ОФП, АО с таким мышлением абсолютное меньшинство.

На рис. 2 представлены обобщенные ОФП молодых пилотов, привлеченных к исследованиям, а в табл. 1 – результаты статистической обработки координат характерных

точек данных ОФП.

Представленные на рис. 2 обобщенные ОФП удалось описать двумя полиномами третьей степени и уравнением прямой:

– для несклонных к риску молодых пилотов:

$$u_{\text{нескл.}}(H) = -3 \cdot 10^{-8} \cdot H^3 + 4 \cdot 10^{-6} \cdot H^2 + 0,0044 \cdot H - 0,0472; \quad (4)$$

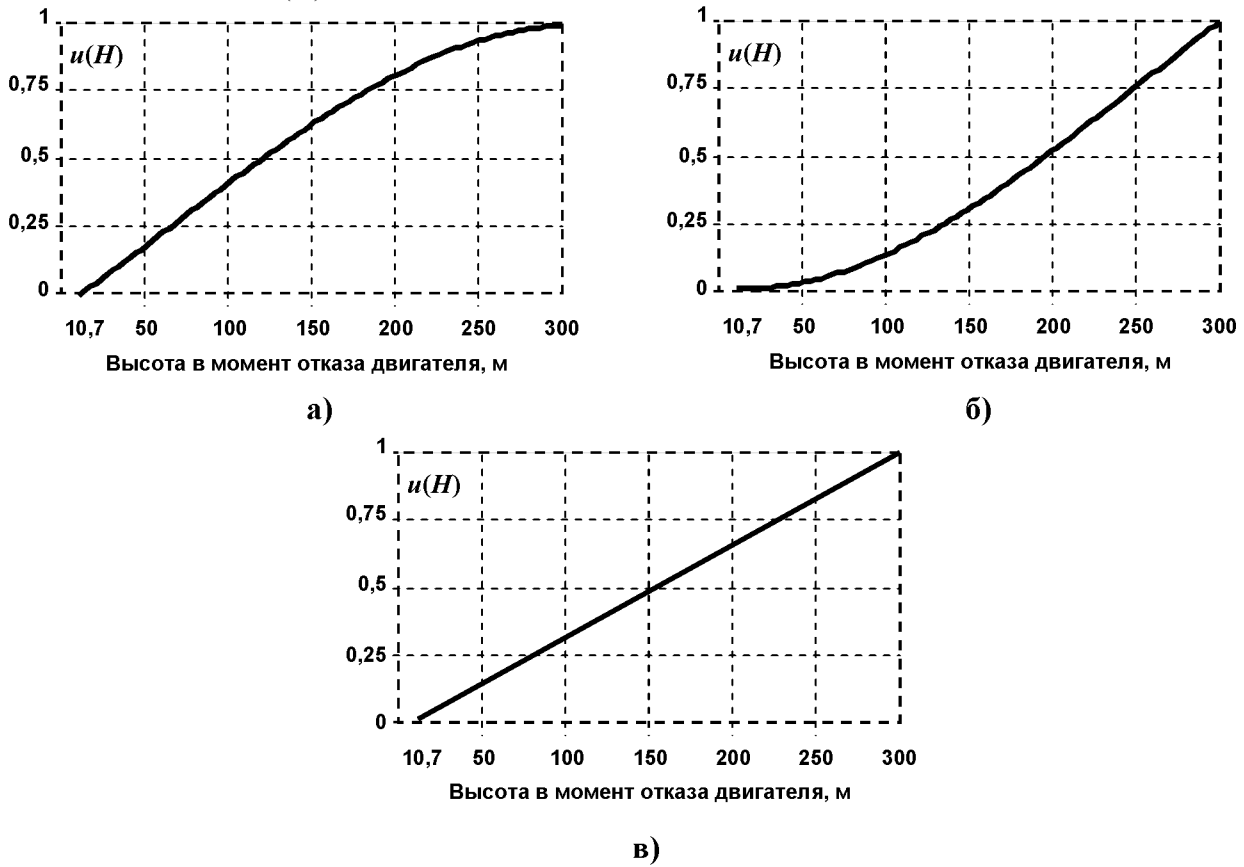


Рисунок 2 – Оценочные функции полезности запаса по высоте при отказе двигателя на самолете Ан-2 для лиц: а) – несклонных, б) – склонных, в) – безразличных к риску

Таблица 1 – Результаты статистической обработки данных характерных точек оценочных функций полезности

Отношение к риску	Характерные точки	Статистические показатели					
		\bar{H}	D	σ	As	Ex	$v, \%$
1	2	3	4	5	6	7	8
Несклонность	$H_{0,25}$	74,52	564,76	23,76	-0,60	2,47	31,89
	$H_{0,5}$	119,29	1190,71	34,51	-1,13	3,70	28,93
	$H_{0,75}$	179,52	1532,26	39,14	-0,35	2,10	21,80
Склонность	$H_{0,25}$	140,74	2091,74	45,74	1,21	4,27	32,50
	$H_{0,5}$	192,22	1456,41	38,16	0,84	2,77	19,85
	$H_{0,75}$	253,15	367,59	19,17	-0,33	3,80	7,57

ПРИМЕЧАНИЕ: \bar{H} – среднее значение; D – дисперсия; σ – среднеквадратическое отклонение; As – асимметрия; Ex – эксцесс; v – коэффициент вариации.

– склонных к риску молодых пилотов:

$$u_{\text{скл.}}(H) = -3 \cdot 10^{-8} \cdot H^3 + 2 \cdot 10^{-5} \cdot H^2 - 0,0007 \cdot H + 0,0038; \quad (5)$$

– безразличных к риску молодых пилотов:

$$u_{\text{безр.}}(H) = 0,0035 \cdot H - 0,037, \quad (6)$$

что открывает перспективы для нахождения уровня притязаний испытуемых через первую производную [2; 5; 12].

Выводы. Исходя из полученных и приведенных новых научных результатов,

укажем на такие наиболее важные положения. Построены ОФП запаса по высоте при отказе двигателя на однодвигательном самолете Ан-2 в наборе высоты после отрыва. Выявлена абсолютная нелинейность мышления испытуемых молодых пилотов, о чем свидетельствует соотношение лиц безразличных (5,9%), несклонных (41,2%) и склонных (52,9%) к риску. Стремление к риску означает желание пилота сыграть в виртуальную лотерею, чтобы получить максимально большую высоту в момент отказа двигателя, что подтверждает известный парадокс основной доминанты деятельности АО.

Дальнейшие исследования целесообразно проводить для выявления уровней притязаний молодых пилотов на показателях профессиональной деятельности, а также в направлении разработки личностно-ориентированных программ профессиональной подготовки пилотов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор : Сборник материалов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
2. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов : (Проактивное исследование влияния) [Текст]: монография / А. Н. Рева, К. М. Тумьшев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумьшев. – Алматы, 2006. – 242 с.
3. Выдача свидетельств авиационному персоналу: Приложение 1 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Монреаль, Канада, июль 2011.
4. Рева О.М. Нечіткі моделі ергономічної кваліметрії точності пілотування : монографія / О. М. Рева, В. В. Камишин, В. А. Шульгін, С. В. Недбай ; за ред. О.М. Реви. – Рівне : Овід, 2010. – 106 с.
5. Козелецкий Ю. Психологическая теория решений: пер. с польск. Г. Е. Минца, В. Н. Поруса / Ю. Козелецкий ; под ред. Б. В. Бирюкова. – М.: Прогресс, 1979. – 504 с.
6. Кини Р.Л. Принятие решений при многих критериях : предпочтения и замещения: пер. с англ. / Р. Л. Кини, Х. Райфа; под ред. И. Ф. Шахнова. – М. : Радио и связь, 1981. – 560 с.
7. Надежность и эффективность в технике: Справочник в 10 т. – Т. 3. Эффективность технических систем / под общ. ред В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.
8. Рева А. Н. Людський фактор: парадокс психологічної домінанти діяльності пілота в умовах стохастичного ризику / А. Н. Рева // Проблеми аеронавігації : тема-тич. зб. наук. пр. – Вип. 3. Удосконалення процесів діяльності та професійної підготовки авіаційних операторів. – Кіровоград : ДІАУ, 1997. – С. 40-49.
9. Рева О. М. Проактивне управління ризиками за людським фактором в цивільній авіації / О. М. Рева, С. І. Осадчий, О. М. Медведенко, Ю. М. Фоменко // Залізничний транспорт України : наук.-практ. ж.. – 2008. – № 6. – С. 54-59.
10. Рева А. Н. Теоретическая модель выявления основной доминанты деятельности авиационного оператора в условиях риска / А. Н. Рева, П. Ш. Мухтаров, С. В. Недбай // Elmi məsələlər: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasının. – Bakı, Oktyabr-Dekabr, 2012. – Child № 4. – С. 643.
11. Микинелов А. Л. Оптимизация летной эксплуатации : учеб. пособ. для студентов вузов Г. А. / А. Л. Микинелов, В. Е. Чепига. – М. : Воздушный транспорт, 1992. – 192 с.
12. Рева О. М. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження / О. М. Рева, Б. М. Мірзоев, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. - № 8 (105). – С. 273-281.

УРАХУВАННЯ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА У ПРОАКТИВНОМУ РОЗВ'ЯЗАННІ «ТРИКУТНИКА РИЗИКІВ» ІКАО

Рева О.М., Борсук С.П.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Підвищення рівня безпеки польотів (БП) у цивільній авіації принципово неможливе без приділення уваги питанням, пов'язаним із людським чинником. І оскільки саме авіаційні оператори (АО) «переднього краю» (авіадиспетчери (А/Д) та члени льотного екіпажу) безпосередньо виконують функції по забезпеченню безпеки, принципово важлива їх власна думка про загрози при формуванні нормативної документації та розробки методичного забезпечення особистісно-орієнтованої професійної підготовки. Це особливо актуально під час впровадження нових методик та нового апаратного забезпечення автоматизованих систем (АС) управління повітряним рухом (УПР).

А/Д, як активні оператори при виконанні професійних обов'язків часто стикаються із потенційно небезпечними ситуаціями, в яких нормативно встановлені відстані між повітряними судами (ПС) на різних етапах польоту можуть бути порушеними в силу широкого спектру причин. Таке порушення, яке може виникнути не тільки з їх вини, не повинне пригнічувати психофізіологічний стан А/Д, приводячи його до неможливості виконувати свої професійні обов'язки. Для проактивного урахування можливих проблем, пов'язаних із ставленням А/Д УПР до порушення норм ешелонування в реальному польоті, слід зібрати більше статистичної інформації.

Актуальність досліджень. На теперішній час загально визнаний, у тому числі і позитивний, вплив ЛЧ на БП [1]. Тому зовсім не випадково ІКАО визнала, що А/Д, як АО, які виконують специфічні проактивні функції контролю і долання чинників загрози (табл. 1), є «останньою лінією захисту в частині зведення до мінімуму впливу цих загроз на управління повітряним рухом і підтримки порогових рівнів безпеки польотів» [2].

Таблиця 1 – Класифікація ІКАО чинників загроз при управлінні повітряним рухом

<i>Внутрішні загрози</i>	<i>Зовнішні загрози</i>	<i>Загрози у повітрі</i>	<i>Загрози від зовнішнього середовища</i>
Устаткування	Планування аеропорту	Пілоти	Погода
Фактори робочого місця	Навігаційні засоби	Льотно-технічні характеристики повітряного судна	Географічні умови
Процедури	Інфраструктура / конфігурація повітряного простору	Радіотелефонний зв'язок	—
Інші диспетчери	Суміжні органи УПР	Повітряний рух	—

Згадані порогові рівні БП формуються ІКАО у так званий «трикутник ризиків» (рис. 1) [3], розв'язання якого має величезну наукову і практичну актуальність і значущість. При цьому під ризиком згідно [4] в контексті наших досліджень будемо розуміти властивість певних рішень (та дій, що були виконані у результаті цих рішень) призводити до погіршення ситуації та її переходу до потенційно-небезпечної, спроможної перетворитись у авіаційну пригоду (АП) та призвести до небажаних наслідків.

Постановка задачі. Перше згадування про «трикутник ризиків» відбулося також в першому виданні «Керівництва з управління безпекою польотів (КУБП)» (2006) без будь-яких, хоча б загальних, рекомендацій щодо його вирішення. Надалі в цьому напрямку було проведено чималу роботу [5-10], з якої витікає можливість розв'язання «трикутника ризиків» ІКАО шляхом побудови функції належності (ФН) відповідної лінгвістичної змінної (ЛЗ) як нечітких моделей ставлення А/Д до порушення норм ешелонування ПС. Проактивне формування уявлення А/Д щодо можливості виникнення небажаних станів і виявлення його особистого ставлення до їх небезпеки має стати дієвим засобом

попередження АП при КПП. Наведене й складає мету цієї публікації.

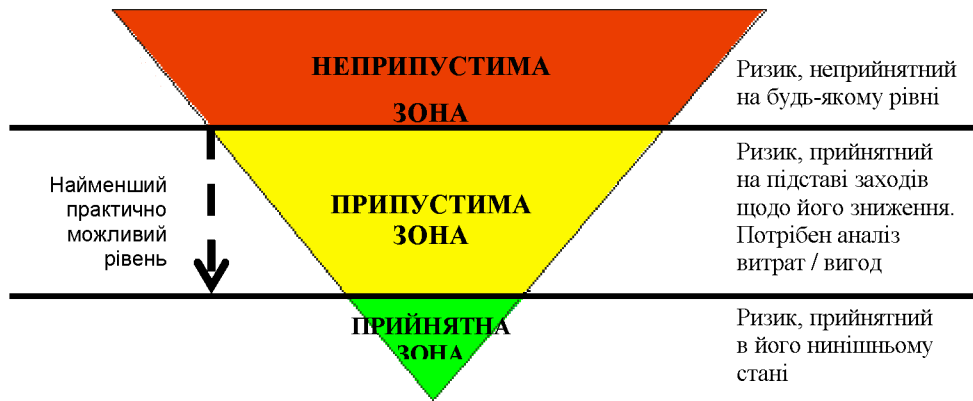


Рисунок 1 – Трикутник ризику ІКАО

Результати досліджень. До досліджень були залучені 132 студенти-А/Д Національного авіаційного університету та Кіровоградської льотної академії. Опитуваним було запропоновано, застосовуючи шкалу Купера-Харпера, модифіковану нами для потреб досліджень, оцінити ступінь небезпеки порушення норми ешелонування $S=10$ km, що встановлюється для таких умов УПР в зоні відповідальності [11]. Отже, йдеться про:

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

2) сегменти ЗП та етапи зльоту середнього ПС (М) за тяжким ПС (Н) та легкого ПС (L) за середнім ПС (М) (в границях диспетчерської зони СТР на висотах польоту 1700 метрів та нижче);

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

4) диспетчерський район ТМА при перетині ешелону на попутних треках при використанні АС УПР – повздовжній інтервал в момент перетину ешелону за умов відсутності сходження треків.

Оцінювання РЗ здійснювалося випробуваними за допомогою терм-множини відповідної ЛЗ «рівень загрози (РЗ)», що була побудована згідно вимог праць [12]:

$$T^M(PZ) = \overset{ДВ}{\text{дуже великий}} + \overset{В}{\text{великий}} + \overset{ВзС}{\text{вище за середній}} + \overset{С}{\text{середній}} \text{ (як у більшості випадків)} + \overset{НзС}{\text{нижче за середній}} + \overset{Н}{\text{низький}} + \overset{ДН}{\text{дуже низький}} \quad (1)$$

Узагальнюючи отримані в такий спосіб результати, були побудовані ФН ЛЗ «РЗ» як нечіткі моделі ставлення студентів-А/Д до порушення досліджуваної норми ешелонування (рис. 2 а). Однак, ІКАО пропонує все ж більш вузьку лінгвістичну шкалу оцінювання загроз:

$$T^M(PZ) = \overset{К}{\text{катастрофічна}} + \overset{Н}{\text{небезпечна}} + \overset{С}{\text{суттєва}} + \overset{Нз}{\text{незначна}} + \overset{М}{\text{мізерна}} \quad (2)$$

Оскільки при побудові шкали (1) був застосований модифікатор «дуже», тому крайні терми були знайдені з сусідніх за допомогою нечітких операцій «концентрації» та «розтягання» і при редукції шкали можна здійснити обернені операції. Виходячи з наведеного, нескладно за допомогою нечіткої операції «об'єднання» отримати редуковані за кількістю термів нечіткі моделі ставлення студентів-А/Д до порушення норми ешелонування (рис. 2 б). Користуючись рис. 2 б) та досвідом досліджень [8; 10], нескладно розв'язати «трикутник ризиків» ІКАО (табл. 2).

Висновки. Враховуючи отримані і подані нові наукові результати, слід констатувати факт розв'язання «трикутника ризиків» ІКАО за допомогою нечітких

моделей ставлення студентів-А/Д до ризику порушення одної з норм ешелонування ПС, що відкриває перспективи для отримання сімейства таких функцій по усьому спектру норм ешелонування повітряного простору. Причому на відміну від рекомендацій ІКАО забезпечується реальна можливість здійснення проактивного комплексного якісно-кількісного аналізу потенційних загроз, що є методологічною основою формування особистісно-орієнтованої професійної підготовки А/Д.

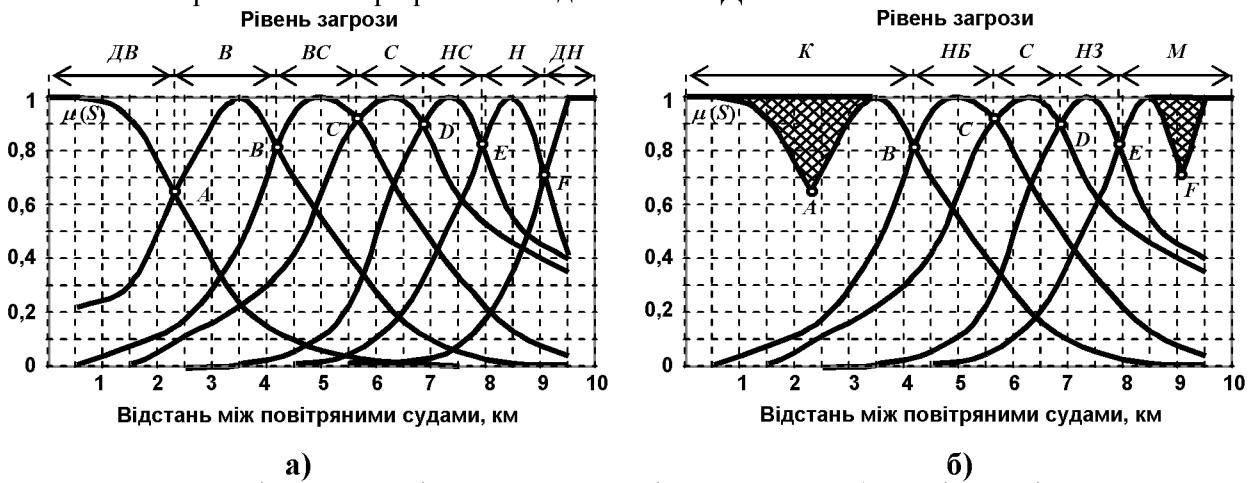


Рисунок 2 – Функція належності терм множини «рівень загрози»: а) – побудовані для авторської лінгвістичної шкали кваліметрії рівнів загроз; б) – для шкали ІКАО

Таблиця 2 – Розв’язання «трикутника ризиків» ІКАО по показнику загроз

Лінгвістичні характеристики загроз				
Катастрофічна	Небезпечна	Суттєва	Незначна	Мізерна
$S \leq 4,14 \text{ km}$	$< S \leq 5,66 \text{ km}$	$< S \leq 6,86 \text{ km}$	$< S \leq 7,93 \text{ km}$	$< S$
Ризик				
неприйнятний		припустимий	прийнятний	
$S \leq 5,66 \text{ km}$		$< S \leq 6,86 \text{ km}$	$< S$	

До окремих (частинних) результатів слід віднести таке.

1. Обґрунтована розмірність 7-мирангової якісної лінгвістичної шкали оцінювання ризику при порушенні норм ешелонування, яка ґрунтується на психофізіологічних можливостях А/Д запам’ятовувати та розрізняти певну кількість досліджуваних об’єктів.

2. Побудовані ФН ЛЗ «РЗ» при порушенні нормованої відстані між ПС $S=10 \text{ km}$. Виявлено, що усі точки перетину ФН сусідніх термів мають значення цієї функції, яке значно перевищує так звану точку переходу Л. Заде, що свідчить про добрі уявлення респондентів щодо відповідності здійсненого ними кількісного виміру відстаней між ПС якісним оцінкам рівнів ризику. Встановлена кількісно-якісна «норма» ризику ПКС.

Враховуючи вимоги ІКАО проведені дослідження з редукції розробленої експериментальної шкали оцінювання ризику шляхом застосування нечітких операцій концентрації, розтягання та об’єднання. Отримані в такий спосіб ФН дозволили кількісно розв’язати «трикутник ризиків» ІКАО.

Подальші дослідження слід проводити в напрямках:

- отримання спектра ФН для усіх діючих норм ешелонування польотів ПС задля встановлення закономірностей в думках студентів-А/Д;
- отримання спектра ФН для встановлення «норми» частоти настання небажаної ситуації при КПП та здійснення агрегації оцінок частоти і безпеки подій;
- отримання спектра відповідних ФН по результатах опитування професійних А/Д і порівняння їх думок зі студентськими;
- проведення досліджень на тренажерах для формування в А/Д навичок дій в умовах порушення норм ешелонування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов : (Проактивное исследование влияния) : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006. – 242 с.
2. Контроль факторов угрозы и ошибок (КУО) при управлении воздушным движением [Текст]: Сиг. ICAO 314 – AN / 178. – Монреаль, Канада, 2008.
3. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) : Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Монреаль, Канада, 2009.
4. Психология: Словарь / под общ. ред. А. В. Петровского, М. Г. Рошевского. – М. : Политиздат, 1990. – 494 с.
5. Фоменко Ю.М. Трикутник ризику в системному аналізі професійної діяльності авіадиспетчерів / Ю. М. Фоменко // Проблеми інформатизації та управління : зб. наук. пр. / Мін-во освіти і науки України, нац. авіац. ун-т. – К. : НАУ-друк, 2006. – № 3. – С. 147-151.
6. Рева О. М. Проактивне управління ризиками за людським фактором у цивільній авіації / О. М. Рева, С. І. Осадчий, О. М. Медведенко, Ю. М. Фоменко // Залізничний транспорт України : наук.-практ. ж. – 2008. – № 6. – С. 54-59.
7. Чинченко Ю. В. Оцінювання загроз та ризиків на робочих місцях авіадиспетчерів за допомогою нечітких множин / Ю. В. Чинченко // Вісник Національного авіаційного університету : наук. ж. / Мін-во освіти і науки України, Національний авіаційний ун-т. – К. : НАУ-друк, 2011. – № 2. – С. 44-49.
8. Рева А. Н. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО / [А. Н. Рева, В. И. Вдовиченко, С. П. Борсук и др.] // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування : 4-та Всеукраїнська науково-практична конференція (Херсон, 9-11 жовтня 2013 р.) – Херсон: ХДМА, 2013. – С. 334-338.
9. Рева О.М. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження / О. М. Рева, Б. М. Мірзоев, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. / Мін-во освіти і науки України, Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ». – Х., 2013. – № 8 (105). – С. 273-281.
10. Рева О.М. Нечітка модель ставлення авіадиспетчера до ризику настання потенційно-конфліктної ситуації / О. М. Рева, С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і технологія : наук.-техн. ж. / Мін-во освіти і науки України, Національний аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського «ХАІ». – Х., 2013. – № 10 (107). – С.214-221.
11. Единые принципы моделирования риска столкновения в обоснование Руководства по методике планирования воздушного пространства для определения минимума эшелонирования: Сиг. ICAO 319 – AN / 181 (Doc. 9689). – Монреаль, Канада, 2009.
12. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств : пер. с франц. В. Б. Кузьмина / А. Кофман; под ред. С. И. Травкина. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.

ДИНАМІКА ОСНОВНОЇ ДОМІНАНТИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ АВІАДИСПЕТЧЕРОМ ПРИ УСКЛАДНЕННІ УМОВ ДІЯЛЬНОСТІ

Рева О.М.

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

Мухтаров П.Ш., Мирзоев Б.М.

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

Вдовиченко В.І.

Некомеційна освітня установа «Корпоративний центр підготовки персоналу – Інститут аеронавігації» (Російська Федерація, м. Москва).

Насіров Ш.Ш.

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

Вступ. Не дивлячись на постійне вдосконалення надійності авіаційної техніки (АТ), цивільна авіація відноситься до транспортних засобів підвищеної небезпеки. При цьому катастрофа сучасного пасажирського авіалайнера залежно від масштабу наслідків може розглядатися як національна трагедія. Саме тому підвищення ефективності авіаційної транспортної системи (АТС) і безпеки польотів (БП) є головною метою авіаційного співтовариства. Ця мета може бути досягнута шляхом вдосконалення основного модуля АТС, підсистеми «льотний екіпаж – АТ – навколишнє середовище – орган обслуговування повітряного руху (ОПР)» з урахуванням їх взаємозв'язку як ергатичного комплексу.

Актуальність досліджень. Ефективність та надійність функціонування вищезазначеного ергатичного комплексу залежить, перш за все, від діяльності авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (авіадиспетчерів (А/Д), членів льотного екіпажа), тобто від сертифікованого і добре підготовленого персоналу, помилки та порушення якого по управлінню компонентами системи тривалий час є першопричиною більшості авіаційних пригод (АП). Тому будь-яке дослідження впливу людського чинника (ЛЧ) на БП, особливо так зване «проактивне» дослідження, коли проблеми вирішуються задовго до їх виникнення, є перманентно актуальним [1, 2]. Причому в контексті наукових «смаків» авторів мова йде про проактивне дослідження ставлення АО до норм, правил, процедур їх професійної діяльності, оскільки при їх розробці «традиційно» вважається, що АО – це ідеальні виконавці, хоча теоретично визнається їх «право на помилку». Тому, з одного боку, цей напрям досліджень відповідає одній зі складових «концепції «замкнутого контура» управління безпекою польотів» ІКАО [3], а, з іншого боку, – можливій нестиковці блоків «людина – процедури» («L – S») моделі SHELL, рекомендованої тій же ІКАО для системного дослідження проблем ЛЧ [4].

Постановка задачі. Професійна діяльність АО «переднього краю» може розглядатися як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в явній / неявній формі під впливом різноманітних чинників (внутрішніх / зовнішніх, об'єктивних / суб'єктивних), особливо ризику стохастичної / нестохастичної природи. Тому має особливий інтерес вивчення процесів прийняття рішень (ПР) АО шляхом побудови оцінних функцій корисності (ОФК) на характеристиках, показниках, умовах їх діяльності, що відображають відношення до відповідних норм, технологій і процедур. Аналіз такого роду функцій, як показує досвід досліджень [2; 5-7], дозволяє виявити основну домінуючу діяльності (ОДД) АО, а саме схильність, несхильність, байдужість до ризику, а також такий найважливіший психологічний показник їх цілеспрямованої діяльності, як рівень домагань (РД). Разом з тим, питанням стійкості і динаміці ОДД при зміні умов роботи АО уваги приділяється явно недостатньо. Викладене і визначило **мету** нашої роботи з

проекцією на зміну норм ешелонування повітряного простору, встановлених ІКАО [8-10]. При цьому, оскільки у сенс поняття «корисність» чітко укладається поняття «безпека», досліджувані функції з урахуванням [2] будемо в подальшому називати ОФК-безпеки.

Результати досліджень. Об'єктом наших досліджень стали дві норми ешелонування повітряного простору: $S = 20$ km, відповідне відстані між повітряними судами (ПС), що які летять на одному рівні (ешелоні) встановленими маршрутами ОПР в диспетчерських районах АСС (Area Control Center - районний диспетчерський центр), АРР (Approach Control – диспетчерське обслуговування заходу на посадку (ЗП)), і $S = 10$ km, що нормує відстань між ВС, які літають одним маршрутом і на одному ешелоні, в диспетчерському районі АРР ТМА (Terminal Control Area, – вузловий диспетчерський район) з використанням автоматизованої системи (АС) управління повітряним рухом (УПР). Предметом, – ОФК-безпеки, які дозволяють виявляти ОДД А/Д при ПР в умовах ризику.

Користуючись раніше розробленим науково-методичним забезпеченням досліджень [11; 12], були побудовані і проаналізовані ОФК-безпеки 70 професійних А/Д. З їх числа виявлено таке співвідношення осіб несхильних (НС), байдужих (Б) і схильних (С) до ризику:

$$\text{– для норми ешелонування } S = 20 \text{ km} \\ \text{НС : Б : С} \Leftrightarrow 9 : 25 : 36 \Leftrightarrow 12,9\% : 35,7 : 51,4\% \Leftrightarrow 1 : 2,8 : 4; \quad (1)$$

$$\text{– для норми ешелонування } S = 10 \text{ km} \\ \text{НС : Б : С} \Leftrightarrow 4 : 18 : 48 \Leftrightarrow 5,7\% : 25,7 : 68,6\% \Leftrightarrow 1 : 4,5 : 12. \quad (2)$$

При цьому зазначимо, що в контексті наших досліджень та згідно методології побудови ОФК-безпеки за обмеженим числом точок [11; 12] схильність до ризику визначається як прагнення А/Д грати в віртуальну лотерею, де з рівними шансами (50% – 50%) можна отримати умови діяльності, що найбільш влаштовують / не влаштовують випробуваних з точки зору забезпечення належного рівня БП.

Отже, з отриманих результатів випливає, що більшість випробуваних мають нелінійну ОФК-безпеки, що вимагає розробки спеціальних тренувальних особистісно-орієнтованих тренажерних вправ, зміст яких має враховувати особливості їх мислення під час ПР. Причому при ускладненні умов професійної діяльності, коли норми ешелонування стають більш суворими, кількість осіб з ОДД «схильність до ризику» зростає відносно вихідного показника ставлення до ризику на 33,3%. Табл. 1 дає наочне уявлення про усталеність і динаміку зміни ОДД випробуваних А/Д.

Таблиця 1 – Динаміка основної домінанти діяльності авіадиспетчера при ускладненні норм ешелонування повітряного простору

<i>Основна домінанта прийняття рішень</i>		<i>Норма ешелонування $S = 10$ km</i>		
<i>Норма ешелонування $S = 20$ km</i>	<i>N</i>	<i>Схильність до ризику</i>	<i>Несхильність до ризику</i>	<i>Байдужість до ризику</i>
Схильність до ризику	36	26	2	8
Несхильність до ризику	9	7	0	2
Байдужість до ризику	25	15	2	8
Всього:	70	48	4	18

З табл. 1 бачимо, що при ускладненні норм ешелонування майже $\frac{3}{4}$ А/Д, які перед тим виявили «схильність до ризику», зберегли свою вихідну ОДД. 100% осіб, несхильних до ризику, змінили початкову ОДД та продемонстрували більш ризиковану поведінку: 77,8% – схильність до ризику і 22,2% – байдужість до ризику. З числа осіб, байдужих до ризику, 32% зберегли початкову ОДД, 60% змінили її на схильність до ризику і усього 8% проявили несхильність до ризику.

Таким чином, «схильність до ризику» - найважливіша ОДД АО, котра має бути більш повно і всебічно досліджена. З іншого боку, наведене підтверджує результати інших досліджень стійкості ОДД [2, 13], що дозволяє стверджувати про виявлену

закономірність поведінки АО, зокрема А/Д у складних умовах професійної діяльності. З урахуванням рекомендацій праць [14] у табл. 2 подані результати вирішення «трикутника ризиків» ІКАО, спираючись на характерні точки ОФК-безпеки.

Таблиця 2 – Рішення «трикутника ризиків» ІКАО, спираючись на характерні точки оцінних функцій корисності-безпеки

Зв'язок якісних критеріїв ІКАО з характерними точками оцінної функції корисності	Вирішення «трикутника ризиків», км. для осіб з основною домінантою		
	С	НС	Б
КАТАСТРОФІЧНИЙ РИЗИК, $S < S_{0,25}$	$S \leq 9,07 /$ $S \leq 3,61$	$S \leq 3,70 /$ $S \leq 2,13$	$S \leq 5 /$ $S \leq 2,5$
НЕПРИЙНЯТНИЙ РИЗИК $S_{0,25} \leq S \leq S_{0,5}$	$9,07 < S \leq 13,61 /$ $3,61 < S \leq 6$	$3,70 \leq S < 8,15 /$ $2,13 \leq S < 4,35$	$5 < S \leq 10 /$ $2,5 < S \leq 0,5$
ПРИПУСТИМИЙ РИЗИК: $S_{0,5} \leq S < S_{0,75}$	$13,61 < S \leq 17,03 /$ $6 < S \leq 7,97$	$8,15 \leq S < 13,33 /$ $4,35 \leq S < 6,76$	$10 < S \leq 15 /$ $0,5 < S \leq 7,5$
ПРИЙНЯТНИЙ РИЗИК $S_{0,75} \leq S < S_1$	$17,03 < S \leq 20 /$ $7,97 < S \leq 10$	$13,33 \leq S < 20 /$ $6,76 \leq S < 10$	$15 < S \leq 20 /$ $7,5 < S \leq 10$
МІЗЕРНИЙ РИЗИК $S > S_1$	$S > 20 /$ $S > 10$	$S > 20 /$ $S > 10$	$S > 20 /$ $S > 10$

ПРИМІТКА: $S_0, S_{0,25}, S_{0,5}, S_{0,75}, S_1$ – характерні точки оцінної функції корисності-безпеки (км), які мають корисність, що визначається нижнім індексом;
Дробом подано: чисельник – вирішення «трикутника ризиків» для норми ешелонування $S = 20$ км, знаменник – для $S = 10$ км.

Висновки. Оглядаючи отримані і подані нові наукові результати, вкажемо на такі найбільш важливі положення.

Уперше досліджено ставлення А/Д до норм ешелонування ПС $S=20$ км та $S=10$ км шляхом побудови ОФК-безпеки за обмеженим числом точок, що відкриває перспективи як для формування тренувальних тренажерних вправ, орієнтованих на ОДД, так і методичного наповнення будь-якого інтелектуального модуля ПР, що може розроблятися на допомогу інструкторському складу.

Виявлено, що найбільш властивою А/Д є нелінійні ОФК-безпеки. Особливу роль при цьому грає ОДД «схильність до ризику», оскільки при ускладненні умов професійної діяльності вона, з одного боку виявилася найбільш стійкою, а з іншого боку, більшість випробуваних А/Д з іншою домінантою змінюють її на схильність до ризику.

Реалізований один з підходів до вирішення «трикутника ризиків» ІКАО, спираючись на характерні точки ОФК-безпеки, що на відміну від пропозицій самої ІКАО дає уявлення про рівні ризиків у зрозумілих фізичних вимірах – відстанях між ПС.

Враховуючи наведене, вважаємо доцільним подальші дослідження впливу ЛЧ при ОПР проводити шляхом виявлення РД А/Д на показниках норм ешелонування повітряного простору, а також побудови нечітких моделей їх ставлення до порушення цих норм.

ЛІТЕРАТУРА

1. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор : Сборник материалов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. – 76 с.
2. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов : (Проактивное исследование влияния) : монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006. – 242 с.
3. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) : Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Монреаль, Канада, 2009.
4. Фундаментальные концепции человеческого фактора // Человеческий фактор : Сборник материалов № 1. – Циркуляр ИКАО 216 AN / 131. – Монреаль, Канада, 1989. – 34 с.
5. Рева О. М. Алгоритмизація процедури визначення ставлення авіаційного оператора до ризику / О. М. Рева, С. І. Корж, П. Ш. Мухтаров, С. В. Недбай // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – X. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 1 (88). – С. 109-114.
6. Рева А. Н. Теоретическая модель выявления основной доминанты деятельности авиационного оператора в условиях риска / А. Н. Рева, П. Ш. Мухтаров, С. В. Недбай // *Elmi məstüələg : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin.* – Bakı, Oktyabr-Dekabr 2012. – Child № 4. – С. 64-73.
7. Рева О. М. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження / О. М. Рева, Б. М. Мірзоев, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – X. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. - № 8 (105). – С. 273-281.
8. Руководство по методике планирования воздушного пространства для определения минимумов эшелонирования [Текст] : Doc. ICAO 9689–AN/953. – Монреаль, Канада, 1998.
9. Организация воздушного движения: Правила аэронавигационного обслуживания : Doc. ICAO 4444 – ATM / 501. – Монреаль, Канада, 2007.
10. Единые принципы моделирования риска столкновения в обоснование Руководства по методике планирования воздушного пространства для определения минимума эшелонирования : Cir. ICAO 319 – AN/181 (Doc. 9689). – Монреаль, Канада, 2009.
11. Рева О. М. Алгоритмизація процедури визначення ставлення авіаційного оператора до ризику / О. М. Рева, С. І. Корж, П. Ш. Мухтаров, С. В. Недбай // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – X. : Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 1 (88). – С. 109-114.
12. Рева О. М. Теоретическая модель выявления основной доминанты деятельности авиационного оператора в условиях риска / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, С. В. Недбай // *Elmi məstüələg : Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin,* - Bakı, Oktyabr-Dekabr 2012. – Child № 4. – С. 64-73.
13. Рева О. М. Усталеність основної домінанти діяльності авіадиспетчера в умовах стохастичного ризику / О. М. Рева, Г. М. Селезньов // *Застосування авіації в народному господарстві : м-ли конф. / за ред. С. Ф. Колесниченка.* – Кіровоград : ДЛАУ, 2001. – С. 129-135.
14. Рева А. Н. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО [Текст] / [А. Н. Рева, В. И. Вдовиченко, С. П. Борсук и др.] // *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: 4-та Всеукраїнська науково-практична конф., (Херсон, 9-11 жовтня 2013 р.)* – Херсон : ХДМА, 2013. – С. 334-338.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦІАЛІСТОВ ПО СУДОВОМУ ЕЛЕКТРООБОРУДОВАНІЮ

Рябенський В.М., Ушкаренко А.О., Дорогань О.И.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Введение. Современные системы управления судовыми электроэнергетическими установками является компьютеризированными пространственно распределенными системами, в которых нижний уровень представлен локальными системами управления силовыми агрегатами, средний – устройствами управления параллельной работой генераторных агрегатов и верхний – автоматизированным рабочим местом оператора со SCADA-системой. Для эффективного управления электроэнергетической системой используемые программные средства должны соответствовать нормам качества программного обеспечения, определенных в стандартах серии ISO/IEC (25000-25099); удовлетворять требованиям к человеко-машинным интерфейсам, определенных в стандартах серии ISO/IEC 9241 и иметь средства для дистанционного контроля и управления электроэнергетическими процессами, регламентируемые Правилами классификации и построения морских судов. Для возможности безопасного использования современных систем управления судовые механики и электромеханики также должны соответствовать требованиям, приведенным в ПДНВ [1]. Согласно этим требованиям судовой механик должен пройти курс практической подготовки длительностью не менее 12 месяцев, причем обучение должно проходить в специально оборудованных лабораторных и тренажерных комплексах морских учебных заведений.

Постановка задачи. В работах [2, 3] приведено описание тренажера судовой автоматизированной электроэнергетической системы, обеспечивающего адекватное воспроизведение эксплуатационных ситуаций по техническому обслуживанию реального судового оборудования и предназначенного для специальной подготовки судовых электромехаников. В данной работе предлагается разделение процесса обучения специалистов по эксплуатации судового оборудования на два этапа: первого – с использованием реального программного обеспечения верхнего уровня системы управления и виртуальных моделей средств и объектов автоматизации всех остальных уровней; и второго – на основе реально функционирующего и максимально приближенного к современной конфигурации судового оборудования.

Основной материал. Целевыми функциями человеко-машинной системы при обучении оператора с помощью аппаратно-программной модели автоматизированной системы управления судовой электроэнергетической установкой являются обеспечение оператора адекватной информацией о режимах работы электрооборудования; формирование навыков и закрепление знаний у оператора, связанных с его действиями как в штатном режиме работы электроэнергетической установки, так и при возникновении аварийных ситуаций.

Задачей первого этапа обучения является изучение алгоритмов пуска и останова дизель-генераторных агрегатов (ДГА), синхронизации ДГА с сетью, распределения активной и реактивной нагрузки между параллельно работающими генераторными агрегатами; алгоритмов проверки и регулировки систем защит дизель-генератора от перегрузки по мощности, потери возбуждения, обратной мощности и др. После изучения теоретического материала [4, 5] необходима его проверка и закрепление. С этими целями предлагается формирование классов неэквивалентных состояний энергосистемы и далее создание нескольких наборов пар «мнемосхема электроэнергетической установки для программного обеспечения верхнего уровня системы управления – имитационная модель электроэнергетической установки», содержащих по одной ситуации из каждого класса для первого набора, по две – для второго и т.д. Для обеспечения эффективного обучения

имитационная модель электроэнергетической установки должна воспроизводить внешние и внутренние связи, соответствующие исходному объекту с максимальной точностью. Рассматриваемая система управления является многоуровневой и пространственно распределенной. Поэтому для воспроизведения внешних связей необходимо создать имитационные модели объектов управления совместно с их системами управления нижнего и среднего уровней как единого целого. Воспроизведение внутренних связей электроэнергетической установки моделью должно быть выражено в виде адекватного математического моделирования электроэнергетических процессов в системе, возникающих при изменении ее структуры. Поскольку математическое моделирование электроэнергетических процессов достаточно ресурсоемкий процесс, а имитационные модели должны осуществлять информационный обмен с программным обеспечением верхнего уровня с адекватными, соответствующими реальным средствам, временными задержками, в работе предлагается создание мультимедийной модели электроэнергетической установки, управление работой которой будет выполняться от инструкторской станции с математической моделью. Тогда мультимедийная модель электроэнергетической установки будет состоять из информационных моделей, соответствующих контроллеру автоматизации, системе синхронизации и распределения нагрузок, системе мониторинга качества электроэнергии и связанных с ними объектов автоматизации с автоматическими регуляторами частоты и напряжения. Требованием ко всем имитационным моделям является наличие интерфейса для работы в информационной сети и интерфейса для связи с инструкторской станцией. Задачами инструкторской станции являются моделирование изменения нагрузки энергосистемы и максимально точное воспроизведение параметров соответствующих электроэнергетических процессов. Для решения последней задачи необходимо наличие математической модели и средств для расчета системы дифференциальных уравнений, которые описывают текущую конфигурацию судовой электроэнергетической установки. Поскольку выполнение расчетов предполагает использование численных методов, которые уже реализованы в программных комплексах Matlab Simulink и Scilab Scicos, в работе предлагается к каждой паре «мнемосхема электроэнергетической установки – набор имитационных моделей объектов и аппаратных средств автоматизации» добавить имитационную модель всей электроэнергетической системы в виде графической блок-диаграммы, созданной в одном из перечисленных программных средств. В состав этой модели должны войти блоки силовых агрегатов, средств автоматизации (регуляторов частоты и напряжения, устройств синхронизации и распределения нагрузок), эквивалентных активно-индуктивной текущей и подключаемой нагрузок электростанции. Для возможности управления конфигурацией модели также необходим соответствующий блок, который будет управлять средствами автоматизации и состояниями автоматических выключателей.

Для автоматизации процесса обучения предлагается для каждой связки «мнемосхема – набор информационных моделей средств и объектов автоматизации – модель электроэнергетической установки» составить множество состояний системы (автономная работа дизель-генератора, необходимость подключения дополнительного дизель-генератора, переход генераторного агрегата в двигательный режим и др.) и создать файл, каждая строка которого будет содержать соответствующие определенному состоянию энергосистемы данные о ее конфигурации: состояния автоматических выключателей и мощности подключенных к судовой сети потребителей электроэнергии. Тогда, используя принцип особых моментов в качестве схемы моделирования, можно в определенные моменты времени генерировать номер состояния энергосистемы. Затем, используя информацию о соответствующей этому состоянию конфигурации энергосистемы, можно выполнять запуск имитационной модели электроэнергетической установки и возвращаемые в результате моделирования данные (действующие значения напряжений и токов, величины активных и реактивных мощностей, частоты токов

генераторных агрегатов) передавать далее имитационным моделям объектов и средств автоматизации. Таким образом, изучение и закрепление основных алгоритмов управления судовой электроэнергетической установкой на первичном этапе подготовки оператора будет проходить в соответствии со схемой, приведенной на рис. 1.

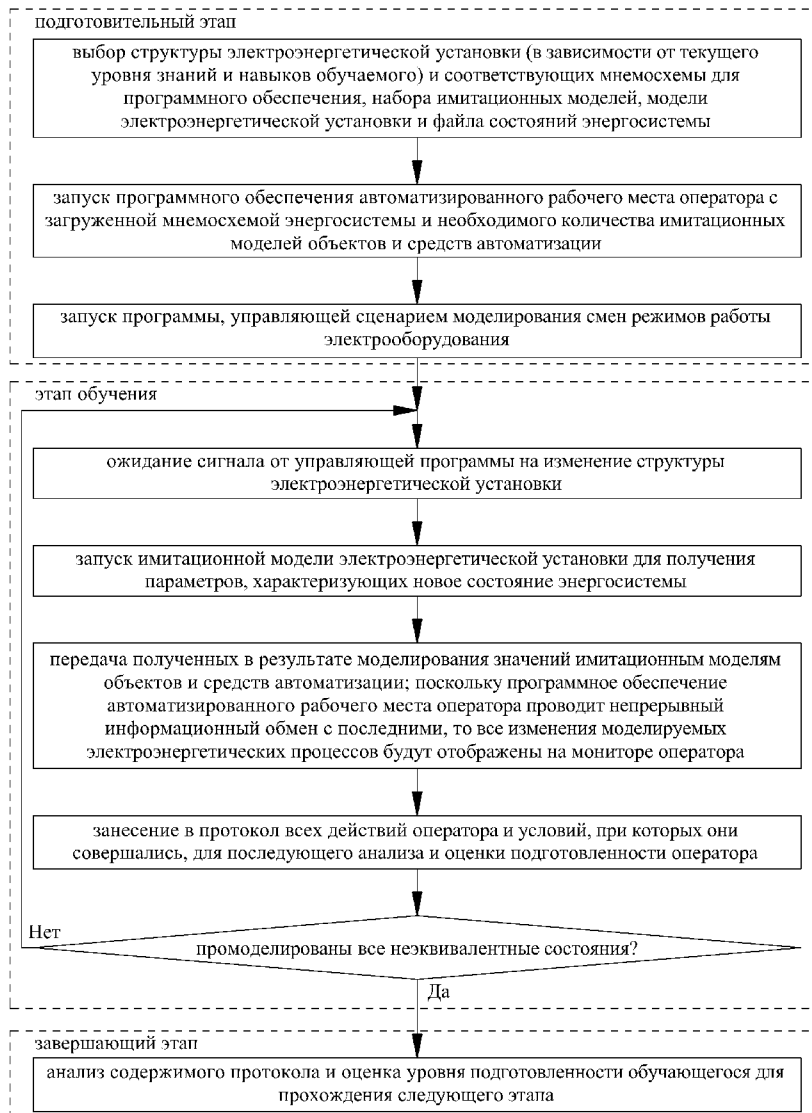


Рисунок 1 – Алгоритм обучения специалистов по судовому электрооборудованию на первичном этапе

Задачами второго этапа подготовки специалистов по эксплуатации судового электрооборудования являются:

1) изучение схем подключения и алгоритмов настройки автоматических регуляторов частоты дизельных двигателей и напряжения синхронных генераторов; систем синхронизации дизель-генераторов с сетью и распределения нагрузок между параллельно работающими генераторными агрегатами;

2) исследование систем плавного пуска и торможения, частотно-регулируемых электроприводов асинхронных двигателей: изучение структуры и принципа работы, схем подключения двигателей и управляющих сигналов, особенностей управления системами с помощью аппаратных средств и аналоговых или дискретных сигналов;

3) исследование контроллеров автоматизации и систем мониторинга параметров дизельных двигателей: изучение структурных схем и принципов работы, схемотехники устройств и типовых схем подключения, особенностей настройки устройств для работы в единой информационно-управляющей сети распределенной системы управления;

изучение типов и интерфейсов подключения промышленных датчиков температуры, уровня, давления и др.;

4) ознакомление со схемами подключения и принципами работы программируемых логических контроллеров (ПЛК) и модулей расширения; изучение языков программирования ПЛК и принципов объединения приведенных устройств в подсистемы для реализации сложных локальных алгоритмов управления оборудованием;

5) использование знаний и навыков, полученных в результате изучения основ работы выше приведенных систем автоматизации, а также специализированного программного обеспечения, для исследования распределенной системы управления физической моделью судовой электроэнергетической установки.

Для решения первых четырех задач предлагается использование соответствующим образом укомплектованных стендов; исследование распределенной системы управления электроэнергетической установкой является завершающей задачей обучения и предполагает отработку навыков создания, настройки и использования компонентов распределенной системы управления в комплексе: пульта управления с автоматизированным рабочим местом оператора (компьютерами со специализированным программным обеспечением, сенсорными панелями и аварийными выключателями) на верхнем уровне; ПЛК, систем мониторинга параметров сети и синхронизации на среднем уровне; систем возбуждения генераторов и преобразователей частоты на нижнем уровне. Стенды, соответствующие приведенным требованиям, реализованы в лаборатории кафедры Теоретической электротехники и электронных систем Национального университета кораблестроения им. адм. Макарова и ознакомиться с их комплектацией более детально можно в [6].

Выводы. Разделение процесса обучения специалистов по эксплуатации судового оборудования на два последовательных этапа позволит повысить его эффективность путем инкрементального повторения алгоритмов управления судовой электроэнергетической установкой. Для предотвращения возникновения аварийных ситуаций возможно использование на первом этапе обучения информационных моделей аппаратных средств и объектов автоматизации совместно со средствами автоматизированного рабочего места оператора. Второй этап обучения предполагает пошаговое изучение аппаратных средств автоматизации на локальных стендах и далее – в составе распределенной системы управления физической моделью судовой электроэнергетической установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. International Convention On Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers, 1978 (STCW 1978), as amended (consolidated text) – Санкт-Петербург: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010. – 806 с.
2. Муха Н. И. Тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы / Н. И. Муха, А. О. Дранкова, В. Н. Волошин, А. Р. Миська, С. А. Дудко // *Авиационно-космическая техника и технология* №9 (86). – Харьков, 2011. – С. 207-210.
3. Дайнеко В. И. Тренажерная подготовка судовой машинной команды / В. И. Дайнеко // *Материалы 15-й Международной Крымской конференции*. Том 2. – Севастополь : Вебер, 2005. – С. 127-128.
4. Правила классификации и постройки морских судов. Том 2. – Санкт-Петербург : Российский морской регистр судоходства, 2013. – 721 с.
5. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Электрооборудование. – К. : Министерство транспорта Украины, Государственный департамент морского и речного транспорта, 1996 – 111 с.
6. Официальный сайт кафедры Теоретической электротехники и электронных систем [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://tees.org.ua/>.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ЦЕПИ В ОПИСАНИИ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Устименко И.М.

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

Вступление. Аэронавигационная система России (АСР), крупнейшая в мире, является важнейшим звеном транспортного комплекса страны и обеспечивает государственное регулирование использования воздушного пространства, обеспечение безопасности и регулярности полетов воздушных судов (ВС) как гражданской, так и государственной авиации. При этом прогнозируемое на 2014 г. двукратное увеличение темпов роста интенсивности полетов требует соответствующего технического обеспечения, введения в эксплуатацию принципиально новых технологий, бортовых, наземных и космических средств и систем аэронавигации. Основопологающей стратегией развития отрасли является Концепция создания и развития АСР, в которой заложены задачи на максимальное исключение стагнации показателей безопасности полетов (БП) и их экономичности, а так же дальнейшее совершенствование существующей системы. В соответствии с данной стратегией, объектом стратегических преобразований в АСР в основном являются не отдельные процессы, а вся ее архитектура, поскольку от выбора организационных структур, как показывает опыт, существенно зависит результативность и эффективность деятельности любой авиационной организации [1].

Актуальность исследований. Мировой опыт в расследовании причин катастроф XX ст., произошедших в высокотехнологичных системах показал, что основными их причинами являются [1]: 1) отказ технических систем из-за дефектов изготовления и нарушения режимов эксплуатации. Многие современные потенциально опасные производства спроектированы так, что вероятность крупной аварии на них весьма высока и оценивается величиной риска 10^{-4} и более; 2) человеческий фактор (ЧФ), когда ошибочные действия операторов технических систем являются первопричиной 60% аварий; 3) высокий энергетический уровень технических систем; 4) внешние негативные воздействия на объекты энергетики, транспорта и др. Как видно из изложенного, происшествия возникают в результате сочетания многих факторов, происхождение которых можно связать с отсутствием учета ЧФ на стадиях разработки и эксплуатации системы, а не в результате ошибок эксплуатационного персонала.

В соответствии с современными концепциями причинности авиационных событий (рис. 1) при аэронавигационном обеспечении (АНО) полетов в системе организации воздушного движения (ОрВД) всегда присутствуют факторы (ЧФ и факторы опасности - угрозы), генерирующие опасные состояния. Их взаимодействие приводит к возникновению опасных состояний, угрожающих безопасности (т.е. к условиям предшествующим авиационным событиям). Как правило, одновременно проявляются и факторы эскалации, способствующие появлению опасных состояний. Соответствующие средства защиты и факторы эскалации имеют упреждающий характер: они взаимодействуют с угрозами еще до возникновения опасных состояний. Результатом взаимодействия опасных состояний, средств защиты и факторов эскалации являются события при АНО. Это либо катастрофы ВС, которые происходят крайне редко, либо аварии которые происходят достаточно редко, либо инциденты/серьезные инциденты, которые происходят периодически, либо нештатные события при АНО, не имеющие значимых последствий, которые происходят часто. Схема возникновения и соотношение между событиями при АНО (треугольник рисков) представлена на рис. 1.

Из анализа рис. 1 следует, что для предупреждения АП следует: а) устранять опасные состояния как первопричины авиационных событий; б) опасные состояния должны устраняться путем выявления и профилактики угроз, генерирующих эти

состояния; с) угрозы должны выявляться и профилакироваться до того, как приведут к авиационным событиям. Тем самым будет реализован предупредительный (проактивный) подход к предотвращению авиационных происшествий.

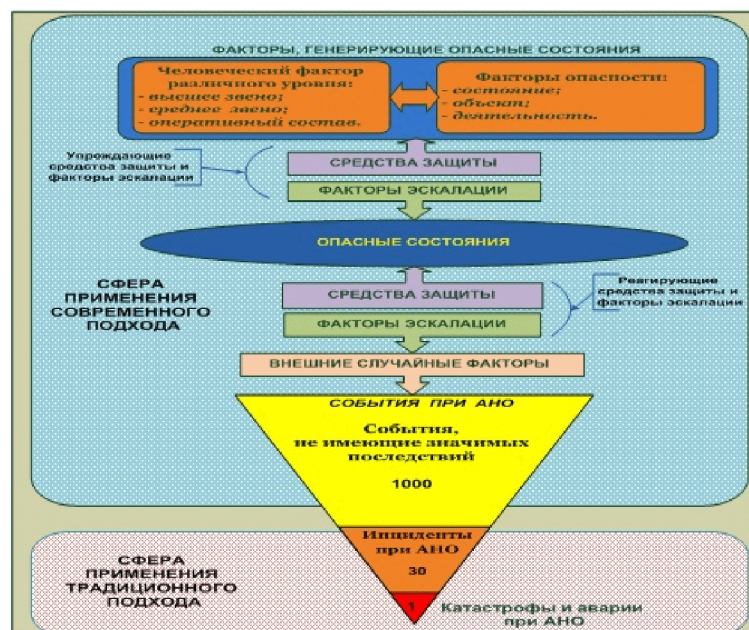


Рисунок 1 – Причинность событий при АНО

Постановка задачи исследований. В соответствии с требованиями ИКАО к безопасной организации любой институт управления в гражданской авиации (ГА), в том числе и АСР должен иметь развитую, структуру, разработанную с учетом [1-5]: 1) соответствующего уровня сложности; 2) стандартизированных процедур управления; 3) централизованного принятия решений (ПР); 4) совместимости с целями организации и характеристиками окружающей социальной среды; 5) установившейся внутренней ответственностью при достижении целей безопасности. Одним из путей достижения базовых требований ИКАО является гармонизация АСР. При этом необходима полная и всесторонняя проверка различных вариантов действий с точки зрения количественного и качественного сопоставления затраченных ресурсов с получаемым эффектом. Эффективность достижения целей, поставленных перед организацией, существенным образом зависит от организации ее структуры, т.е. от характера соединения подструктур, исполнителей. При этом сама организация, как система управления, независимо от составляющих ее элементов и от цели ее образования всегда, по существу является системой передачи и переработки информации. Особенно это выражено в системе АСР, информационные цепи в которой представляют собой сложные, сильно разветвленные многоконтурные иерархические структуры.

При проведении проактивной оценки коммуникативной эффективности Красноярского центра ОВД было выявлено [6; 7], что нагрузка на руководителя полетов (РП) районного центра (РЦЕС ОрВД) на 36% превышает допустимый норматив и вплотную приближена к «коэффициенту неэффективности». Учитывая влияние ЧФ на БП, перманентно актуален поиск решений позволяющих снизить интеллектуальную нагрузку на РП РЦ.

Следствием вышеизложенного является необходимость применения прикладной теории информации в целях дальнейшей адаптации и развития методов системного анализа для структурно-функционального исследования официальной топологии авиационных организаций. На основе структурно-функциональной схемы подразделения предприятия составляется электрическая схема, в которой направление токов соответствует направлению движения информации между ее членами. **Целью** исследований являлось применение методов информационного анализа цепей управления

в оценке эффективности функционирования социотехнических систем, таких как официальные авиационные структуры, а именно АСР, на примере Красноярского центра ОВД, для повышения БП при ОрВД.

Результаты исследований. При исследовании структурной схемы Красноярского центра ОВД было выявлено, что она, как иерархическая, коммуникационная система, так же состоит как из отдельных исполнителей, так и из объединенных в группы, работающих на предписанных рабочих постах исполнителей. Исполнители производят обмен информацией в пределах системы либо непосредственно друг с другом, либо через выделенный канал связи. При этом руководящие органы верхнего и среднего уровней имеют право абсолютного приоритета или право непосредственного вмешательства в деятельность исполнителей, вплоть до глубины самого нижнего уровня. Так же руководящие органы системы выступают в качестве источников управляющей информации (информационной нагрузки) для исполнителей более низкого уровня, которые в свою очередь обеспечивают обратный поток информации (в виде докладов, отчетов и т.д.) к верхним уровням системы и при этом сами служат источниками информационной нагрузки для исполнителей смежной, отдельной системы (систем). Примером может служить передача информации диспетчерами УВД экипажам ВС, диспетчерским пунктам смежных зон, другим службам обеспечивающим полеты и контроль над ее исполнением (обработка результатов данных).

Исследуемая нами система – служба движения Красноярского центра ОрВД, рассматриваемая как онтологическая система низкого порядка аэронавигационной системы, в соответствии с распределением основных функций по подразделениям организационной структуры, была стратифицирована, по принципу актуальной иерархичности (рис. 2).

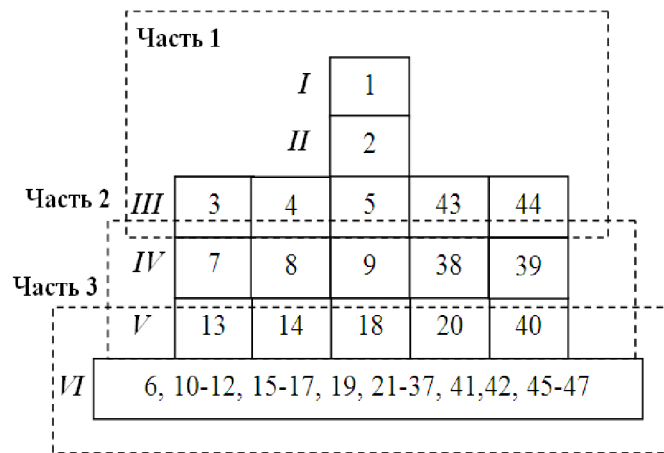


Рисунок 2 – Стратифицирование структурной схемы Красноярского центра обслуживания воздушного движения

Сотрудники уровня I, II и III относятся к группе долгосрочного, стратегического планирования и управления (Ч. 1, рис. 2). Они принимают весьма важные, ответственные, но относительно не частые решения. Это в основном обусловлено тем, что на стратегическое планирование отводится достаточно времени, следствием чего являются малые информационные токи и несущественные потери напряжения $I\tau_{вт}$, даже при значительных внутренних сопротивлениях $\tau_{вт}$, которые характеризуют только быстроту мышления человека [2], У участников верхних уровней управления быстрота мышления не играет существенной роли, а высокая вероятность достижения цели обеспечивается только талантом и опытом индивида, т.е. информационной движущей логикой (ИДЛ).

$$\Delta H \approx h \text{ и } P_{усл} \approx Ph \quad (1)$$

Сотрудники уровня IV и V являются группой предтактического планирования и управления (рис. 2). Они также принимают важные, ответственные решения, но

значительно чаще. При этом на планирование у них отводится значительно меньше времени, что увеличивает информационные токи и потери напряжения $I\tau_{вт}$.

Сотрудники, относящиеся к VI уровню (рис. 2), образуют группу тактического или оперативного планирования и управления. Они часто ПР, причем зачастую в очень ограниченное время. Это люди решительные, с хорошей реакцией, обладающие низким информационным сопротивлением, способные при ограниченных значениях информационных токов обеспечить успешное оперативное управление. При этом сотрудники уровня III являются связующим звеном между сотрудниками Ч. 1 и Ч. 2, а сотрудники уровня V являются связующим звеном между сотрудниками Ч. 2 и Ч. 3 (рис. 2).

Каждая компонента рис. 2 была представлена в виде планарной электрической схемы и информационной цепи, совместимых с его целями, характеристиками актуальной окружающей среды и отображающих существующую организацию коммуникаций для обмена управляющей информацией между ее составными, активными элементами с учетом соответствующей степени сложности, стандартизированных процедур, централизованного ПР. с направлением токов в каждом участке цепи (контуре), совпадающими с направлениями информационных потоков между структурными частями системы. Дальнейший расчет значений и направлений токов на участках электрической цепи производился методом непосредственного применения законов Кирхгофа, методом контурных токов, методом узловых потенциалов (метод узловых напряжений), методом двух узлов, методом эквивалентного генератора, методом схемных определителей.

При исследовании части 1 выявлено, что несмотря на равенство напряжений источников (ИДЛ) и практически одинаковые нагрузки в схеме, симметрии токов не наступает, поскольку всегда нарушается каким-либо из источников схемы, что может привести к неуправляемости одной из сфер подразделения.

Выводы. В результате исследований доказана применимость кибернетических методов информационных цепей постоянного тока для исследования сложных организационных структур. Дальнейшие исследования необходимо проводить, ориентируясь уже на переменные информационные токи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Человеческий фактор в управлении и организации // Человеческий фактор : Сб. м-лов № 10. – Циркуляр ИКАО 247 – AN / 148. – Монреаль, Канада, 1993. - 47 с.
2. Денисов А. А. Теория больших систем управления / А. А. Денисов, Д. Н. Колесников. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 238 с.
3. Руководство по предотвращению авиационных происшествий : Док. ИКАО 9422. – AN / 923. – Монреаль, Канада, 1984. – 144 с.
4. Wood R. H. Aviation Safety Programs / Richard H. Wood // A Management Handbook. IAP incorporated, Casper, Wyoming, USA, 1991.
5. Hal H. Ergonomics in organization and management / Hendrick Hal // Ergonomics, 1991. – Vol. 34. – № 6. – P. 743-756.
6. Человеческий фактор в управлении и организации // Человеческий фактор : Сб. м-лов № 10. – Циркуляр ИКАО 247-AN/148. – Монреаль, Канада, 1993. – 47 с.
7. Рева О. М. Оцінка структурної ефективності служби руху (на прикладі Красноярського центра обслуговування повітряного руху) / О. М. Рева, І. М. Устименко, В. І. Вдовиченко // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – X. : Нац. аерокосмічний ун-тет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 10. – С. 176-186.
8. Рева А. Н. Эффективность организации коммуникаций в системе аэронавигационного обслуживания полетов (на примере Красноярского центра обслуживания воздушного движения) / А. Н.Рева, И. М. Устименко, В. Н.Колтаков // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – X. : Національний аерокосмічний ун-тет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. – № 7 (104). – С. 215-226.

ОСОЗНАННЯ МОТИВАЦІЇ МАЙБУТНЬОЇ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ – ПЕРЕДУМОВА УСПІШНОГО ПРОФЕСІЙНОГО НАВЧАННЯ

Шевченко О.І.

Одеська національна морська академія
(Україна)

Вступ. Успішність професійної діяльності та навчання значною мірою визначаються ставленням суб'єкту праці до своєї майбутньої спеціальності, яке проявляється у виробничо зумовленій поведінці людини. Враховуючи важливість фактору мотивації у оволодінні її основами у ВНЗ.

Вибір професії – важлива ланка у життєвому та професійному становленні людини, яка включає декілька етапів, починається з профорієнтації учнівської молоді, як правило, вдома, в школі, в колі друзів, продовжується під час проходження професійної підготовки у відповідному навчальному закладі і безпосередньо на робочому місці. Саме в такій послідовності проходить професійне самовизначення суб'єкту і будується його службова кар'єра.

Основна частина. Під самовизначеністю розуміють оцінку, яку сама особа дає собі з урахуванням своїх можливостей, психофізіологічних властивостей, а також місця серед інших людей. Самооцінка може бути адекватною високого, середнього, низького рівня, або неадекватною – завищеною чи заниженою. Самооцінка залежить від рівня мотивації і цілеспрямованості на досягнення поставленої мети. Якщо вона адекватна і досить висока, то може націлювати людину на мобілізацію ресурсів, оволодіння професією, прогресивний кар'єрний ріст. Якщо ж індивід втратив віру в себе, проявляє невпевненість, неадекватно оцінює себе, він показує невисокі результати професійної діяльності.

Професії моряка, льотчика, космонавта й досі асоціюються з романтикою Великих географічних відкриттів, подоланням земного тяжіння та міжпланетними мандрями, чим приваблюють численних юнаків та дівчат ще задовго до часу чіткої професійної орієнтації та визначення раціональної основи мотивації діяльності та її актуалізації. Така мотивація ще 2-3 десятиріччя тому домінувала навіть у 26,7% курсантів старших курсів морських ВНЗ, тоді як тепер цей відсоток знизився більш ніж вдвічі (12,8%).

Прагматичний підхід до завдань та усвідомлення специфіки своєї майбутньої діяльності (наявність мети та професійної мотивації) повинні сприяти домінуванню учбово-пізнавальних мотивів (одержати більше знань, краще засвоїти, багато чому навчитися). Проте, менш ніж 30% студентів першого курсу уявляють собі особливості своєї майбутньої професії, а тим більше – складнощі у оволодінні і реалізації отриманих знань. Переважна віддалена мотивація (за С.Д. Максименком) характеризується значною долею неусвідомлених мотивів. У значної частини популяції дітей та підлітків внаслідок незадовільних соціальних умов проживання, виховання і розвитку, спостерігаються не тільки загострення внутрішнього дискомфорту, актуалізація різних форм девіантної поведінки, затримки у формуванні особистості, а й агресивна соціальна активність, нігілізм, шкідливі звички і асоціальні мотивації.

Висновки. Тому наявність необхідних передумов успішної професійної діяльності, стану психосоматичного здоров'я і психофізіологічних професійно важливих якостей, мають бути об'єктивно оцінені вже на стадії професійного відбору, а їх розвиток являється одним з пріоритетів навчання у ВНЗ, що в сучасних соціально-економічних умовах є досить складним завданням.

**СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА**

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ СМЕШАННЫХ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Астайкин Д.А.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Высокоточная информация о текущем положении судна необходима для циклического прогноза положения судна и синтеза эффективных управляющих воздействий и для предварительной оценки точности проектируемых системы навигационного оборудования.

В прибрежном плавании могут возникать условия, при которых невозможно использование спутниковых систем навигации и требуется применение альтернативных средства контроля места судна. При этом получение максимально точных оценок определяемых параметров требует знания типа закона распределения погрешностей измеряемых величин, который может отличаться от нормального закона.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Работы [1-4] посвящены вопросам смешанных законов распределений погрешностей навигационных измерений, отличающихся от закона Гаусса. Математическая модель формирования смешанного распределения рассматривается в работе [1], а в публикациях [3, 4] получены аналитические выражения, позволяющие описать плотности смешанного распределения погрешностей навигационных измерений в явном виде. В работе [2] анализируется возможность использования распределения Вейбулла для описания распределения среднего квадратического отклонения в моделях смешанных распределений.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данной статьи является анализ возможностей применения нормального и смешанных законов распределения вероятностей погрешностей навигационных измерений.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Традиционно полагается, что погрешности навигационных измерений подчиняется нормальному закону, достоинствами которого является, во-первых, то, что параметрами его распределения являются математическое ожидание и дисперсия и, во-вторых, свойство устойчивости, обеспечивающее нормальное распределение суммы произвольного количества нормально распределенных случайных величин. Устойчивость нормального распределения позволяет его использование для описания системы зависимых случайных величин. Известно [1], что функция нормального распределения не выражается в явном виде, а плотность имеет следующий вид:

$$f(\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp[-(\eta - M)^2 / 2\sigma^2],$$

где M и σ^2 – соответственно математическое ожидание и дисперсия случайной величины η .

Во многих случаях статистические данные погрешностей навигационных измерений, полученные в натурных наблюдениях, не подчиняются нормальному закону [1, 2], что повело к поиску альтернативных законов распределения вероятностей погрешностей навигационных измерений. В работах [1, 3, 4] была предложена модель смешанного распределения, которая корректно описывает распределение случайной величины суммарной выборки, которую составляют частные выборки нормально распределенной случайной величины с различными значениями σ , зависящими от меняющихся условий наблюдения.

В этом случае плотность распределения вероятностей центрированной погрешности навигационных измерений η имеет следующий вид:

$$f(\eta) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} \frac{\varphi(\sigma)}{\sigma} \exp\left(-\frac{\eta^2}{2\sigma^2}\right) d\sigma.$$

Причем, с. к. о. σ , как случайная величина, имеет плотность распределения $\varphi(\sigma)$, которая, учитывая что $0 < \sigma < \infty$, должна удовлетворять условиям:

$$\lim_{\sigma \rightarrow 0} \varphi(\sigma) = 0, \quad \lim_{\sigma \rightarrow \infty} \varphi(\sigma) = 0.$$

Очевидно, что возможность получения плотности смешанного распределения $f(\eta)$ в явном виде и ее основные закономерности определяются плотностью распределения $\varphi(\sigma)$ с. к. о. σ . В работе [1], используя модельные гипотезы, предложено в качестве $\varphi(\sigma)$ выбрать распределение Релея и логнормальное, а в работе [2], исходя из анализа статистических данных, рассматривается возможность описания $\varphi(\sigma)$ распределением Вейбулла. Примечательно, что только в случае выбора в качестве $\varphi(\sigma)$ распределения Релея плотность смешанного распределения $f(\eta)$ выражается в явном виде. В этом случае смешанное распределение принимает вид распределения Лапласа, к недостаткам которого можно отнести отсутствие непрерывной первой производной (разрыв в токе 0) и то, что это распределение не принадлежит к классам устойчивых или безгранично делимых распределений. В остальных двух случаях плотность смешанного распределения $f(\eta)$ не выражается в элементарных функциях.

В работе [5] получены два типа смешанных распределений, выражающихся в явном виде:

$$f_1(\eta) = \frac{(2n+1)! \alpha^{n+1}}{(2n)^{1/2} 2^{2n+1} (n!)^2} \frac{1}{(\eta^2/2 + \alpha)^{n+3/2}},$$

$$f_2(\eta) = \frac{2^{2n} (n!)^2 \alpha^{2n+1/2}}{(2)^{1/2} \pi (2n)!} \frac{1}{[\eta^2/2 + \alpha]^{n+1}},$$

где α – масштабный параметр; n – существенный параметр.

Полученные смешанные распределения не являются устойчивыми или безгранично-делимыми, однако они, в отличие от нормального распределения, имеют явные функции распределения.

Обращаем внимание на то обстоятельство, что статистические данные по случайным величинам погрешности измерения навигационного параметра $\tilde{\eta}$ формируют исходную генеральную выборку $\Omega(\tilde{\eta})$ в течение некоторого времени, и выборка $\Omega(\tilde{\eta})$, имеющая с.к.о. $\tilde{\sigma}$, состоит из множества частных выборок $\Omega_i(\tilde{\eta})$ со значениями с.к.о. $\tilde{\sigma}_i$. Поэтому генеральная выборка $\Omega(\tilde{\eta})$ не является однородной, и при большом количестве частных выборок $\Omega_i(\tilde{\eta})$ статистическая погрешность $\tilde{\eta}$ распределена по смешанному закону, вид которого определяется законом распределения с.к.о. σ , который неизвестен.

Однако, сформировав генеральную выборку $\Omega(\tilde{\eta})$, рассчитывают ее математическое ожидание \tilde{M} и с.к.о. $\tilde{\sigma}$, полагая, что погрешность распределена по нормальному закону $f_G(\eta)$ с параметрами \tilde{M} и $\tilde{\sigma}$, хотя действительно погрешность $\tilde{\eta}$ имеет смешанное распределение $f_i(\eta)$.

В реальных условиях при обсервации судна по избыточным линиям положения обсервованная точка рассчитывается по методу наименьших квадратов, который дает

эффективные оценки места судна только при нормальном распределении погрешности измерения навигационного параметра. Действительно в процессе измерений навигационных параметров условия наблюдения являются неизменными и погрешности измерений подчинены нормальному распределению, однако реализовавшееся значение с.к.о. $\tilde{\sigma}$ неизвестно и в общем случае отличается от принимаемого значения $\tilde{\sigma}$, следовательно, оценка места судна не является эффективной, т.е. меньше 1.

В такой ситуации при определении места судна происходит потеря точности из-за несоответствия параметров реального и предполагаемого распределения погрешностей навигационных измерений. Поэтому следует оценить снижение эффективности обсервованных координат в такой ситуации и предложить меры по увеличению точности путем усовершенствования обработки навигационной информации.

Перспективным является исследование данного вопроса методами имитационного моделирования, для чего следует произвести разработку компьютерной имитационной модели, которая содержит несколько модулей. Первый модуль позволяет генерировать значения случайной величины, распределенной по нормальному закону с заданной величиной $\tilde{\sigma}_i$. Первый модуль генерирует множество частных выборок $\Omega_i(\tilde{\eta})$ со значениями с.к.о. $\tilde{\sigma}_i$, которые объединяются в генеральную выборку $\Omega(\tilde{\eta})$ и определяются параметры распределения \tilde{M} и $\tilde{\sigma}$.

Второй модуль имитационной модели содержит координаты истинного места судна и координаты N ориентиров. По координатам судна и ориентиров рассчитываются истинные значения навигационных параметров. Затем случайным образом выбирается одна из частных выборок $\Omega_i(\tilde{\eta})$, из которой также случайным образом отбираются N погрешностей навигационных измерений и прибавляются к истинным значениям навигационных параметров. С помощью «зашумленных» параметров находятся линии положения, а затем третий модуль с помощью метода наименьших квадратов рассчитывает обсервованную точку, которая сравнивается с истинным местом судна и определяется векториальная погрешность. Таким образом формируется выборка случайных векториальных погрешностей и определяется ее ковариационная матрица, которая позволяет рассчитать эффективность обсервованной точки.

Выводы. В работе рассмотрена ситуация формирования случайной погрешности навигационных измерений, которая подчинена смешанному закону распределения вероятностей и показана причина потери точности обсервации судна в такой ситуации.

Показан способ возможной оценки эффективности обсерваций с помощью имитационного моделирования

В дальнейшем целесообразно провести имитационное моделирование по определению эффективности обсервованного места судна в рассмотренной ситуации и разработать способ предупреждения потери точности обсервации.

ЛИТЕРАТУРА

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

ВЫБОР ДОПУСТИМОГО МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ ДВУХ СУДОВ С ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПАСНОЙ ОБЛАСТИ ИХ КУРСОВ

Булгаков А.Ю.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. Стесненные районы плавания с особенно интенсивным движением в настоящее время оборудуются станциями управления движением судов (СУДС), которые контролируют процесс судовождения и управляют движением опасно сближающихся судов. Поэтому исследование вопросов разработки методов управления опасно сближающимися судами, чему посвящена данная статья, является актуальным и перспективным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Вопросам расхождения судов с использованием классификации начальных ситуаций посвящена работа [1], а в работе [2] приведены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения. Однако вопросы управления группы судов исследованы недостаточно полно, что определяет выбор темы предлагаемой публикации.

Формулировка целей статьи (постановка задачи).

Целью статьи является разработка процедуры расчета совместного маневра изменением курса двух судов для предупреждения их столкновения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Допустим, в районе контроля станции управления движением судов находятся два судна s_i и s_j , которые опасно сближаются. В начальный момент времени их взаимное положение характеризуется пеленгом α_{ij} и дистанцией D_{ij} , а взаимное перемещение – относительным курсом K_{otij} и скоростью V_{otij} . Дистанция кратчайшего сближения $\min D_{ij}$ судов меньше предельно- допустимой дистанции d_d , т.е. $\min D_{ij} < d_d$, и суда сближаются опасно.

СУДС, осуществляющей управление судами, необходимо найти курсы судов K_i и K_j , при которых их дистанции кратчайшего сближения будут больше предельно- допустимой дистанции d_d .

Аналитически это выражается следующим образом. Из работы [3] используем выражение для $\min D_{ij}$ и получим:

$$\min D_{ij} = \Delta_{ij} D_{ij} \sin(\alpha_{ij} - K_{otij}) \geq d_d \quad (1)$$

где $\Delta_{ij} = -1$, при $\sin(\alpha_{ij} - K_{otij}) < 0$, в противном случае $\Delta_{ij} = 1$.

Дистанцию кратчайшего сближения $\min D_{ij}$ можно увеличить изменением относительного курса K_{otij} , т.е. курсов судов K_i и K_j . Найдем значения курсов судов, обеспечивающих выполнение условия (1).

Обозначая $\gamma_{ij} = \alpha_{ij} - \arcsin\left(\frac{d_d}{\Delta_{ij}D_{ij}}\right)$ и учитывая, что согласно работе [3]:

$\text{tg}K_{otij} = \frac{V_i \sin K_i - V_j \sin K_j}{V_i \cos K_i - V_j \cos K_j}$ неравенство (1) можно представить в следующем виде:

$$\frac{V_i \sin K_i - V_j \sin K_j}{V_i \cos K_i - V_j \cos K_j} \leq \text{tg} \gamma_{ij}. \quad (2)$$

Откуда следует:

$$(\sin K_i \cos \gamma_{ij} - \cos K_i \sin \gamma_{ij}) \leq \rho_{ij} (\sin K_j \cos \gamma_{ij} - \cos K_j \sin \gamma_{ij}), \quad (3)$$

где $\rho_{ij} = V_j / V_i$.

Приведенное неравенство содержит искомые переменные K_i и K_j . Решая неравенство (3) относительно курсов судов, определим параметры совместного маневра изменения курсов судов, обеспечивающего их безопасное расхождение.

Для решения неравенства (3) вначале рассмотрим соответствующее равенство:

$$(\sin K_i \cos \gamma_{ij} - \cos K_i \sin \gamma_{ij}) = \rho_{ij} (\sin K_j \cos \gamma_{ij} - \cos K_j \sin \gamma_{ij})$$

или

$$\sin(K_i - \gamma_{ij}) = \rho_{ij} [\sin(K_j - \gamma_{ij})],$$

которое представляет аналитическое выражения границы опасной области S_{Dij} , ограждающей недопустимые сочетания значений пар соответствующих курсов K_i и K_j , причем полученное уравнение имеет два корня, т.е. справедливы следующие аналитические зависимости:

$$K_i - \gamma_{ij} = \arcsin\{\rho_{ij} [\sin(K_j - \gamma_{ij})]\},$$

$$K_i - \gamma_{ij} = \pi - \arcsin\{\rho_{ij} [\sin(K_j - \gamma_{ij})]\}.$$

Как показало проведенное исследование, первый из двух корней уравнения соответствует ситуации сближения судов, а второй – ситуации их удаления. Так как опасность столкновения возникает при сближении судов, то уравнения границ опасных областей при сближении судов определяется уравнением:

$$K_i = \gamma_{ij} + \arcsin\{\rho_{ij} [\sin(K_j - \gamma_{ij})]\}. \quad (4)$$

Полученное выражение (4) характеризует границу между опасной и допустимой областями курсов K_i и K_j .

Если $V_i > V_j$, т.е. $\rho_{ij} > 1$, то в выражении (4) должно соблюдаться условие $\rho_{ij} [\sin(K_j - \gamma_{ij})] \leq 1$, или $\sin(K_j - \gamma_{ij}) \leq \rho_{ij}^{-1}$. Следовательно, граничные значения курса K_j равны:

$$K_{j1} = \gamma_{ij} + \arcsin(\rho_{ij}^{-1});$$

$$K_{j2} = \gamma_{ij} + \pi - \arcsin(\rho_{ij}^{-1});$$

$$K_{j3} = \gamma_{ij} + \pi + \arcsin(\rho_{ij}^{-1});$$

$$K_{j4} = \gamma_{ij} + 2\pi - \arcsin(\rho_{ij}^{-1}),$$

а область значений переменной K_j определяется выражением:

$$K_j \in \{S_1 \cup S_2\}.$$

В последнем выражении области S_1 и S_2 возможных значений курса K_j аналитически определяются следующим образом:

$$S_1 = [\gamma_{ij} + 2\pi - \arcsin(\rho_{ij}^{-1}), \gamma_{ij} + \arcsin(\rho_{ij}^{-1})],$$

$$S_2 = [\gamma_{ij} + \pi - \arcsin(\rho_{ij}^{-1}), \gamma_{ij} + \pi + \arcsin(\rho_{ij}^{-1})].$$

Для графического отображения границы между опасной и допустимой областями курсов K_i и K_j была разработана имитационная компьютерная программа.

Опасная область S_{Dij} курсов K_i и K_j , в которой $\min D_{ij} < d_d$, для ситуации с параметрами $\alpha = 75^\circ$, $D = 3$ мили, $d_d = 1$ мили, $V_i = 15$ уз, $V_j = 20$ уз, представлена на рис. 1.

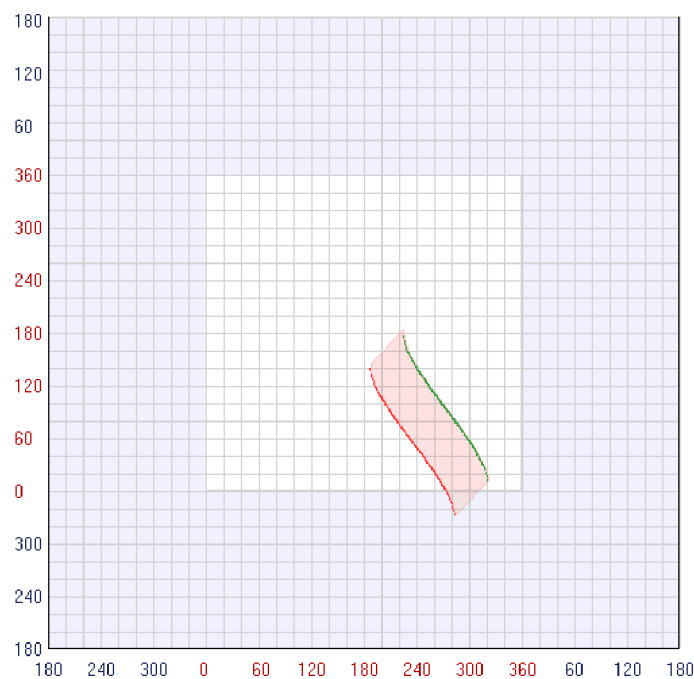


Рисунок 1 – Опасная область S_{Dij} курсов K_i и K_j при $V_i > V_j$

Если $V_i < V_j$, т.е. $\rho_{ij} < 1$, то зависимость между курсами судов K_i и K_j для случая сближения выражается следующим образом:

$$K_i = \gamma_{ij} + \arcsin\{\rho_{ij}[\sin(K_j - \gamma_{ij})]\}.$$

Так как $\rho_{ij} < 1$, то курс K_j принимает все значения от 0 до 2π .

На рис. 2 приведена опасная область курсов K_i и K_j для $V_i=20$ уз, $V_j=15$ уз.

Таким образом, располагая опасной областью S_{Dij} курсов двух судов можно выбрать их безопасные курсы уклонения, обеспечивающие их расхождения на расстоянии, которое больше величины предельно-допустимой дистанции.

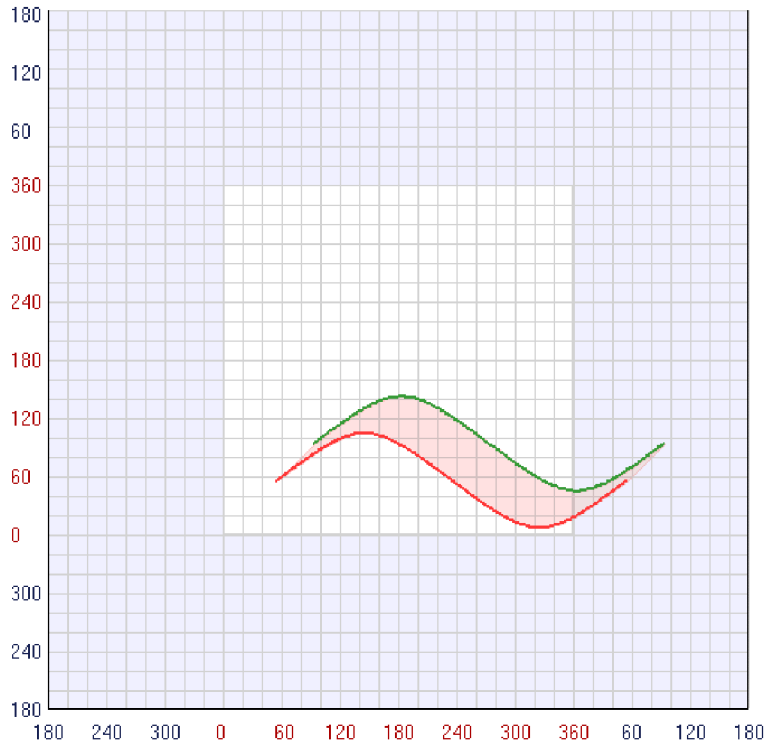


Рисунок 2 – Опасная область S_{Dij} курсов K_i и K_j при $V_i < V_j$

Выводы. Получены аналитические выражения границ опасной области курсов двух сближающихся судов, с помощью которой возможен выбор курсов судов, обеспечивающих их безопасное расхождение на заданном расстоянии.

Приведены результаты имитационного моделирования, позволяющие формирование опасных областей курсов двух судов в графическом виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении / А. С. Мальцев. – Одесса : Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
2. 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.
3. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н. Н. Цымбал, И. А. Бурмака, Е. Е. Тюпиков. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.

ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ ОБСЕРВАЦИИ

Бурмака И.А., Алексейчук Б.М.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. Обеспечение требуемого уровня точности и надежности обсерваций места судна является необходимым условием безопасного судовождения. Решение данной проблемы повлекло к разработке дифференциальных спутниковых систем, и в последнее время производятся активные действия по разработке корреляционных навигационных систем, использующих современные достижения в радиолокации и электронной картографии. Однако проблема обеспечения точности контроля места судна в прибрежных районах плавания при наличии спутниковой дифференциальной системы не является окончательно решенной из-за ее неустойчивой работы, а корреляционные системы требуют не только разработки электронной картографии для внутренних водных путей, но и оснащения судов дорогостоящей бортовой аппаратурой. Отмеченных недостатков лишены обращенные радионавигационные системы, разработка и исследования которых активно проводятся в настоящее время.

Для корреляционных систем и обращенных радионавигационных систем существенным является обеспечение требуемого уровня точности определения места судна, что требует исследования зависимости характеристик точности обсервации от числа линий положения.

Актуальность исследования. Вопросам рассмотрения локальных радионавигационных систем и их точности посвящены работы [1-3]. В публикации [1] рассмотрены вопросы обеспечения безопасности судовождения в стесненных районах путем оптимального навигационного оборудования таких районов, а в работе [2] рассмотрены вопросы разработки высокоточных радиолокационных систем обращенного типа.

В работе [3] анализируются вопросы обеспечения высокой точности проводки судна в узкости при помощи корреляционных методов навигации.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данной статьи является исследование влияния числа линий положения на дисперсию модуля позиционной погрешности.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Погрешность определения места судна является двумерным вектором, который характеризует возможное положение истинного места судна относительно начала заданной системы координат. Оси заданной системы координат всегда ориентированы параллельно осям географической системы координат, а начало – в интересующей точке (счислимой, обсервованной или любой заданной).

Таким образом, погрешность определения места судна характеризуется двумерным случайным вектором \bar{R} . Линии положения и вектор \bar{R} задаются в одной системе координат. Линии положения образуют систему S_n , которой присущи следующие характеристики:

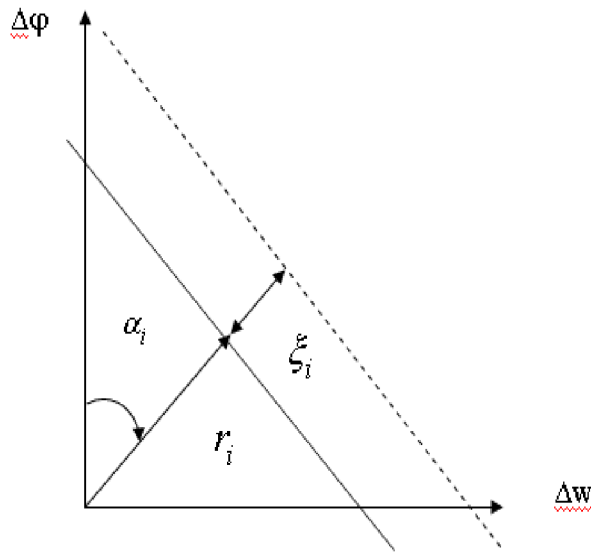
r_i – длина нормали от начала системы координат до i -й ЛП (рис. 1) (перенос);

ξ_i – погрешность i -й ЛП (смещения ЛП относительно начального положения);

α_i – угол между переносом r_i и осью y выбранной системы координат;

$f_i(\xi_i)$ – плотность распределения погрешности ξ_i ;

Λ – матрица вторых моментов погрешностей ЛП, представляющая собою квадратную $n \times n$ – матрицу, диагональные элементы которой являются дисперсиями случайных величин ξ_i , а остальные – вторыми смешанными моментами.



$$r_i + \xi_i = \Delta w \sin \alpha_i + \Delta \varphi \cos \alpha_i \quad \text{ЛП}_i$$

Рисунок 1 – К определению системы линий положения

Из рис. 1 следует, что погрешность линии положения ξ_i связана с составляющими Δw и $\Delta \varphi$ случайного вектора \bar{R} следующим образом:

$$\xi_i = \Delta w \sin \alpha_i + \Delta \varphi \cos \alpha_i - r_i; \quad (i = 1, \dots, n).$$

Ковариационная матрица случайного вектора \bar{R} характеризует точность определения места судна.

Следуя работе [4] и полагая, что погрешности измерений ξ_i распределены по одному закону, можно получить выражение для минимальной ковариационной матрицы $K(\Delta \varphi, \Delta w)_{\min}$ погрешностей позиционных измерений, которая имеет следующий вид:

$$K(\Delta \varphi, \Delta w)_{\min} = \frac{1}{s \Delta} \begin{vmatrix} \sum_{i=1}^n \sin^2 \alpha_i & - \sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \cos \alpha_i \\ - \sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \cos \alpha_i & \sum_{i=1}^n \cos^2 \alpha_i \end{vmatrix}, \quad (1)$$

где $\Delta = \left[\left(\sum_{i=1}^n \cos^2 \alpha_i \right) \left(\sum_{i=1}^n \sin^2 \alpha_i \right) - \left(\sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \cos \alpha_i \right)^2 \right]$; $s = \int_{R1} \frac{\left[\frac{\partial}{\partial \xi_i} f(\xi_i) \right]^2}{f(\xi_i)} d\xi_i$.

Для нормального распределения погрешностей измерений $s = \frac{1}{\sigma^2}$. Учитывая, что дисперсия D_R модуля случайного вектора \bar{R} является суммой дисперсий D_w и D_φ его составляющих Δw и $\Delta \varphi$, из выражения (1) получим:

$$K(\Delta\varphi, \Delta w)_{\min} = \frac{1}{s\Delta} D_R = \frac{\sigma^2 (\sum_{i=1}^n \sin^2 \alpha_i + \sum_{i=1}^n \cos^2 \alpha_i)}{\left[(\sum_{i=1}^n \cos^2 \alpha_i)(\sum_{i=1}^n \sin^2 \alpha_i) - (\sum_{i=1}^n \sin \alpha_i \cos \alpha_i)^2 \right]}. \quad (2)$$

Анализ полученного выражения (2) показывает, что дисперсия модуля векториальной погрешности D_R зависит от дисперсии погрешности линии положения σ^2 , ориентации линий положения α_i и их числа n . Из формулы (2) очевидно, что при прочих равных условиях дисперсия D_R линейно зависит от дисперсии погрешности линии положения σ^2 .

Для характеристики зависимости D_R от α_i и n производился расчет дисперсии D_R от заданных значений величин α_i и n , причем значения числа линий положения n для обсервации места судна выбирались от 2 до 10. Первая линия положения при оценке точности каждой обсервации при расчете принималась параллельной направлению N-S, т.е. $\alpha_1 = 0$, остальные значения углов линий положения α_i приводятся в табл. 1.

В данной таблице приведены зависимости значений дисперсии D_R от числа линий положений при заданных углах линий положения α_i . При расчете принималось значение дисперсии погрешностей линий положения $\sigma^2 = 25$.

Таблица 1 – Значение дисперсии D_R , когда число линий положения больше трех

α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9	α_{10}	D_R
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Число линий положения n=4									
90	180	270	-	-	-	-	-	-	25,0
90	45	135	-	-	-	-	-	-	25,0
60	135	210	-	-	-	-	-	-	27,7
45	135	270	-	-	-	-	-	-	25,0
Число линий положения n=5									
45	135	300	210	-	-	-	-	-	20,8
30	120	240	330	-	-	-	-	-	20,8
30	60	120	160	-	-	-	-	-	21,4
30	60	300	330	-	-	-	-	-	20,8
Число линий положения n=6									
45	135	300	210	270	-	-	-	-	18,5
30	120	240	330	270	-	-	-	-	16,6
30	60	120	160	330	-	-	-	-	18,5
30	60	300	330	270	-	-	-	-	16,7
Число линий положения n=7									
45	135	300	210	270	90	-	-	-	14,6
30	120	240	330	270	90	-	-	-	14,6

Продолжение табл. 1.

30	60	120	160	330	90	-	-	-	14,6
30	60	300	330	270	90	-	-	-	14,6
Число линий положения n=8									
45	135	300	210	270	90	135	-	-	12,9
30	120	240	330	270	90	135	-	-	12,9
30	60	120	160	330	90	315	-	-	13,2
30	60	300	330	270	90	135	-	-	12,9
Число линий положения n=9									
45	135	300	210	270	90	135	225	-	11,3
30	120	240	330	270	90	135	225	-	11,3
30	60	120	160	330	90	315	225	-	11,3
30	60	300	330	270	90	135	225	-	11,3
Число линий положения n=10									
45	135	300	210	270	90	135	225	190	10,0
30	120	240	330	270	90	135	225	190	10,0
30	60	120	160	330	90	315	225	190	10,3
30	60	300	330	270	90	135	225	190	10,0

Выводы. Как следует из табл. 1, дисперсия векториальной погрешности уменьшается с ростом числа линий положения n , использованных для обсервации, причем в рассмотренных примерах дисперсия уменьшается в 5 раз. При использовании для обсервации четырех линий положения дисперсия векториальной погрешности равна дисперсии погрешностей линий положения, а при десяти линиях положения дисперсии D_R в 2,5 раза меньше, чем σ^2 .

Таким образом, использование избыточных линий положения при обсервациях является эффективной мерой повышения точности определения места судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексишин В. Г. Общий алгоритм формирования оптимальной системы навигационного оборудования стесненного района / В. Г. Алексишин // Судовождение. – 2004. – № 8. – С. 3-11.
2. Алексишин В. Г. Перспективы разработки навигационных систем обращенного типа / В. Г. Алексишин, Д. А. Бузовский // Судовождение. – 2005. – № 9. – С. 3-6.
4. Широков В. М. Результаты имитационного моделирования обсерваций судна в стесненных условиях / В. М. Широков // Судовождение. – 2004. – № 8. – С. 103-107.
5. Мудров В. М., Кушко В. Л. Методы обработки измерений. – М. : Советское радио, 1976. – 192 с.

СОВМЕСТНЫЙ УЧЕТ ПРИ РАСХОЖДЕНИИ ОПАСНОЙ ЦЕЛИ И НАВИГАЦИОННОГО ПРЕПЯТСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ СУДОВОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ

Волков А.Н., Цымбал Н.Н.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. В случае опасного сближения судна с целью в стесненных районах плавания при выборе маневра расхождения следует учитывать навигационные опасности.

Учет опасно сближающихся целей производится с помощью относительного движения, а учет навигационных опасностей требует использования истинного движения.

Поэтому возникает необходимость отображения судовой безопасной области в пространстве истинного движения.

Актуальность исследования и анализ последних достижений и публикаций. Вопросы формирования безопасной области судна с учетом стохастической природы погрешностей измерений исследованы в работе [1].

Совместному учету ограничения по безопасности расхождения судов и навигационного ограничения с помощью представления судовой безопасной области в истинном движении посвящена работа [2].

Анализ публикаций показал, что вопросы совместного учета опасных целей и навигационных препятствий являются актуальными, чем и определяется выбор темы данной публикации.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данной статьи является разработка способа отображения судовой безопасной области из пространства относительного движения в пространство истинного движения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Безопасная область судна задается в пространстве относительного движения определенной фигурой, граница которой задается относительно цели уравнением $y = f(x)$ в системе координат OXY , начало которой совпадает с целью (рис. 1). Рассмотрим, как в этом случае производится преобразование границы безопасной области, имеющую определенную форму из пространства относительного движения в пространство истинного движения.

Положение цели C относительно судна, находящегося в точке O_1 , в пространстве относительного движения задается дистанцией D_0 и пеленгом α_0 , а область безопасности судна B_3 построена относительно цели C , являющейся началом координат OXY . Относительное движение характеризуется относительными скоростью V_{ot} и курсом K_{ot} .

Навигационные опасности отображаются в пространстве истинного движения, которое представлено на обычной или электронной карте, однако в этом случае области безопасности цели не могут быть нанесенными на карту и иметь форму, заданную в пространстве относительного движения.

Направления в пространстве относительного движения определяются углами α , а расстояния - отрезками D , как показано на рис. 1.

Точка M в системе координат OXY характеризуется координатами x и y , а в системе координат O_1, X_1, Y_1 - координатами X_{1f} и Y_{1f} , причем справедливы выражения:

$$K(\Delta\varphi, \Delta w)_{\min} = \frac{1}{s\Delta} X_{1f} = D_0 \sin \alpha_0 + x, \quad Y_{1f} = D_0 \cos \alpha_0 + y. \quad (1)$$

Отображение безопасной области судна из пространства относительного движения в пространство истинного производится с помощью преобразования полярных координат безопасной области [3]. Поэтому границу безопасной области представим в полярных координатах D и α . Очевидно, в пространстве относительного движения полярные координаты точки границы безопасной области судна выражается следующим образом:

$$D = \sqrt{X_{1f}^2 + Y_{1f}^2}, \quad \alpha = \text{Arctg}\left(\frac{X_{1f}}{Y_{1f}}\right). \quad (2)$$

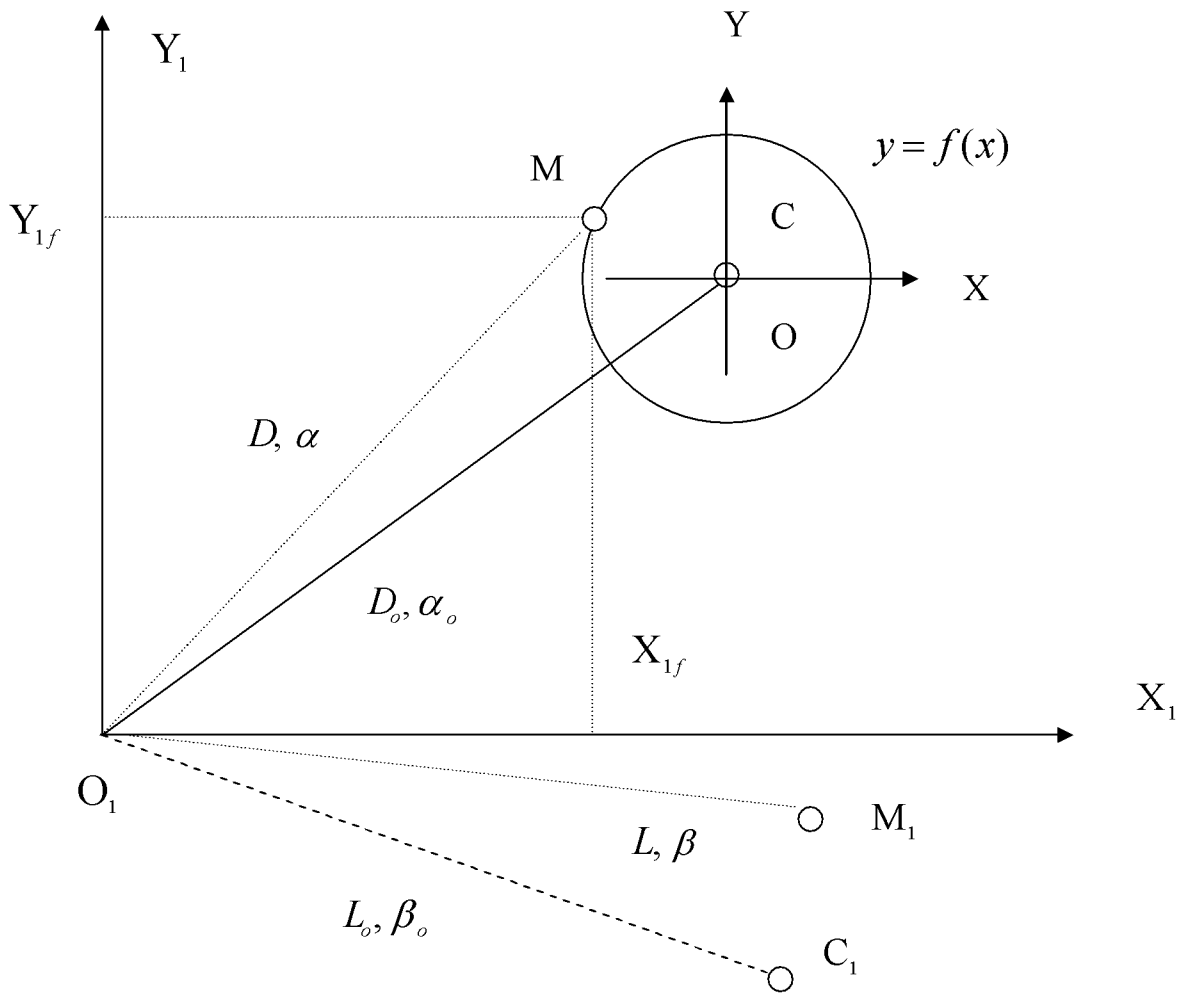


Рисунок 1 – Преобразование границ судовой безопасной зоны

Конкретная точка границы безопасной области, связанная с целью, может быть достигнута судном в относительном движении, если относительный курс будет равен направлению α и точка будет достигнута через время $t = D/V_{ot}$. Указанное условие достижения каждой точки границы безопасной области является определяющим для преобразования в пространство истинного движения. В пространстве истинного движения направлению α соответствует истинное направление движения судна β , а время достижения точки остается неизменным, поэтому:

$$L = \frac{V_o}{V_{ot}} D, \quad (3)$$

где V_o – скорость судна.

Исследованием [4] установлено, что в случае, когда отношение скоростей судна V_o и цели V_c $p = \frac{V_o}{V_c}$ удовлетворяет неравенству $p > 1$, то происходит однозначное отображение множества относительных направлений α в множество истинных направлений β , и искомое отображение описывается зависимостью:

$$\beta = \alpha + \arcsin [p^{-1} \sin (K_c - \alpha)], \quad (4)$$

где K_c – курс цели.

Если формой безопасной области судна в пространстве относительного движения является круг, то с помощью выражений (1) – (4) формируется граница безопасной области в пространстве истинного движения.

Для проверки корректности предлагаемой процедуры преобразования судовой безопасной области, заданной в пространстве относительного движения, в пространство истинного движения разработана компьютерная программа, которая учитывает существенные для расчета параметры. В качестве примера рассмотрена ситуация сближения судна с целью, причем задана безопасная область цели круговой формы. Параметры ситуации имеют значения:

$$D_o = 3,5 \text{ миль}, \alpha_o = 350^\circ, K_o = 75^\circ, K_c = 105^\circ, V_o = 20 \text{ уз}, V_c = 17 \text{ уз}, D_d = 1 \text{ миля}.$$

Безопасные области цели в пространстве относительного и истинного движения для указанной ситуации показаны на рис. 2.

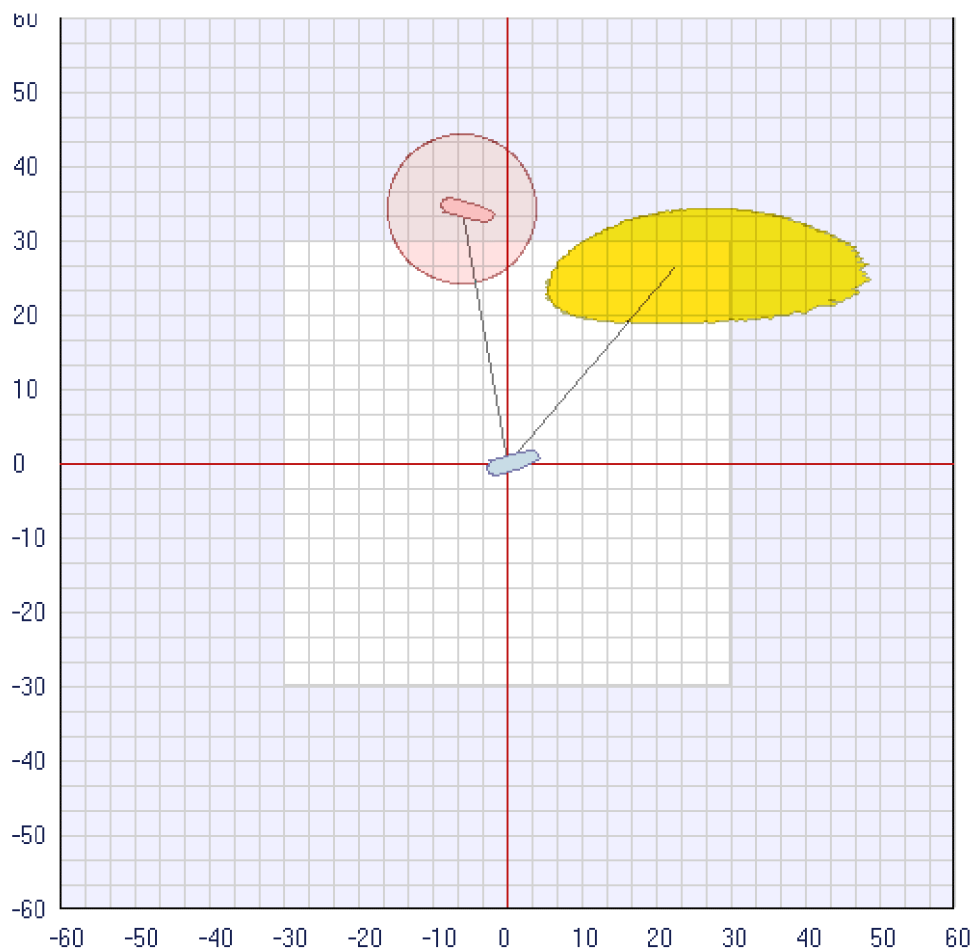


Рисунок 2 – Преобразование границ круглой судовой безопасной зоны

Выводы. В статье показано, что судовая безопасная зона из пространства

относительного движения может отображаться в пространство истинного движения, т.е. на электронную карту для совместного учета опасных целей и навигационных опасностей. Получены выражения для преобразования границы зоны. В дальнейшем целесообразно разработать алгоритмы преобразования зоны безопасности заданной формы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Степаненко В. В. Усовершенствование методов оценки ситуации расхождения судов : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.16/ ОНМА. – Одесса, 2004. – 24 с.
2. Алексишин В. Г. Зависимость параметров судовой безопасной зоны от стохастических позиционных погрешностей / В. Г. Алексишин, А. В. Алексишин // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 3-10.
3. Волков А. Н. Отображение зоны безопасности судна на электронной карте // Судовождение : сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 23. – Одесса : «ИздатИнформ», 2013 – С. 15-19.
4. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н. Н. Цымбал, И. А. Бурмака, Е. Е. Тюпиков. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.

ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СИТУАЦИИ НА СУДНЕ И В МОРЕ

Годованюк С.П.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. При любом виде опасности для человека создается экстремальная ситуация. Экстремальная ситуация (лат. *extremum* – крайнее, предельное; *situatio* – положение) – понятие, посредством которого дается интегративная характеристика радикально или внезапно изменившейся обстановки, связанных с этим особо неблагоприятных или угрожающих факторов для жизнедеятельности человека, а также высокой проблемностью, напряженностью и риском в реализации целесообразной деятельности в данных условиях.

Экстремальная ситуация человека исключает возможность быстрой помощи со стороны других людей. Понятие экстремальная ситуация, таким образом, отражает не просто чрезвычайное, а именно исключительно опасное событие или совокупность опасных событий относительно и только во взаимосвязи с деятельностью людей, их существованием.

Для любой экстремальной ситуации характерны:

- неожиданность наступления, требующая специальной готовности к экстремальностям;
- стрессовое состояние, резкий выход за пределы нормы привычных действий и состояний;
- возрастание сложности протекающих процессов в связи с прогрессирующими изменениями и новизной ситуативных противоречий, состояний;
- насыщенность развивающейся ситуации противоречиями, требующими оперативного разрешения;
- нарастание напряженности для субъектов экстремальной ситуации (в плане ее осмысления, принятия решений, реагирования) и в конечном итоге – необходимостью активных действий.

В последние годы понятие «экстремальные ситуации» обретает статус одной из унифицированных, генерализующих категорий в катастрофологии, конфликтологии, теории безопасности, теориях менеджмента по оптимизации управления, оперативному управлению и др.

При возникновении экстремальной ситуации, чем быстрее вы сориентируетесь, примете решение и выберете правильный способ действий, тем больше у вас будет шансов остаться живым, здоровым и невредимым. Но лучше всего научиться предвидеть возможность появления опасной ситуации, уметь из нее выходить, обладая знаниями и умениями, тогда вы постараетесь ее избежать или подготовиться, чтобы выйти из нее без ущерба для себя и окружающих, что является **актуальным**.

Цель работы – изучить курсантам характеристику экстремальных ситуаций на судне и правила безопасного поведения на воде, выйти из экстремальной ситуации на судне или в море используя имеющиеся знания и практику на примере кораблекрушения.

Изложение темы. Мировой морской флот за год теряет в среднем 200 – 250 судов, аварию терпят свыше 8000 (вместимость более 500 рег. т).

Катастрофы, возникающие в открытом море, являются одними из самых трагичных. В этом случае не приходится рассчитывать на быструю помощь. Именно поэтому, к сожалению, людей, уцелевших в кораблекрушениях, очень мало.

Находясь на судне всегда остается вероятность того, что в море произойдет какая-нибудь неожиданная неприятность, поэтому каждый человек должен обязательно удостовериться в том, что на судне достаточно шлюпок для спасения всех людей, что у него в каюте есть специальный жилет, который в случае трагедии не даст ему утонуть.

Если кораблекрушение произошло недалеко от берега или в непосредственной близости есть какой-нибудь судно, то у людей наибольшее число шансов спастись. Иногда судно настолько велико, что не сразу обнаруживает неисправность, которая может привести к трагедии. Поэтому каждый находящийся на судне должен быть в первую

очередь бдительным. Человек, который почувствовал у себя в каюте запах дыма или заметил еще что-то, что способно повлечь за собой крупные неприятности, должен, сохраняя хладнокровие, поведать об этом ответственным членам команды и принять посильное участие в его устранении.

Если на судне находятся пассажиры, то в сложной ситуации самым страшным врагом людей является обыкновенная паника. Капитан и члены экипажа обязаны подавить её любыми средствами. Хаотичные движения и метания по судну сбивают с толку команду и людей, стремящихся сделать все возможное для спасения судна. Более того, паника способна быстро передаваться и другим людям. Стоит среди в общем-то спокойных людей появиться паникеру, как буквально через минуту уже половина будет испытывать беспокойство. Поэтому лучшее средство от неорганизованной попытки спасения – упреждающее внимание к потенциальным паникерам.

Расчёты показывают, что вероятность спасения при организованном оставлении судна выше панического от 4 до 47 раз (в зависимости от спасательного плавсредства). Решение об оставлении принимает только капитан. Посадка в шлюпки и на плоты производится только по команде с мостика. Если кому-то не досталось места в шлюпке по каким-либо причинам, то не нужно отчаиваться. Следует мужественно и без истерики воспринять этот факт и попробовать спастись своими силами. Если человек опустит руки и будет смиренно ждать своей участи, то он погибнет одним из первых. Зарегистрировано множество случаев, когда даже в безысходных ситуациях люди, тем не менее, выживали. Можно, к примеру, быстро соорудить что-то наподобие плота из любых нетонущих материалов.

Очень важно с самого начала настроиться на спасение. Ведь если кто-то верит в свою победу над бушующей стихией, у него больше шансов справиться с волной и выжить. И последнее: собираясь в морское путешествие, нелишне будет научиться хотя бы сносно держаться на воде. Поскольку если человеку не удастся сесть в шлюпку или сделать плот, но он неплохо плавает, у него все равно остается надежда на то, что он сможет дождаться помощи или его подберут люди, находящиеся в шлюпке.

Общее представление о картине действий при кораблекрушении даёт сводная таблица процедур по выживанию (в редакции ИМКО – Межправительственной морской консультативной организации (англ. Inter-Governmental Maritime Consultative Organization, IMCO)).

Высадка с судна:

- надеть побольше одежды, включая перчатки, берет, сверху – защитный костюм из водонепроницаемой ткани;
- правильно надеть спасательный жилет;
- бросить плот и вытянуть лить;
- по возможности высадиться сухим;
- если вынуждены прыгать, то желательно с высоты не более 5 метров, закрыв рот и нос одной рукой, второй крепко держась за жилет;
- так как в воде с каждым движением увеличиваются потери тепла, плыть только к спасательному средству;
- если позволяют обстоятельства, погрузить одеяла и дополнительные одежды.

Если возможно, погрузить аварийное радио. Если позволяют обстоятельства, погрузить дополнительно питьевую воду;

- собрать все обломки, которые могут пригодиться.

Погрузка и первые 24 часа:

- помочь потерпевшим при погрузке;
- перерезать лить, спустить плавучий якорь;
- обеспечить связь с другими плавсредствами;
- закрыть входные отверстия спасательного плота, если холодно или бурное море, надуть днище плота;
- проверить, нет ли утечек. Закрыть пробками;
- принять таблетки от морской болезни;
- собрать воду;

- проверить, чтобы все снаряжение было надёжно закреплено во-избежании потери в случае опрокидывания;
- в холодном климате делать упражнения; чтобы сберечь тепло, держаться вместе.

А также: выставить вахтенного, спасательные средства подготовить к использованию. В первые 24 часа могут пить только больные и раненые.

Спустя первые 24 часа:

- часто проветривать плот;
- в жарком климате спускать днище днём и надувать ночью. Днём увлажнять одежды. Смачивать водой наружную оболочку тента, чтобы снизить температуру внутри плота;
- держать ноги по возможности сухими. Поднимать ноги и двигать ими регулярно, сняв обувь;
- вахтенные должны защищаться от обморожения или солнечных ожогов, прикрывая все участки кожи;
- сохранять дымовые шашки и ракеты до момента, когда будет реальная возможность, что они будут замечены;
- поручить одному человеку их применение. Не применять их все вместе в надежде обнаружить себя;
- прежде чем собирать дождевую воду из соответствующих отсеков, убедитесь, что там нет солевых осадков;
- сохранять жидкость в организме, сокращая бесполезные движения. Для сокращения потоотделения увлажнять одежды днём и защищаться от солнца;
- строго рационировать воду: 500-600 мл в день на человека, поделенные на многочисленные малые дозы с самой большой дозой вечером;
- никогда не пить морскую воду или мочу;
- есть только аварийный запас. За исключением вынужденной необходимости не есть морских рыб или птиц, если не имеется достаточного запаса питьевой воды;
- в холодном климате одежда с умерших снимается и делится между выжившими.

В добавление к сводной таблице надо отметить, что алкоголь, вопреки распространённому мнению, не только не помогает, но и сильно затрудняет выживание как в холоде, так и в жаре; и что без питья средний взрослый человек может оставаться в живых от 3 до 10 дней. При рационе 500-600 миллилитров воды в сутки разумно действующий взрослый человек способен продержаться даже в тропиках не меньше 10 дней без серьёзных изменений в организме. Без пищи можно прожить месяц и более.

Вывод. В любых сложнейших ситуациях главное это – знания и опыт действий в той или иной возникшей ситуации. Однако, степень подготовленности не всегда совпадает с профессиональной подготовкой даже для людей, чья профессия связана с риском. Зачастую человек, считающий, что с ним ничего никогда не случится, в трудной ситуации вынужден на собственном опыте, методом проб и ошибок приходить к тому, что известно подготовленным людям и специалистам.

В заключении обращаю внимание курсантов, что они в процессе учебы должны: **знать:** характеристику экстремальных ситуаций и способы выживания; меры предосторожности и правила поведения в экстремальных ситуациях на судне; **уметь:** предотвращать поступки, ведущие к экстремальным ситуациям; формировать мотивации к безопасному типу поведения; **увидеть:** значимость изучения экстремальных ситуаций на судне; **систематизировать:** полученные знания, отработать навыки; **развивать:** методический навык (взаимоконтроль, самоконтроль, обучение работе по модульной технологии).

ЛИТЕРАТУРА

1. ИМКО – Межправительственная морская консультативная организация (входит в состав ИМО) : Экологический энциклопедический словарь. – Кишинев : Главная редакция Молдавской советской энциклопедии, 1989.

ВИБРОДИАГНОСТИКА СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Гусев В.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В современных условиях вибрационная диагностика, как и другие методы технической диагностики, решает задачи поиска неисправностей и оценки технического состояния исследуемого объекта.

Термин «диагностика» происходит от греческого слова *diagnosis* – распознавание, определение.

Вибрационная диагностика – метод диагностирования технических систем и оборудования, основанный на анализе параметров вибрации, либо создаваемой работающим оборудованием, либо являющейся вторичной вибрацией, обусловленной структурой исследуемого объекта.

Вибрационная диагностика, как и другие методы технической диагностики, решает задачи поиска неисправностей и оценки технического состояния исследуемого объекта.

Вибродиагностику проводят в процессе приемо-сдаточных испытаний на головных и серийных судах, а также на судах, прошедших ремонт или переоборудование, которое могли привести к изменению уровней вибрации в помещениях и на рабочих местах экипажа судна [1].

В работе рассматриваются основные вопросы и направления развития вибрационного анализа, используемого при решении диагностических задач. Дается описание основных методов анализа сигналов вибрации во временной и частотной областях, в пространстве и по множеству однотипных объектов диагностики. Приводятся основные области применения рассматриваемых методов анализа сигналов для решения задач диагностики некоторых механизмов судна, которые позволяют находить скрытые дефекты, возможность обнаружения неисправностей на этапе их зарождения, что является **актуальным**.

Ход проведения исследований вибрационной диагностики. Основными источниками вибрации на судне являются движители (гребные винты), двигатели, передачи, электрические машины, насосы, вентиляторы, гидравлические и воздушные системы.

Некоторые объекты диагностирования механизмов судна представлены на рис. 1.

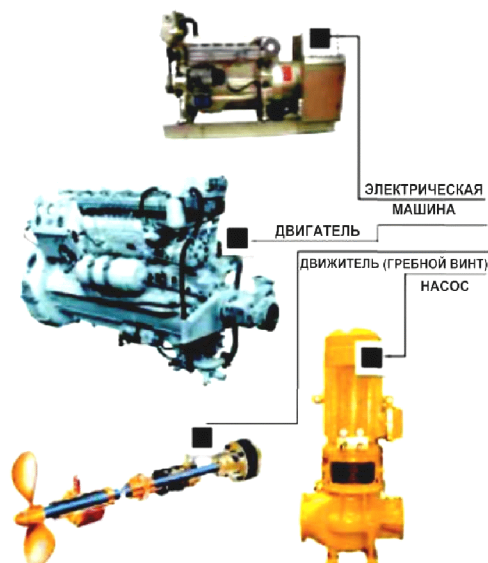


Рисунок 1 – Объекты диагностирования механизмов судна

Главным объектом диагностирования в СЭУ является рабочий процесс двигателя. Техническая диагностика дает возможность своевременно устранять дефекты, приводящие к возникновению неисправностей в двигателях и отклонению от нормального режима их работы.

В общем случае вибрационной диагностики анализируются виброскорость, вибросмещение, виброускорение.

Отметим, что один и тот же вибрационный сигнал может быть представлен в виде виброперемещения, виброскорости и виброускорения (рис. 2).

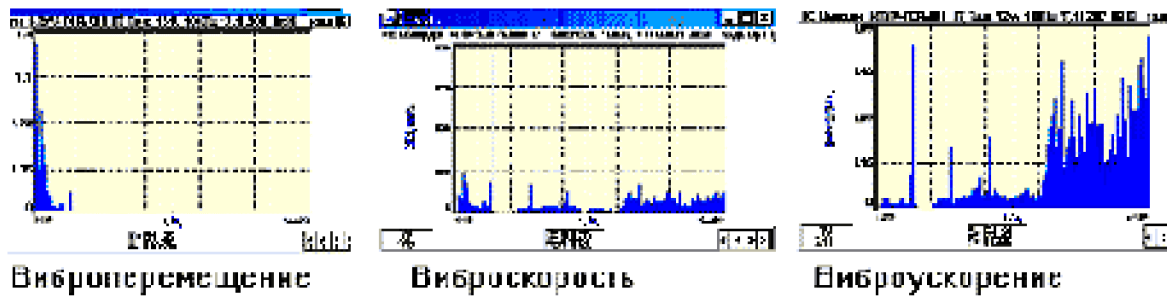


Рисунок 2 – Разные вибрационный сигналы

Из графиков видно, что смещения очень трудно анализировать на высоких частотах, зато высокие частоты хорошо видны на графике ускорения. Кривая скорости наиболее равномерно по частоте среди этих трех.

Это типично для большинства роторных машин, однако в некоторых ситуациях самыми равномерными являются кривые смещения или ускорения. Лучше всего выбирать такие единицы измерения, для которых частотная кривая выглядит наиболее плоской: тем самым обеспечивается максимум визуальной информации для наблюдателя. Для диагностики машин наиболее часто применяют виброскорость.

Вибрационный анализ позволяет выявить силы возбуждения при работе машины. Эти силы зависят от состояния машины, и знание их характеристик и законов взаимодействия позволяет диагностировать дефекты последней.

Важнейшим поглотителем энергии машины является трение. Различают трение скольжения и вязкое трение. Трение скольжения возникает вследствие относительного перемещения различных частей машины друг относительно друга. Вязкое трение создается, например, пленкой масляной смазки в подшипнике скольжения. Если трение внутри машины мало, то ее вибрация обычно велика, т.к. из-за отсутствия поглощения энергия вибраций накапливается. Например, машины с подшипниками качения, называемыми иногда антифрикционными, обычно вибрируют сильнее, чем машины с подшипниками скольжения, в которых смазка действует как значительный поглотитель энергии.

В машине с электродвигателем главным источником вибраций является остаточный дисбаланс ротора двигателя. Это приводит к заметным уровням вибрации на подшипниках двигателя. Однако если одна из собственных частот машины близка к оборотной частоте ротора, то ее вибрации могут быть велики и на довольно большом удалении от двигателя. Этот факт необходимо учитывать при оценке вибрации машины: точка с максимальным уровнем вибрации не обязательно располагается рядом с источником возбуждения.

Для понимания механизма передачи вибраций внутри машины важно усвоить понятие линейности и то, что понимают под линейной или нелинейной системами. Системой мы называем здесь любое устройство или конструкцию, которые могут воспринимать возбуждение в какой-либо форме (вход) и давать на него соответствующий отклик (выход).

Систему называют линейной, если она удовлетворяет двум следующим критериям:

– если вход x вызывает в системе выход X , то вход $2x$ даст выход $2X$. Иными словами, выход линейной системы пропорционален ее входу.

Если вход x дает выход X , а вход y – выход Y , то вход $x+y$ даст выход $X+Y$.

Иными словами, линейная система обрабатывает два одновременных входных сигнала независимо друг от друга, причем они не взаимодействуют между собой внутри нее. Отсюда следует, в частности, что линейная система не дает на выходе сигнал с частотами, отсутствовавшими во входных сигналах.

В случае машин рассматриваются в качестве входа вибрационную силу, а в качестве выхода – саму измеряемую вибрацию.

Отметим, что ни одна реальная система не является абсолютно линейной. Существует большое разнообразие нелинейностей, которые в той или иной степени присутствуют в любой механической системе, хотя, многие из них ведут себя почти линейно, особенно при слабом входе. Не полностью линейная система имеет на выходе частоты, которых не было на входе.

Тем не менее, учитывая, что вибрация машины – это, фактически отклик на силы, вызванные ее движущимися частями. Мы измеряем вибрацию в разных точках машины и находим значения сил. Измеряя частоту вибрации, мы предполагаем, что и вызывающие ее силы имеют те же частоты, а ее амплитуда пропорциональна величине этих сил, т.е. предполагаем, что машина является линейной системой.

Однако по мере того, как машина изнашивается, увеличиваются ее зазоры, появляются трещины и разболтанность и т.д., ее отклик будет все больше отклоняться от линейного закона, и в результате характер измеряемой вибрации может стать совершенно отличным от характера возбуждающих сил.

Например, несбалансированный ротор воздействует на подшипник с синусоидальной силой на частоте $1X$, и других частот в этом возбуждении нет. Если механическая структура машины нелинейная, то возбуждающая синусоидальная сила будет искажена, и в результирующем спектре вибрации помимо частоты $1X$ появятся ее гармоники. Количество гармоник в спектре и их амплитуда являются мерой нелинейности машины. Например, по мере износа подшипника скольжения в спектре его вибрации возрастает количество гармоник и увеличиваются их амплитуда. Гибкие соединения с несоосностью являются нелинейными. Именно поэтому их вибрационные характеристики содержат сильную вторую гармонику оборотной частоты (то есть $2X$). Износ муфты с несоосностью часто сопровождается сильной третьей гармоникой оборотной частоты ($3X$). Когда силы с разными частотами взаимодействуют внутри машины нелинейным образом, возникает модуляция, и в спектре вибрации появляются новые частоты. Эти новые частоты, или боковые полосы присутствуют в спектрах дефектных зубчатых передач, подшипников качения и т.д. Если зубчатое колесо имеет эксцентриситет или какую-то неправильную форму, то оборотная частота будет модулировать частоту зацепления зубьев, приводя к боковым полосам в спектре вибрации. Модуляция – это всегда нелинейный процесс, при котором появляются новые частоты, отсутствовавшие в возбуждающей силе.

При вибрационной диагностике необходимо учитывать, что слабые компоненты вибрации могут быть важны для выявления развивающихся неисправностей в машине, например, дефектов подшипников. Сама суть диагностики и обслуживания по состоянию, заключается в раннем обнаружении зарождающихся неисправностей, поэтому, необходимо обращать внимание и на чрезвычайно малые уровни вибрационного сигнала, что можно представить на рис. 3.

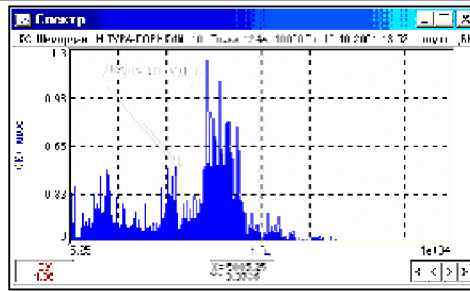


Рисунок 3 – Спектр вібрації

На приведенном спектре очень слабая компонента представляет небольшую развивающуюся неисправность в подшипнике, и она осталась бы незамеченной, если бы мы анализировали сигнал во временной области, то есть ориентировались на общий уровень вибрации. Поскольку среднеквадратическое значение амплитуды (СКЗ) – это просто общий уровень колебания в широком частотном диапазоне, поэтому небольшое возмущение на подшипниковой частоте может остаться незамеченным в изменении уровня СКЗ, хотя для диагностики это возмущение очень важно.

Для диагностики машин узкополосные спектры (с постоянной абсолютной шириной полосы) очень полезны для обнаружения высокочастотных гармоник и боковых полос, однако для обнаружения многих простых неисправностей машин такое высокое разрешение часто не требуется. Оказывается, что спектры виброскорости большинства машин спадают на высоких частотах, и поэтому спектры с постоянной относительной шириной полосы являются, обычно, более однородными в широком частотном диапазоне. Это означает, что подобные спектры позволяют лучше использовать динамический диапазон приборов. Третьоктавные спектры достаточно узки при низких частотах, что позволяет выявить первые несколько гармоник оборотной частоты, и могут эффективно использоваться для обнаружения неисправностей с помощью построения трендов.

Для измерений и выдачи соответствующей информации применяются виброизмерительные приборы. Виброизмерительные приборы либо осуществляют непосредственный отсчет измеряемых величин по шкалам, либо производят запись процесса движения. Записи перемещений, скоростей и ускорений называются виброграммами.

В современной сложной технике часто требуются очень чувствительные средства измерений. Одно из таких средств – превращение механического движения в электрический сигнал, а затем усиление этого сигнала и его регистрация.

К такому средству относится анализатор шума и вибрации «АССИСТЕНТ» (серии 2013) соответствующий 1-му классу точности, отвечающий всем требованиям последних нормативных документов в области измерения и анализа скорректированных уровней виброускорения общей и локальной вибрации и уровней виброускорения в октавных и третьоктавных полосах частот в диапазонах общей и локальной вибрации.

Прибор может использоваться для измерений характеристик машин и механизмов, в научных исследованиях. Прибор внесен в Реестр средств измерений Украины. Прибор позволяет проводить все виды измерений, предусмотренные проектами готовящихся нормативных документов.

В заключение провели измерения предельно допустимых уровней вибрации прибором «Ассистент», в машинном отделении пассажирского судна «Генерал Ватутин» во время хода.

Как показали измерения, предельно допустимые уровни вибрации на судне (виброускорение L_a , виброскорость L_v) практически не отличаются от значений этих же показателей в санитарных нормах вибрации на судах табл. 1, 2, 3 [2].

Таблица 1 – Предельно допустимые уровни вибрации на судах

<i>Наименование помещений</i>	<i>Номер предельного спектра (ПС) L_a</i>
1. Энергетическое отделение	
1.1. С безвахтенным обслуживанием	1
1.2. С периодическим обслуживанием	2
1.3. С постоянной вахтой	3
1.4. Изолированные посты управления (ЦПУ)	3

Таблица 2 – Предельные спектры (ПС) уровней вибрации по ускорению L_a , дБ относительно $a_o = 3 \cdot 10^{-4} \text{ м/с}^2$

<i>Номер ПС, (L_a)</i>	<i>Среднегеометрические частоты в октавных полосах, Гц</i>						<i>Корректированный уровень \bar{L}_a, Дб</i>
	2	4	8	16	31,5	63	
1	63	60	60	66	72	78	63
2	60	57	57	63	69	75	60
3	56	53	53	59	65	71	56

Таблица 3 – Предельные спектры (ПС) уровней вибрации по ускорению L_v , дБ относительно $v_o = 5 \cdot 10^{-8} \text{ м/с}$

<i>Номер ПС, (L_v)</i>	<i>Среднегеометрические частоты в октавных полосах, Гц</i>						<i>Корректированный уровень \bar{L}_v, Дб</i>
	2	4	8	16	31,5	63	
1	117	108	102	102	102	102	105
2	114	105	99	99	99	99	102
3	110	101	95	95	95	95	98

Выводы. В результате проведенного анализа подлежат измерению:

– виброперемещения, а также их производные величины – скорости и ускорения. Эти величины могут относиться как к отдельным точкам тела (детали, машины, сооружения и др.), так и к поступательному движению, когда происходят прямолинейные колебания тела, и к вращательному движению, когда происходят угловые колебания тела относительно постоянной оси.

– частота колебаний.

– фазы колебаний, характеризующие согласованность движения той или иной точки с изменением во времени величины действующей силы или согласованность движений различных точек тела.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 12.1.047-85. Вибрация. Метод контроля на рабочих местах и в жилых помещениях морских и речных судов.
- Санитарные нормы СН 2.5.2.048-96. Уровни вибрации на морских судах.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОВОРОТА СУДНА

Калиниченко Е.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. Точность реализации криволинейных участков программной траектории движения зависит от степени адекватности модели поворотливости судна реальному процессу его поворота и корректности выбора параметров маневра.

В предлагаемой статье рассмотрен один из аспектов обсуждаемой проблемы – определение параметров поворота судна с одного курса на другой, к которым относятся момент времени начала одерживания судна и момент времени окончания поворота при неизменной его скорости.

Актуальность исследования. Работы [1-3] посвящены вопросам исследования криволинейного движения судна при выполнении поворота. Результаты экспериментального исследования моделей поворотливости судна приведены в работе [1], а в работе [2] представлены динамические модели поворотливости судна. Формирование переходной траектории поворота судна с учетом экспериментальных данных поворотливости судна рассмотрено в работе [3]. Анализ данных работ показывает, что исследование вопросов высокоточных поворотов с учетом характеристик поворотливости является актуальным и перспективным.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью статьи является определение параметров поворота судна с учетом характеристик его поворотливости.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Поворот судна выполняется последовательной реализацией двух этапов. Сначала, на первом этапе, в начальный момент времени t_n , когда судно следует курсом K_n , производится перекладка пера руля на угол β_k и руль удерживается в таком положении в течение интервала времени Δt_1 . Затем во время второго этапа поворота производится одерживание судна, т.е. производится перекладка руля на противоположный борт на ту же величину и гасится инерция поворота судна в течение интервала времени Δt_2 , по истечению которого судно выходит на заданный курс, угловая скорость поворота обращается в нуль, перо руля приводится в диаметрально плоскость судна, а судно выходит на курс K_k .

Поэтому для расчета параметров поворота следует при заданном угле перекладки пера руля β_k вычислить интервалы времени Δt_1 и Δt_2 , которые позволяют найти моменты времени начала одерживания судна $t_p = t_n + \Delta t_1$ и момент окончания поворота

$$t_k = t_p + \Delta t_2.$$

Текущее значение курса судна на первом и втором этапах поворота описывается различными аналитическими выражениями, и текущее значение курса судна на первой этапе поворота обозначим через K_1 , а на втором – через K_2 .

Изменение курса судна известно $\Delta K = K_n - K_k$ и должно быть реализовано на обоих этапах поворота, причем в работе [3] для вычисления интервалов времени Δt_1 и Δt_2 в общем виде предложена следующая система уравнений:

$$\begin{cases} \Delta K = K_1(\Delta t_1) + K_2(\Delta t_2) \\ \omega(\Delta t_1, \Delta t_2) = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

в которой первое уравнение является очевидным соотношением, а второе – является условием обращения в ноль к концу поворота угловой скорости судна.

Для записи приведенной системы в явном виде относительно искомым переменных Δt_1 и Δt_2 следует применить динамическую модель изменения курса судна K при его повороте, которая описывается неоднородным линейным дифференциальным уравнением третьего порядка с постоянными коэффициентами, и имеет следующий вид [4]:

$$T_1 T_2 \ddot{K} + (T_1 + T_2) \dot{K} + K = a_\omega,$$

где T_1 и T_2 – постоянные времена, характеризующие инерционные свойства судна;

$a_\omega = k_p \beta_k$, причем k_p – коэффициент эффективности руля.

Выражение для текущего значения курса судна K_1 на первом и K_2 на втором этапах поворота имеет следующий вид:

$$K_1 = K_n + a_\omega \left\{ t - \left\{ T_1^2 [1 - \exp(-t/T_1)] - T_2^2 [1 - \exp(-t/T_2)] \right\} / (T_1 - T_2) \right\}. \quad (2)$$

$$K_2 = K_1(\Delta t_1) - a_\omega t + a_\omega \left\{ 2 - \left[T_1 \exp(-\Delta t_1/T_1) - T_2 \exp(-\Delta t_1/T_2) \right] / (T_1 - T_2) \right\} \times \\ \left\{ T_1^2 [1 - \exp(-t/T_1)] - T_2^2 [1 - \exp(-t/T_2)] \right\} / (T_1 - T_2). \quad (3)$$

Данная модель, как показано в [3], позволяет записать систему уравнений (1) следующим образом:

$$\begin{cases} \Delta t_1 = \Delta t_2 + \left\{ T_1^2 [1 - \exp(-\Delta t_1/T_1)] - T_2^2 [1 - \exp(-\Delta t_1/T_2)] \right\} / (T_1 - T_2) - \\ - \left\{ 2 - \left[T_1 \exp(-\Delta t_1/T_1) - T_2 \exp(-\Delta t_1/T_2) \right] / (T_1 - T_2) \right\} \times \\ \left\{ T_1^2 [1 - \exp(-\Delta t_2/T_1)] - T_2^2 [1 - \exp(-\Delta t_2/T_2)] \right\} / (T_1 - T_2) + \Delta K / a_\omega, \\ \Delta t_2 = -T_1 \ln \left\{ (T_2/T_1) \exp(-\Delta t_2/T_2) + [(T_1 - T_2)/T_1] \times \right. \\ \left. \left\{ 2 - \left[T_1 \exp(-\Delta t_1/T_1) - T_2 \exp(-\Delta t_1/T_2) \right] / (T_1 - T_2) \right\}^{-1} \right\}. \end{cases} \quad (4)$$

Расчет величин Δt_1 и Δt_2 методом простых итераций производится следующим образом. Вначале задаемся предыдущим значением Δt_1 и с помощью второго выражения вычисляем значение Δt_2 , которое затем подставляется в первое выражение для расчета последующего значения Δt_1 .

В качестве начальных приближений величин Δt_1 и Δt_2 выбираются значения:

$$\Delta t_{1(0)} = \frac{K_2 - K_1}{a_\omega} \quad \text{и} \quad \Delta t_{2(0)} = 0.$$

Для проверки корректности предложенного способа расчета параметров поворота судна была разработана компьютерная программа, которая с помощью системы (4) методом простых итераций вычисляет по приращению курса поворота ΔK и значениям

величин a_{ω} , T_1 и T_2 , характеризующих поворотливость судна, значения интервалов времени Δt_1 , Δt_2 и соответствующие им приращения курса ΔK_1 и ΔK_2 .

В реальных условиях эксплуатации производились натурные наблюдения поворотов т/х «Oxford» и т/х «Sheila Ann», в результате чего были рассчитаны параметры поворотливости обеих судов. Для двух экспериментальных поворотов т/х «Oxford», характеристики которых представлены в первых двух строках табл. 1. и трех - т/х «Sheila Ann», представленных в ее остальных строках, можно сделать вывод о хорошей сходимости экспериментального и расчетного значений угла изменения курса (ΔK_{ex} с ΔK) и длительности поворота (Δt_{ex} с τ).

Таблица 1 – Экспериментальные и расчетные характеристики поворотов судов

ΔK_{ex}	Δt_{ex}	a_{ω}	T_1	T_2	Δt_1	Δt_2	τ	ΔK_1	ΔK_2	ΔK
28	44	0,88	9,61	1,69	37	8	45	24	4	28
35	40	1,28	8,89	1,54	34	8	42	30	5	35
41	238	0,1898	12	4	225	13	238	40	2	42
64	392	0,173	12	4	380	13	393	62	2	64
62	278	0,2422	12	4	265	13	278	60	2	62

Выводы. В докладе приведены аналитические выражения для расчета параметров поворота судна, которые требуют применения характеристик динамической модели поворотливости судна.

В результате натурных наблюдений получена хорошая сходимость экспериментальных и расчетных параметров поворота судов «Oxford» и «Sheila Ann».

ЛИТЕРАТУРА

1. Чапчай Е. П. Экспериментальное исследование моделей поворотливости судна / Е. П. Чапчай // Судовождение: сб. научн. трудов. / ОНМА. – 2006. – № 11. – С. 139-142.
2. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Н. Н. Цымбал, И. А. Бурмака, Е. Е. Тюпиков – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. Стебновский О. В. Формирование переходной траектории поворота судна / О. В. Стебновский // Автоматизация судовых технических средств. – 2010. – № 16. – С.92-95.
4. Вагущенко Л. Л. Судно как объект автоматического управления / Л. Л. Вагущенко – Одесса : ОГМА, 2000. – 140 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКООРДИНАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАДИОЛОКАЦИОННОМ ОБНАРУЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ НА ФОНЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОМЕХ СУДОВЫМИ РАДИОЛОКАТОРАМИ

Князь А.И.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. На радиолокационное обнаружение судовыми РЛС надводных объектов оказывают влияние как гидрометеоры, так и волнение моря. Выполненные исследования указанного влияния на дальность действия судовой РЛС в зависимости от длины волн представлены в работе [1]. Улучшению радиолокационной наблюдаемости объектов на фоне мешающих отражений посвящены работы многих авторов [1, 2, 3, 4, 5], в которых рассмотрены методы улучшения выделяемости полезных сигналов на фоне естественных помех относятся методы селекций движущихся объектов, селекций по длительности импульсов, изменения усиления приемника, декорреляции, отличия частотного спектра полезного сигнала от мешающих сигналов и шумов приемника, повышения разрешающей способности РЛС, поляризационной селекции с использованием электромагнитных волн с круговой и эллиптической поляризации. Однако до настоящего времени указанные методы не смогли обеспечить полное подавление эхо-сигналов от естественных помех в судовых РЛС.

Целью статьи является использование некоординатной информации при радиолокационном наблюдении объектов на фоне естественных помех судовыми РЛС.

Основная часть. Некоординатная информация связана со сведениями об электрофизических параметрах объекта и фона. Это дает возможность исключить на радиолокационном портрете индикатора судовой РЛС информацию о мешающем фоне. Некоординатную информацию об объектах радиолокационного наблюдения можно получить с помощью судового поляриметра, поскольку оцениваемое изменение поляризационного состояния эхо-сигнала непосредственно связано с некоординатными характеристиками объекта.

Современные судовые РЛС должны связывать свой прогресс именно с использованием поляризационной структуры сигналов и получением с их помощью некоординатной информации об объектах наблюдения в отличие от использования поляризации для улучшения энергетических характеристик однопозиционных судовых РЛС.

Априорная информация об объекте радиолокационного наблюдения позволяет укрепить реализацию методов измерения характеристик рассеяния электромагнитной волны на поверхности объекта. Если объект радиолокационного наблюдения судовой РЛС не содержит в своем составе нелинейностей и несингулярностей в виде штырей, плоскостей, поляризационных решеток и др., то при облучении такого объекта волной линейной поляризации в рассеянном сигнале присутствует волна преимущественно той же линейной поляризации, так как в квазиоптической области рассеяния наводимые падающим полем на поверхности «большого и главного» объекта токи воспроизводят векторную структуру вектора электрического поля облучающей волны [6]. Появление ортогональной компоненты в эхо-сигнале относительно линейной компоненты облучаемого поля обусловлено резкими изломами и сингулярностями на поверхности объекта, искривляющими наводимые на нем токи. Если объект имеет плоскость симметрии и волна линейно поляризована в этой плоскости или перпендикулярна к ней, то соответствие поляризационных состояний падающей на объект и отраженной целью становится точным даже при наличии в составе объекта указанных сингулярностей.

Под юрисдикцию псевдосообственной линейной поляризации попадают большинство метеобъектов и большинство малоразмерных объектов, у которых на поверхностях нет ребер и кромок, поэтому у них отсутствуют локальные рассеиватели типа уголковых отражателей. Используя поляризационные параметры электромагнитной волны, можно радиолокационным методом измерить такую характеристику объекта как коэффициент анизотропности. Коэффициент анизотропности позволяет осуществить радиолокационное обнаружение объектов на фоне естественных помех. В докладе приводится радиолокационная методика измерения коэффициента анизотропности морских объектов при присутствии гидрометеорологического фона (морское волнение, облака, осадки).

Выводы:

1. Улучшается радиолокационное наблюдение объектов на фоне естественных помех.
2. Исключается информация о естественном фоне на радиолокационном портрете индикатора судовой РЛС.
3. Коэффициент анизотропности объекта радиолокационного наблюдения не требует нормировки на компенсацию затухания на трассе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснюк Н. П., Розенберг В. И. Корабельная радиолокация и метеорология. – Л. : Судостроение, 1970. – 327 с.
2. Rider G.C., Marconi Re. – v.29, 1966. – p.160. 24.
3. Канарейкин Д. Б., Павлов Н. Ф., Потехин В. А. Поляризация радиолокационных сигналов. – М. : Советское радио, 1966. – 440 с.
4. Скольник М. Введение в технику радиолокационных систем. – М. : Мир, 1965. – 115 с.
5. Авербах Н. В., Гамов А. Г. Радиолокационная гидрометеорология в судовождении. – Морской транспорт, 1962. – 271 с.
6. Поляризация сигналов в сложных транспортных радиоэлектронных комплексах. – Санкт-Петербург, 1994. – 460 с.

РАСЧЁТ ПЕРИОДА КАЧКИ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ

Милетин А.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. В настоящее время размеры современных контейнеровозов значительно увеличились. Конструкции таких судов также были изменены, во избежание такого опасного феномена как параметрическая качка. Это привело в свою очередь к увеличению начальной метацентрической высоты, что вызвало уменьшение периода качки и повышению нагрузок на элементы системы крепления контейнеров.

Актуальность проблемы. Наверное, любой судоводитель хотя бы однажды задавался целью измерить период бортовой качки судна на волнении и определить значение метацентрической высоты исходя из полученных результатов. При этом, как правило используется формула приведенная ниже:

$$T = \frac{2 \cdot C \cdot B}{\sqrt{h}}, \quad (1)$$

где T – период качки в секундах; B – ширина судна в метрах; h – метацентрическая высота в метрах, C – коэффициент рассчитываемый по формуле (2):

$$C = 0,373 + 0,023 \left(\frac{B}{d} \right) - 0,043 \left(\frac{L}{100} \right), \quad (2)$$

где d – это осадка судна в метрах; L – длина судна также в метрах.

К сожалению, приведенная выше эмпирическая формула даёт очень приближённый результат. В частности при использовании этой формулы на современных специализированных судах, как мега контейнеровозы вместимостью 8000- 12000 тэус ошибка может достигать как минимум 50%. То есть вместо расчётного периода качки 12-13 секунд при определённой метацентрической высоте мы можем получить эмпирическое значение 16-18 секунд. И это явление не только может ввести в замешательство судоводителя, предполагая, что где-то допущен грубый просчёт при расчёте остойчивости и определении начальной метацентрической высоты.

Наибольшая проблема в том, что эта же формула заложена при расчёте максимально допустимых нагрузок системы крепления перевозимого груза, т.к. период качки определяет величину углового ускорения $\frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2}$ и как следствие величины инерционных нагрузок на единицу погруженного груза и элементы его крепления.

При планировании загрузки судна определяется фактическая нагрузка на систему крепления контейнеров. Одним из определяющих факторов при расчёте этих нагрузок является период бортовой качки [1]. Ошибка в предварительном расчёте периода качки приводит либо к недогрузу судна, либо может привести к повреждению либо потере контейнеров в условиях штормовой погоды. Использование как можно более точного расчёта периода качки позволяет определить фактическую нагрузку на систему крепления контейнеров в процессе погрузки судна, что в свою очередь повышает безопасность и эффективность морских контейнерных перевозок.

Постановка задачи. Рассмотрение алгоритма программы расчёта фактического периода качки для специализированных типов судов – мега контейнеровозов большой вместимости – 8000 тэусов и более в зависимости от состояния погрузки судна

Результаты исследований. В формуле (1) период качки определяется в зависимости от размеров судна и его осадки. В действительности период качки судна также во многом зависит от такого фактора как радиус инерции судна (radius of gyration)

который в свою очередь зависит от положения груза относительно оси вокруг которой судно осуществляет свою качку. Радиус инерции судна рассчитывается исходя из суммы моментов инерции всех нагрузок судна [2, 3].

Тогда период качки судна с учётом радиуса инерции судна определяется по формуле:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{R^2}{g \cdot h}}, \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения 9.81 м/с^2 ; h – метацентрическая высота (м); R – радиус инерции судна (radius of gyration)

Как видно из приведенной выше формулы (3) опубликованной в [2, 3] период качки прямо пропорционально зависит от радиуса инерции судна и обратно пропорционально зависит от квадратного корня из метацентрической высоты. Т.е. в случае, когда при погрузке судна мы получаем избыточную остойчивость и значение h имеет значение порядка 5-6 метров что весьма характерно для современных мега контейнеровозов и встаёт проблема увеличение периода качки для снижения нагрузок на систему крепления контейнеров. В таком случае гораздо более эффективно и зачастую практически возможно увеличить радиус инерции судна (radius of gyration) нежели пытаться снижать величину начальной метацентрической высоты. Это достаточно просто достигается распределением тяжёлого груза ближе к бортам судно (метод «winging out the weight»). Метод распределения груза достаточно просто и эффективно может реализовываться на борту современных контейнеровозов для увеличения периода качки, а следовательно уменьшения нагрузки на систему крепления контейнеров. Для понимания принципа этого метода достаточно вспомнить аналогию с канатоходцем, идущим по натянутому канату под куполом цирка [3]. Для того чтобы увеличить его так называемый «радиус инерции» он использует длинный шест что позволяет ему увеличить период колебаний и вовремя среагировать в случае опасности.

Выводы. При сегодняшнем уровне развития вычислительной и при наличии правильного и надёжного алгоритма вычисления достаточно просто определить радиус инерции судна, и соответственно фактический период качки, величину углового ускорения и фактическую нагрузку в системах крепления груза при данном состоянии погрузки судна. Перспективность исследования в этом направлении будет способствовать повышению эффективности эксплуатации судов, в частности современных контейнеровозов, а также повысит безопасность морских перевозок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Снопков В. И. Технология перевозки грузов морем. – Санкт Петербург : Мир и семья, 2001. – С. 472-502.
2. D.R. Derret .Ship stability for Masters and mates. Fifth edition revised Dr. C.B. Barras. – Oxford : Butterworth Heinemann, 2001. – P. 290-295.
3. Martin A. Rhodes. Ship stability for Mates. – Glasgo : Seamanship International Ltd, 2003. – 408 p.
4. Бычков Д. В. Усовершенствование и оптимизация системы крепления контейнеров для повышения сохранности груза при перевозке : диссертация на соискание кандидата техн. наук. спец. 05.22.20 «Эксплуатация и ремонт средств транспорта». – Одесса : ОНМА, 2008. – 216 с.

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ФАКТОРОВ ОПАСНОСТІ ДЛЯ ПОСТРОЕННЯ ПРОФИЛЯ РИСКА СУДОВИХ РАБОТ

Парменова Д.Г.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Современный флот непрерывно развивается и вместе с техническим совершенствованием судов постепенно изменяется и характер труда моряков. Новые суда характеризуются увеличением грузоподъемности, скорости, мощности энергетических установок, появлением принципиально новых типов судовых установок, повышением уровня автоматизации процессов управления и контроля за работой энергетической установки, а также автоматизацией процессов судовождения, повышением уровня механизации палубных работ, общим улучшением условий труда и быта экипажа. В таких условиях для выполнения трудовых задач экипаж прилагает меньше физических усилий, так как тяжелые и трудоемкие работы и процессы обслуживания совершают механизмы и системы автоматики. Однако множество работ опасных и неопасных, связанных с обслуживанием и ремонтами на судне, по-прежнему выполняют члены экипажа, что требует от них определенного уровня профессиональной подготовки и соблюдения правил техники безопасности.

Актуальность исследований. Несмотря на развитие флота, количество случаев травматизма и профессиональных заболеваний плавсостава все еще находится на достаточно высоком уровне. Причинами травматизма и роста профзаболеваний среди моряков связано с влиянием на них вредных и опасных производственных факторов, которые могут иметь физическую, химическую, биологическую либо психофизиологическую природу. Для предотвращения влияния этих факторов либо для их минимизации, ведущие международные организации, такие как Международная морская организация (ИМО) и Международная организация труда (МОТ), приняли документы, основными из которых являются Международный кодекс по управлению безопасностью на судах (МКУБ), Кодекс безопасной рабочей практики для моряков торгового флота (МСА), Сводная конвенция МОТ 2006 г. (MLC). Эти документы призваны помочь морякам и их работодателям (судовым компаниям) организовать эффективную систему управления безопасностью труда моряков на борту судна.

В соответствии с этими документами, для эффективного осуществления профилактики и предупреждения производственного травматизма и профзаболеваний проводится процедура оценки риска на рабочем месте. По определению, риск - это совокупность вероятности вреда, который может быть нанесен при возникновении опасности, и возможной тяжести последствий этого вреда. Общей целью оценки рисков является повышение уровня безопасности труда и состоит она во всеобъемлющем и систематическом выявлении опасностей и определении величины рисков.

Постановка задачи. В последние годы роль и значение оценки и управления рисками для судоходных компаний постоянно возрастает, поскольку является мощным инструментом снижения потерь и повышения эффективности труда моряков.

Существуют два основных принципа, которых нужно придерживаться при оценке риска:

1. Должны быть учтены ВСЕ факторы риска и возможные угрозы.
2. После выявления риска, необходимо определить, можно ли избавиться от него полностью. Если нет, то необходимо оценить его возможные последствия.

Для реализации первого принципа должен быть составлен «профиль факторов опасности» или другими словами «профиль рисков».

Профиль рисков –□ это документ, в котором отражаются все риски, возникающие или, которые могут возникнуть на рабочем месте. Вне зависимости от того, какие риски

мы рассматриваем, полноценное управление ими возможно только тогда, когда мы управляем одновременно всеми рисками.

При составлении профиля риска необходимо дать ответы на следующие вопросы:

- **Какие** факторы опасности присутствуют при выполнении данного вида работ?
- **Что** является причинами этих факторов опасности?
- **В каких случаях** работники могут подвергнуться опасности?

Составление профиля рисков является начальным и самым важным этапом оценки рисков, который учитывает все недостатки в организации охраны труда.

Для сбора полной и точной информации о факторах опасности необходимо основываться на следующих источниках:

- информация об используемом оборудовании, местах и условиях проведения работ;
- изучение существующих судовых инструкций или правил техники безопасности для данного вида работ;
- изучение статистических данных по несчастным случаям, которые имели место при выполнении данного вида работ;
- сбор информации у моряков, которые были задействованы в анализируемых видах работ.

Результаты исследований. Результатом составления профиля рисков является то, что для каждого выявленного риска, определены мероприятия, которые необходимо провести для того, чтобы реализация этого риска не привела к ущербу для жизни и здоровья работника. Проведение анализа опасностей, сбор информации о рисках на судах, а также систематизация этих рисков позволяет обеспечить качественное управление безопасностью труда на судах, которое включает планирование превентивных мероприятий, их внедрение, контроль за выполнением этих мероприятий и их эффективностью, а также их доработку в случае выявления недостатков либо в случае изменений условий труда.

Выводы. Знание и понимание моряками причин и последствий несчастных случаев, а также место и роль выполняемых работ в функционировании судна, оказывает влияние на поведение человека при выполнении работ, что позволяет достичь повышение уровня личной безопасности и безопасности судна в целом. Создание профиля риска, его анализ и использование методик оценки риска для различных видов судовых работ при изучении вопросов охраны труда позволит развить у курсантов и студентов осознание опасности и приобрести навыки по организации и контролю безопасной работы на судах в соответствии с требованиями Конвенции ПДНВ 78/95 с поправками 2010 года.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Приходько Е.А.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Эффективность производственной и охранной деятельности зависит от качества управления и организации, начиная с этапа первичной оценки возможных рисков. Риски – вероятность развития неблагоприятных факторов и, с точки зрения математического анализа, представляют собой прогностическую модель. Такая модель может давать достоверный прогноз лишь в случае, когда учтены максимально факторы, прямо или опосредовано влияющие на конкретную деятельность. В основе комплекса факторов для любой хозяйственной деятельности лежат экономические показатели, состояние природных ресурсов, социальные условия, правовые лимиты и другие специфические параметры для каждой задачи. Эти факторы, по результатам деятельности предприятия, характеризуют его как эффективное и безопасное. При планировании учет факторов риска позволяет минимизировать потери и ущербы для любой хозяйственной деятельности.

Прогнозирование перспектив развития деятельности возможно только при условии наличия полной, достоверной и объективной информации о деятельности. Мониторинг факторов риска и интродукция в динамические модели прогнозирования результатов деятельности – значительно расширяет круг параметров, влияющих на все аспекты жизнедеятельности, и при этом упрощает определение методов оптимизации хозяйственных и социальных задач.

Актуальность исследований. Опыт развитых стран свидетельствует, что именно метод оценки риска деятельности, позволяет предвидеть и внедрять эффективные предупредительные меры по минимизации вероятности возникновения возможных опасностей. По данным оценок экспертов, его внедрение позволяет за счет эффективных мер в 7–10 раз сократить затраты на разработку и создание безопасных систем. Затраты определяются соотношением весовых коэффициентов по каждому направлению. Для их определения необходим специальный анализ конкретных данных и условий. В основе экономической составляющей управления риском лежит методика сравнения затрат и получаемых выгод от снижения риска.

Для прогностических моделей развития риска могут применяться условные критерии, которые позволяют выявить тенденции формирования факторов риска и сфокусировать предметный интерес на конкретные источники. Применение метода оценки риска – может сделать прозрачной схему вынесения решения по реализации деятельности и снять социальное напряжение во взаимодействиях управления и выполнения действия.

Управление риском – это процесс принятия решений и осуществление мер, направленных на обеспечение минимально возможного риска. Цель управления риском – своевременное предвидение (прогнозирование) риска, выявление факторов, что влияют на ситуацию, применение соответствующих мер по минимизации их влияния. А при условии вынесения решения о невозможности выполнения действия – может приблизить альтернативные варианты более приемлемых решений ситуации.

Постановка задачи. Разработка методов управления риском и, в конечном итоге безопасностью жизнедеятельности, основана на систематизации факторов, формирующих условия любой деятельности. Систематизация определяет необходимые и достаточные элементы системы безопасности, также возможности мониторинга динамических изменений состояний системы при изменении условий. Реализация системного подхода к прогнозированию рисков и решения комплексных задач, на разных уровнях от микро- до

макросистем, лимитирована доступом к достоверным данным о ее состоянии. Создание банков данных в условиях предприятия, отрасли, региона и т.д., дают возможность для прогнозирования рисков любого свойства.

Возможности применения метода оценки риска в таких областях как производственная и экологическая безопасность могут послужить консолидации финансовой и производственной части бизнеса. Этот метод делает возможность определение финансовых рисков для краткосрочных и долгосрочных проектов в микро и макросистемах. Помогает проявить области рисков для проработки эффективных методов нейтрализации. Делает прозрачным контроль за финансовыми потоками, направленными на развитие хозяйственной деятельности и позволяет максимально приблизиться к достоверной информации об объекте исследования.

Важнейшей тенденцией в области управления рисками становится конвергенция – встречное движение изначально «разделенных» финансовых математиков – специалистов по актуарной (страховой) математике и инженеров – для совместного развития количественных методов управления рисками, что особенно важно для риск-менеджмента в реальном секторе экономики.

Систематические и индивидуальный риски (беты и альфа) в составе вариативности могут быть выделены с помощью регрессионного анализа. При оценке рисков, как правило, используются матрицы миграций рейтингов (уровней) опасности, включая частоты инцидентов, уровни восстановления и величину потерь в случае инцидента, комплексные опасности, расстояние до точки инцидента и т.п.

Риск-аудит может проводиться внутренними и внешними оценщиками. По его итогам оценка риска может быть выражена в виде рейтинга. Ключевые показатели риска (KRI) – это показатели, характеризующие концентрацию рисков, в том числе накопившиеся негативные события в процессах (по видам работ) и т.п. Например, отклонение (невыполнение) технологического плана работ по тем или иным целевым показателям деятельности (KPI) может служить в качестве KRI. Или количество (либо доля в общей массе событий) отказов, аварий, задержек, несчастных случаев, производственного брака, судебных исков, негативных публикаций в прессе и пр. за период. Иногда это и контроли рисков (например, количество нарушений во время проведения операций).

Самая большая сложность в применении математических методов оценки рисков – получение исходных данных для расчетов – статистических, исторических (для определения вероятности). Какой бы совершенный метод оценки не применялся, как известно, если загрузить недостоверные данные на входе – на выходе, погрешность сведет на нет смысл прогноза. Сбор отраслевой статистики затруднен инфантильной позицией участников сбора «полевой» информации. И статистика по этим видам риска сложно сопоставима и требует сложных интерполяций. Трудности в применении количественных методов анализа риска связаны с недостатками развития теории и практики риск-менеджмента. Слабо развит математический аппарат, предназначенный для выявления связей, корреляции и, следовательно, диверсификации профиля риска. За исключением корреляции и коинтеграции, сфера применимости которых весьма ограничена, остальные меры зависимости нелинейно связанных величин либо не разработаны, либо малоизвестны.

Риск-менеджмент основывается лишь на современных концепциях. Например, гипотетически модель реальных опционов могла бы в будущем вытеснить из практики общепринятую сейчас концепцию оптимизации риска. Господствующая в наши дни необернуллианская школа практически ориентируется на дисперсию как показатель изменчивости факторов риска. Этот подход неявно подразумевает ориентацию на ожидаемое значение квадратичной функции полезности фон Неймана – Моргенштерна, тогда как парадокс Мориса Алле показал, что подобные теории не описывают полноценно предпочтения по риску. Иначе говоря, сегодня почти весь риск-менеджмент построен на

дисперсии, а этот показатель не отражает реальных предпосылок к формированию риска, является лишь очень грубой их моделью.

Результаты исследований. Нашей задачей является выстроить модель с более детальной проработкой параметров производственной среды и более ориентированную на безопасность условий пребывания в ней категории сектора работающих (по параметрам современных условий).

Подготовка методов оценки безопасности при помощи математической модели должна учитывать оценочные характеристики риска отказа технологического оборудования, как например, судовых энергетических установок, других судовых устройств и целостности корпуса судна, что является важным элементом регулирования безопасности судоходства. Кроме технических элементов в комплексе факторов риска должны учитываться характеристики социальной составляющей производственной среды и внешние условия.

Работа над построением модели оценки безопасности судна как транспортного средства, включает в себя количественные оценки безопасности. Учитывается, что судно эксплуатируется согласно требованиям квалификационных обществ и соблюдения всех международных нормативно-правовых актов.

Решение поставленной задачи по оценке безопасности направлено на повышение надежности судна как транспортного средства с определенными показателями – безопасностью и безаварийностью. Для обеспечения всестороннего анализа факторов риска модель расширена характеристиками психофизиологических показателей персонала и условиями внешних факторов окружающей среды.

Выводы. Для оценки безопасности судна важным является оценка отказов отдельных элементов. Вариантность отказов элементов системы зависит от конкретных условий. Последствия, к которым приводят отказы, характеризуются величиной убытка, который можно выразить в денежном эквиваленте. Таким образом, все отказы, с точки зрения опасности, условно характеризуются показателями определяющими надежность, и убытками, последствий, которые вызваны этими отказами. В качестве критериев риска отказов, рассматриваются результирующие, таки как нанесение ущербов, травмы, заболеваемость и т.д.

РАСХОЖДЕНИЕ СУДОВ С ПОМОЩЬЮ МАНЕВРА ИЗМЕНЕНИЯ КУРСА

Пятаков Э.Н.

Херсонский филиал Одесского морского тренажерного центра
(Украина, г. Херсон)

Вступление. Число столкновений судов в настоящее время остается на недопустимо высоком уровне. Снижение аварийности по указанной причине требует разработки корректных практических рекомендаций судоводителям. Причем актуальной проблемой является усовершенствование Международных правил предупреждения столкновений судов (МППСС-72) [1-5]. Ограниченность МППСС-72, как показано в работе [4], иногда ведут к столкновению судов.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Работы [6-9] посвящены принципам создания систем бинарной координации с оценкой их качества. Возможный вариант системы, содержащей два иерархических уровня, рассмотрен в работах [6,7], причем описание первого уровня приведено в публикации [7], а формализация второго уровня рассмотрена в статье [8]. Вопросу определения угрозы ситуационного возмущения при опасном сближении судов посвящена работа [9]. Совершенствование МППСС-72 предусматривает согласованность взаимодействия судов в ситуации опасного сближения, чему посвящена настоящая публикация.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данной работы является разработка процедуры оценки эффективности маневра расхождения судов изменением курса с предложением практических рекомендаций, направленных на повышение безопасности расхождения судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. При опасном сближении требуется координация взаимодействия сближающихся судов для изменения относительного курса K_{ot} с целью увеличения дистанции кратчайшего сближения $\min l$.

Знак выражения $q = \text{sign}[\sin(K_{ot} - \alpha)]$, указывает в какую сторону необходимо изменять относительный курс K_{ot} для увеличения дистанции кратчайшего сближения $\min l$.

Очевидно, что в случае, если $q > 0$, т. е. $\sin(K_{ot} - \alpha) > 0$ необходимо увеличивать относительный курс K_{ot} , в противном случае ($q < 0$) его следует уменьшать.

Рассмотрим ситуацию опасного сближения двух судов c_1 и c_2 , причем скорость V_1 судна c_1 превосходит скорость V_2 судна c_2 . Исследуем возможность расхождения судов изменением курса одного из них при неизменных параметрах движения второго судна. В этом случае возможны следующие два маневра: $m_{2,1}$, при котором судно c_1 изменяет курс K_1 , а судно c_2 сохраняет неизменные параметры движения и $m_{1,2}$, когда судно c_1 сохраняет неизменными курс и скорость, а судно c_2 изменяет курс K_2 . Эффективность этих маневров определяется возможностью увеличения дистанции кратчайшего сближения $\min l$, т.е. скоростью изменения относительного курса судов K_{ot} . Очевидно, что эффективность $Ef_{2,1}$ маневра $m_{2,1}$ определяется скоростью изменения относительного курса при увеличении курса первого судна, т.е. $Ef_{2,1} = \frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$. В работе [10] было

получено выражение первой производной относительного курса K_{ot} по истинному курсу K_1 , которое имеет следующий вид:

$$Ef_{2,1} = \frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1} = \frac{V_1(V_1 - V_2 \cos \Delta K)}{V_1^2 + V_2^2 - 2 V_1 V_2 \cos \Delta K},$$

где V_1, V_2 – скорости судов; ΔK – разность курсов судов.

Анализ полученного выражения показывает, что максимальное и минимальные значения $\frac{\partial K_{ot}}{\partial K_1}$ достигаются соответственно при $\Delta K = 0$ и $\Delta K = 180$.

На рис. 1 показана зависимость эффективности $Ef_{2,1}$ маневра $m_{2,1}$ от начальной разности курсов ΔK . Из рисунка следует, что маневр $m_{2,1}$ при угрозе столкновения может использоваться для всех ситуаций, т.е. при $\Delta K \in [0, 2\pi]$, причем сторона уклонения судна C_1 определяется знаком q .

Исследуем эффективность $Ef_{1,2}$ маневра $m_{1,2}$, (изменение курса K_2 судном c_2), от разности курсов ΔK . В этом случае:

$$Ef_{1,2} = \frac{\partial K_{ot}}{\partial K_2} = \frac{V_2(V_2 - V_1 \cos \Delta K)}{V_1^2 + V_2^2 - 2 V_1 V_2 \cos \Delta K}.$$

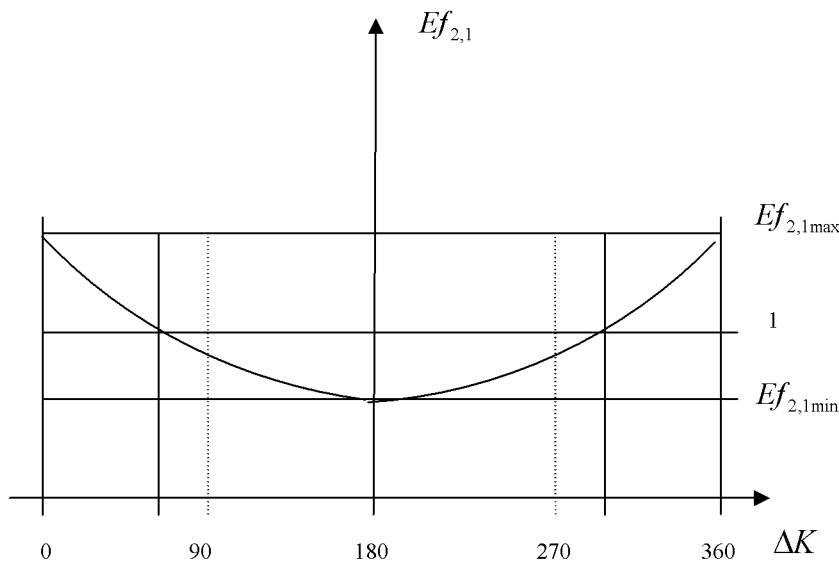
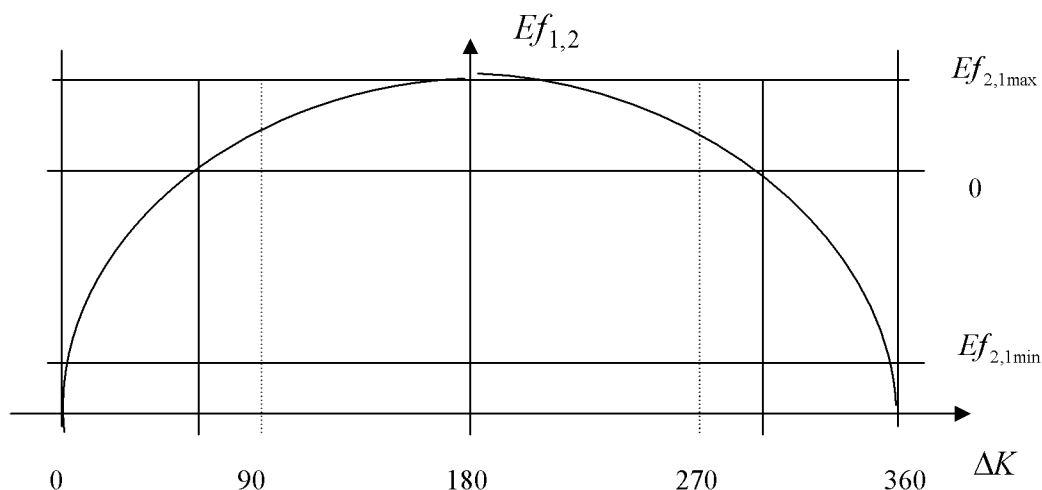


Рисунок 1. Зависимость эффективности $Ef_{2,1}$ от разности курсов ΔK

Зависимость эффективности $Ef_{1,2}$ маневра $m_{1,2}$ от начальной разности курсов ΔK , показана на рис. 2.

Рисунок 2 – Зависимость эффективности $Ef_{1,2}$ от разности курсов ΔK

Следовательно, маневр $m_{1,2}$ целесообразно использовать при $q > 0$ на участке ΔK с положительной эффективностью $Ef_{1,2}$, т.е. когда выполняется условие $\Delta K \in [\arccos \rho, 2\pi - \arccos \rho]$ (через $\Delta K = 180$).

Маневр $m_{1,2}$ целесообразно использовать при $q < 0$ на участке ΔK с $Ef_{1,2} < 0$, т.е. когда выполняется условие $\Delta K \in [2\pi - \arccos \rho, \arccos \rho]$ (через нулевое значение).

Выводы. Таким образом, в случае угрозы столкновения и возможностью маневрирования судов курсом установлено следующее. Если начальная опасная ситуация характеризуется таким соотношением пеленга и начального относительного курса, что $q = 1$, то, независимо от ситуации (значения ΔK) наибольший приоритет имеет маневр $m_{2,1}$, т.е. увеличение курса K_1 первого судна c_1 , обладающего большей скоростью, при сохранении неизменными курса и скорости второго судна c_2 . Корректно также применение маневра $m_{1,2}$ в диапазоне значений разности курсов $\Delta K \in [\arccos \rho, 2\pi - \arccos \rho]$, т.е. увеличение курса K_2 судном c_2 при неизменных параметрах движения первого судна c_1 . Если ΔK не принадлежит указанному диапазону, что выражается соотношением $\Delta K \in [2\pi - \arccos \rho, \arccos \rho]$, то корректно применение маневра уменьшения курса K_2 судном c_2 при сохранении постоянных параметров движения первого судна c_1 .

В случае начальной ситуации, когда $q = -1$ независимо от значения ΔK наибольший приоритет имеет маневр уменьшения курса K_1 первого судна c_1 при сохранении курса и скорости вторым судном c_2 . Также возможно применение маневра $m_{1,2}$ в диапазоне значений разности курсов $\Delta K \in [2\pi - \arccos \rho, \arccos \rho]$, т.е. увеличение курса K_2 судном c_2 при неизменных параметрах движения первого судна c_1 . Если же ΔK принадлежит диапазону $\Delta K \in [\arccos \rho, 2\pi - \arccos \rho]$, то можно применить маневр уменьшения курса K_2 судном c_2 при сохранении параметров движения судна c_1 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Cockroft A. N. Enige gezichtspunten t. a. v. de bepalingen ter voorkoming van aanvazing op Zee / Cockroft A. N. // Nautisch en technisch tijdschrift Zee. – 1981. – 10, № 10. – P. 238-241.

2. Corlet A. G. Automation of collision avoidance at sea with special reference to the international regulations for preventing collisions at sea // Ship. Operat. Automat. – Amsterdam-Oxford. – 1975. – P. 93-100.
3. Hinsch Werner. A new larboard helm rule for powerdriven vessels / Hinsch Werner. // The Journal of Navigation. – 1980. – 33, № 3. – P. 403-407.
4. Сафин И. В. Анализ результатов имитационного моделирования процесса расхождения судов/ Сафин И. В. // Судовождение. – 2003. – № 6. – С. 122-129.
5. Cannell W. P. Collision avoidance as a game of coordination / Cannell W. P. // The Journal of Navigation. – 1981. – 34, № 2. – P. 220-239.
6. Заичко С. И. Управление взаимодействием судов в ситуации опасного сближения / Заичко С. И., Пятаков Э. Н. // Судовождение. – 2006. – № 11. – С. 56-60.
7. Заичко С. И. Возможности синтеза системы формирования стратегий расхождения группы судов / Заичко С. И., Пятаков Э. Н. // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 63-66.
8. Пятаков Э. Н. Требование к процедуре формирования второго уровня иерархической системы управления взаимодействием судов / Пятаков Э. Н. // Судовождение. – 2007. – № 13. – С. 145-148.
9. Пятаков Э. Н. Определение угрозы ситуационного возмущения при опасном сближении судов / Пятаков Э. Н., Заичко С. И. // Судовождение : сб. научн. трудов. / ОНМА, Вып. 19. – Одесса : Латстар, 2011.
10. Пятаков Э. Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Пятаков Э. Н., Заичко С. И. // Судовождение : сб. научн. трудов. / ОНМА. – Вып.15. – Одесса: ИздатИнформ, 2008. – С. 166-171.

ВОСПЛАМЕНЕНИЕ, ЗАЖИГАНИЕ, ГОРЕНИЕ И САМОПРОИЗВОЛЬНОЕ ПОГАСАНИЕ УГЛЕРОДНОЙ ЧАСТИЦЫ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ

Селиванов С.Е., Тригуб С.Н.

Херсонская государственная морская академия
(Украина),

Калинчак В.В., Черненко А.С., Кузьмин А.А.

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова
(Украина)

Введение. Данная работа является продолжением исследований, начатых в работе [1], и посвящена малоизученному вопросу о механизмах воспламенения, зажигания, горения и самопроизвольного погасания углеродной частицы с учетом стефановского течения и внутрипористого реагирования при различных мощностях поглощенного теплового излучения и размерах частицы.

Именно поглощённое тепловое излучение и определяет критические диаметры самовоспламенения и зажигания углеродных частиц, выше которых в воздухе комнатной температуры происходит их квазистационарное горение, а затем самопроизвольное погасание [2].

Постановка задачи. Диаметр и плотность пористой углеродной частицы (сажи) уменьшаются с течением времени за счёт параллельных экзотермических реакций на внешней поверхности частицы и в результате реагирования внутри неё на поверхности пор [1].

Увеличение температуры пористой углеродной частицы за единицу времени определяется тепловыделением в результате протекания химических реакций и поглощённым тепловым излучением. При этом стационарный низкотемпературный или высокотемпературный режим осуществляется в результате теплообмена частицы молекулярно-конвективным путём с холодным газом и излучением со стенками реакционной установки.

Цель работы: провести анализ влияния мощности поглощённого теплового излучения на температуру горения, диаметры воспламенения и погасания.

Результаты исследований. Рассмотрим одиночную пористую углеродную частицу, которая поглощает тепловое излучение (расчеты проводились для частицы сажи).

Горение и критические условия воспламенения, зажигания и погасания удобно анализировать с помощью зависимостей диаметра и мощности поглощённого теплового излучения от стационарной температуры частицы.

Зависимость диаметра d углеродной частицы от стационарной температуры с учетом стефановского течения и внутрипористого реагирования представим в виде

$$d = \frac{\lambda_g Nu \cdot q_{ch,k} \left(\sqrt{A^2 + A_g A_w} - A \right)}{c_g \rho_g \left(q_{h,ads} - \varepsilon \sigma (T^4 - T_w^4) \right) (k_1 + k_2 + k_v + U_{sk})}, \quad (1)$$

где Nu – число Нуссельта ($Nu = 2$); λ_g – коэффициент теплопроводности газа; c_g – удельная теплоемкость газа; ε – коэффициент черноты частицы; ρ_g – плотность газа у поверхности частицы; σ – постоянная Стефана-Больцмана.

$q_{ch,k} = (Q_1 k_1 + Q_2 k_2) \left(1 + \frac{k_v}{k_1 + k_2} \right) \rho_{gs} C_{O_2^{co}}$, Q_1 , Q_2 – тепловые эффекты химических реакций (I) и (II), рассчитанные на единицу массы кислорода; k_1 , k_2 – константы химических

реакций (I) и (II): $k_1 = k_{01} \exp\left(-\frac{E_1}{RT}\right)$, $k_2 = k_{02} \exp\left(-\frac{E_2}{RT}\right)$; k_v – константа внутреннего реагирования: $k_v \approx \sqrt{F_v D_v (k_1 + k_2)}$, где F_v – удельная поверхность пор, D_v – коэффициент внутренней диффузии кислорода внутри пор; $C_{O_2\infty}$ – относительная массовая концентрация кислорода в газе на удалении от частицы; $A = \frac{1}{2}(1 - A_g + A_w - A_{st})$;

$$A_g = \frac{c_g \rho_{gs} (k_1 + k_2 + k_v + U_{sk})(T - T_g)}{q_{ch,k}}; U_{sk} - \text{скорость стефановского течения на поверхности}$$

углеродной частицы при протекании химических реакций в кинетической области:

$$U_{sk} = \frac{M_c}{M_{O_2}} (k_1 + 2k_2) \left(1 + \frac{k_v}{k_1 + k_2}\right) C_{O_2\infty}, \quad T_g - \text{температура окружающего газа;}$$

$$A_w = \frac{q_{h,ads} - \varepsilon \sigma (T^4 - T_w^4)}{q_{ch,k}}, \quad T_w - \text{температура стенок, } q_{h,ads} - \text{поглощенное тепловое}$$

излучение: $q_{h,ads} = \frac{1}{4} K_\alpha I$, множитель 1/4 является отношением площади миделевого сечения к общей поверхности частицы, K_α – коэффициент поглощения теплового излучения, I – интенсивность излучения; $A_{st} = \frac{U_{sk} \rho_{gs} c_g T_*}{q_{ch,k}}$, c_g – удельная теплоемкость

газа; $T_* = \frac{1}{2}(T + T_g)$. Плотность газа ρ_{gs} у поверхности частицы запишем, как $\rho_{gs} = \rho_{g0} \frac{T_0}{T}$.

Из формулы (1) видно, что с увеличением диаметра частицы температура высокотемпературного окисления стремится к эффективной температуре

$$T_{eff} = \sqrt[4]{\varepsilon \sigma T_w^4 + q_{h,ads}}.$$

Представим зависимость диаметра частицы от температуры (рис.1). Считаем, что стационарная температура частицы в воздухе $T_g = T_w = 293$ К, $C_{O_2\infty} = 0,23$.

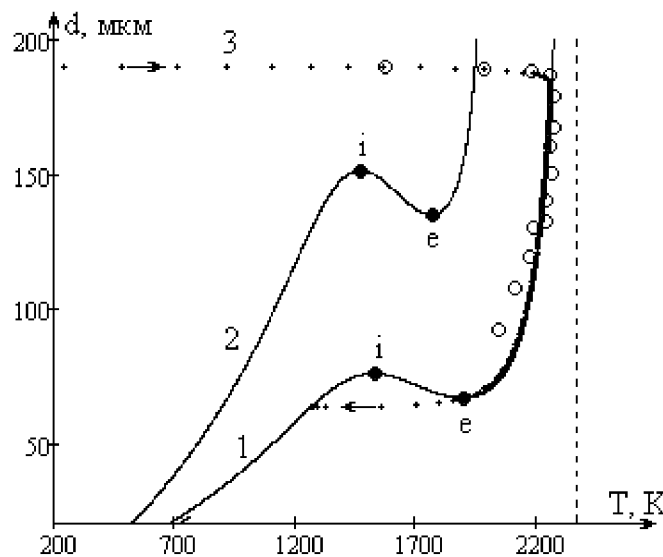


Рисунок 1 – Зависимости диаметра частицы от температуры

На полученном рис. 1, сплошная кривая 1 соответствует значениям: $q_{h,ads} = 1.4 \cdot 10^6$ Вт/м²: $d_i = 76$ мкм, $T_i = 1560$ К; $d_e = 67$ мкм, $T_e = 1840$ К; сплошная кривая 2 – $q_{h,ads} = 0,7 \cdot 10^6$ Вт/м², $d_i = 151$ мкм, $T_i = 1485$ К; $d_e = 134$ мкм, $T_e = 1700$ К; пунктирная кривая 3 – фазовая зависимость, получена из решения системы нестационарных уравнений (2) и (4) в работе [1], при $q_{h,ads} = 1.4 \cdot 10^6$ Вт/м², $d_b = 190$ мкм. Точки **o** это эксперимент Букатого и Суторихина [3], при $I = 1.6 \cdot 10^7$ Вт/м², $K_\alpha = 0.35$, $q_{h,ads} = K_\alpha I / 4$.

Таким образом, на рис.1 представлены кривые $d(T)$ при двух поглощённых мощностях. Точка **i** характеризует диаметр и температуру самовоспламенения (d_i, T_i). Точка **e** характеризует диаметр и температуру погасания (d_e, T_e). Кривая, соединяющая точки **i** и **e** определяет зависимость диаметра зажигания от начальной температуры частицы. В интервале (T_i, T_e) с увеличением начальной температуры углеродной частицы уменьшается диаметр зажигания, потому что при большей начальной температуре можно уменьшить диаметр частицы, при котором произойдет ее зажигание. Сравнение нестационарных и стационарных зависимостей диаметра частицы от ее температуры даёт возможность для заданной интенсивности теплового излучения объяснить и определить критическое значение диаметра при самопроизвольном воспламенении и погасании частицы, которое соответствует максимуму и минимуму на зависимости (1). Самовоспламенение углеродной частицы при данных условиях возможно при диаметре частицы $d > d_i$. Точка **e** на стационарной зависимости служит для определения диаметра и температуры частицы при ее самопроизвольном погасании.

Уменьшение диаметра и плотности частицы в процессе горения приводит к медленному падению квазистационарной температуры горения. С уменьшением диаметра углеродной частицы возрастает молекулярно-конвективный теплообмен единицы поверхности за счет увеличения коэффициента теплообмена. При этом химическое тепловыделение за счет увеличения коэффициента массопереноса кислорода к единице поверхности частицы возрастает в меньшей степени.

На рис. 2 представлена зависимость мощности поглощённого теплового излучения от температуры частицы (рис.2). Считаем, что стационарная температуры частицы в воздухе $T_g = T_w = 293$ К, $C_{O_2\infty} = 0,23$.

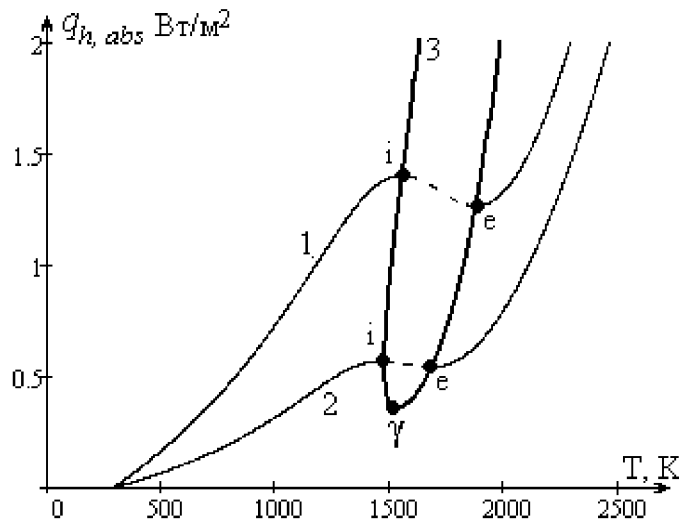


Рисунок 2 – Зависимость мощности поглощённого теплового излучения от температуры

На рис. 2 кривая 1 соответствует $d = 76$ мкм, кривая 2 – $d = 190$ мкм, точка **i** – воспламенение – погасание, кривая 3 сплошная кривая – геометрическое место точек воспламенения и погасания – спинопаль (спинопаль – линия или поверхность на фазовой диаграмме, которая отделяет область метастабильных состояний (фаз) от лабильных, то

есть абсолютно неустойчивых, неустойчивая фаза самопроизвольно распадается на устойчивые. Это – необратимый процесс, который определяется локальными флуктуациями концентраций компонентов смеси).

Для выбранного диаметра частицы температура горения практически линейно возрастает с увеличением мощности поглощенного излучения. Чем меньше начальный размер частицы, тем, естественно, при большем значении $q_{h, abs}$ возможно воспламенить частицу по причине возрастания теплоотдачи к холодному газу. Диаметр, соответствующий вырождению критических условий воспламенения и погасания, равен 330 мкм. Это говорит (рис. 2) о слабом влиянии размера частицы на критическое значение мощности поглощенного теплового излучения вблизи условий вырождения.

Для анализа влияния мощности поглощенного теплового излучения на температуру горения и для определения мощностей воспламенения и погасания представим зависимость поглощенного теплового излучения от стационарной температуры частицы в виде:

$$q_{h, abs} = \varepsilon\sigma(T^4 - T_w^4) + \frac{\lambda_g Nu}{d}(T - T_g) + U_s \rho_{gs} c_g T_* - (Q_1 k_1 + Q_2 k_2) \left(1 + \frac{k_v}{k_1 + k_2}\right) \rho_{gs} Z_{O_2\infty}. \quad (2)$$

Уменьшение мощности поглощенного излучения существенно отражается на температурах горения. Так ее уменьшение в два раза дает понижение температуры горения около 300 К. Понижается и температура низкотемпературного окисления (часть кривой, левее точки *i*). При этом происходит возрастание минимального размера частицы, при котором она может самопроизвольно воспламениться, а также диаметра погасания. Различие между ними с уменьшением поглощенного излучения уменьшается. В итоге при некотором значении поглощенного теплового излучения $q_{h, ads}$ происходит вырождение критических условий (рис.2, точка γ).

Выводы. Поглощение теплового излучения способно привести к устойчивому горению углеродной частицы в паровоздушной смеси ЛВЖ комнатной температуры, содержащей кислород. Использование зависимостей диаметра частицы и мощности поглощенного теплового излучения от стационарной температуры частицы удобно для прогнозирования устойчивых режимов горения, а также критических условий самопроизвольного воспламенения и погасания углеродных частиц.

ЛИТЕРАТУРА

1. Калинчак В. В., Селиванов С. Е., Тригуб С. Н., Черненко А. С. Влияние поглощенного теплового излучения углеродной частицы на пожарную опасность в рабочей зоне судна // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – 2013. – №2. – С. 102-110.
2. Калинчак В. В., Черненко А. С. Горение и самопроизвольное погасание пористых углеродных частиц в азотно-кислородных смесях комнатной температуры // Физика горения и взрыва. – 2013. – Т. 49, № 2. – С. 80-88.
3. Букатый В. И., Суторихин И. А. Высокотемпературное горение углеродных частиц в поле интенсивного лазерного излучения // Физика горения и взрыва. – 1988. – Т. 24, № 3. – С. 9-11.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СУДОВОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ ТОЧНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ В ОТКРЫТОМ МОРЕ

Спешилов В.М., Степкова В.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Актуальность исследования. В практике судовождения плавание по ортодромии осуществляют с помощью дуги большого круга земного шара. Плавание по более короткой геодезической линии на земном эллипсоиде не практикуют по многим причинам и прежде всего потому, что выигрыш в расстоянии при плавании по геодезической линии в сравнении с плаванием по дуге большого круга не превышает 15-ти морских миль на каждую тысячу миль пути судна. Поэтому до появления высокоточных спутниковых радионавигационных систем (СРНС) большая погрешность счисления пути судна на трансокеанском участке перехода сводила на нет преимущества геодезической линии и поэтому исследования по вычислению этой линии не велись. С появлением интегрированных навигационных систем ходового мостика, сопряженных с высокоточной СРНС, позволили производить автоматическую проводку судна по геодезической линии с точностью до 100 метров и поэтому появилась реальная возможность использования преимуществ геодезической линии с целью снижения потерь ходового времени.

Постановка задачи. Разработать способы вычисления геодезической линии на земном эллипсоиде.

Изложение основного материала. Принцип автоматической проводки судна по заданной траектории основан на автоматическом определении текущих маршрутных координат – бокового отклонения судна от заданной траектории и текущего расстояния до очередной точки поворота, по которым производится автоматическая коррекция курса судна с целью возврата этого судна на заданную траекторию движения. Основным источником информации по определению маршрутных координат судна является СРНС, которая согласно Резолюции А.953 (23) ИМО 2003 года при плавании в прибрежной зоне должна обеспечивать девяносто пяти процентную радиальную погрешность обсервованного места судна не более 10-ти метров, а при плавании в открытом море – не более 100 метров. При этом автоматическое обновление обсервованного места на электронной карте не должно превышать двух секунд, что обеспечивает высокую точность судовождения на трансокеанском участке маршрута перехода по наиболее короткому пути, которым является геодезическая линия на поверхности земного эллипсоида.

В учебной литературе для морских ВУЗов понятие о геодезической линии на земном эллипсоиде впервые рассмотрено в 1961 году капитаном 1 ранга Попеко Г.П. в курсе кораблевождения Том 1 – «Навигация». В то время плавание по геодезической линии земного эллипсоида не получило практического применения из-за больших погрешностей (более трех м. миль) определения места судна астрономическим способом (по высотам светил), которое было единственным способом обсервации на больших удалениях от берега. Поэтому погрешность счисления пути судна на трансокеанском переходе была соизмерима с разницей между длиной дуги большого круга на земном шаре и длиной геодезической линии на земном эллипсоиде. С тех пор к понятию геодезической линии в учебной литературе для морских ВУЗов не возвращались, а в программное обеспечение современных судовых электронных картографических систем (ЭКС) по решению навигационных задач основано на плоской и сферической тригонометрии без учета сфероидичности Земли. И лишь в 1975 году в Мореходных Таблицах, разработанных Главным управлением навигации и океанографии Министерства

обороны СССР (МТ-75 ГУНиО МО СССР) изложены способы вычисления длины и координат маршрутных точек геодезической линии на земном эллипсоиде с применением ортодромических поправок расстояния и направления, которые выбираются из Таблиц.

В Мореходных Таблицах ГУНиО МО РФ 2000 года (МТ-2000 ГУНиО МО РФ) о геодезической линии на земном эллипсоиде уже не упоминается, так как табличный способ определения поправок для вычисления этой геодезической линии делает невозможным использование программируемых электронно-вычислительных систем для планирования плавания по геодезической линии на земном эллипсоиде.

Использование высокоточных СРНС в качестве источника информации для автоматического удержания судна на заданной траектории – плавание по геодезической линии на земном эллипсоиде в сравнении с плаванием по дуге большого круга на земном шаре дает снижение потерь ходового времени на 1%, что позволяет уменьшить расход топлива на 3%. В условиях стабильно растущих цен на энергоносители – такая экономия топлива дает возможность повысить рентабельность морского судоходства без существенных затрат производственных ресурсов и мощностей.

Вычисление длины и координат геодезической линии на земном эллипсоиде производится с помощью известных формул плоской и сферической тригонометрии, которые применяются для вычисления дуги большого круга на земном шаре с той только разницей, что исходными аргументами этих формул являются не заданные географические координаты начальной и конечной точек трансокеанского пути судна, а приведенные сферические координаты этих точек.

Собственно необходимо привести к сферической широте только географическую широту начальной и конечной точек, чтобы полученная в результате вычисления дуга большого круга по форме и длине была наиболее близка геодезической линии между этими точками на земном эллипсоиде. Суть приведения географической широты начальной и конечной точек к сферической широте показана на рисунке 1, на котором земной эллипсоид совмещен с земным шаром, радиус которого равен большой полуоси этого эллипсоида.

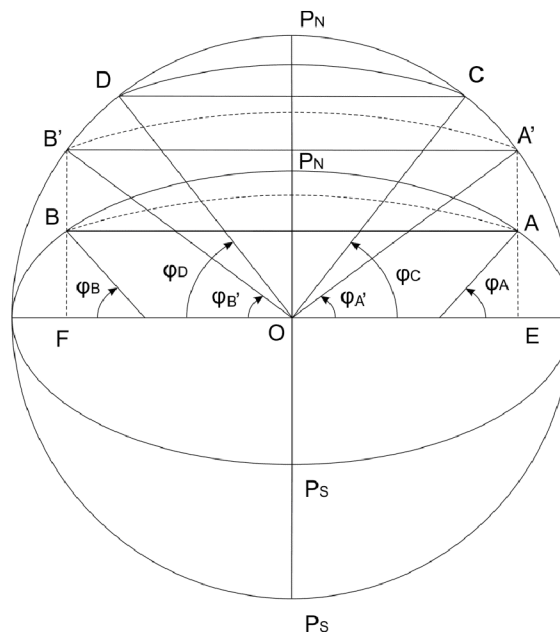


Рисунок 1 – Совмещение земного эллипсоида с земным шаром, радиус которого равен большой полуоси этого эллипсоида

Форма и длина геодезической линии между точками А и В на земном эллипсоиде будет заметно отличаться от формы и длины дуги большого круга между точками С и D на земном шаре, если сферическая широта точек С и D будет равна географической широте точек А и В ($\varphi_C = \varphi_A, \varphi_D = \varphi_B$). Так оно и будет, если дугу большого круга

с помощью формул сферической тригонометрии, исходным аргументом которых является сферическая широта начальной и конечной точек, равная географической широте начальной и конечной точек А и В трансокеанского пути судна на земном эллипсоиде. Однако, если через точки А и В провести прямые параллельно малой оси эллипсоида, то получим начальную и конечную точки А' и В' на земном шаре, дуга большого круга между которыми будет наиболее близка по форме и длине к геодезической линии между точками А и В на земном эллипсоиде. Таким образом, если в формулах сферической тригонометрии в качестве исходного аргумента применять сферическую широту точек А' и В' ($\varphi_{A'}$ и $\varphi_{B'}$), то дуга большого круга между точками А' и В' на земном шаре будет наиболее близка по форме и длине к геодезической линии между точками А и В на земном эллипсоиде. В этом случае широта точек А' и В' ($\varphi_{A'}$ и $\varphi_{B'}$) называется приведенной сферической широтой для вычисления дуги большого круга, форма и длина которой наиболее близка к форме и длине геодезической линии между точками А и В на земном эллипсоиде.

Приведение географической широты начальной и конечной точек трансокеанского пути судна к сферической широте производится с помощью формул, выведенных с помощью рис. 2:

$$\varphi_{nm} = \arctg(1-\alpha)\operatorname{tg}\varphi_{нт}; \quad (1)$$

$$\varphi_{km} = \arctg(1-\alpha)\operatorname{tg}\varphi_{кт}, \quad (2)$$

где φ_{nm} и φ_{km} – приведенная сферическая широта начальной и конечной точек трансокеанского пути судна; $\varphi_{нт}$ и $\varphi_{кт}$ – заданная географическая широта начальной и конечной точек трансокеанского пути судна; α – полярное сжатие земного эллипсоида.

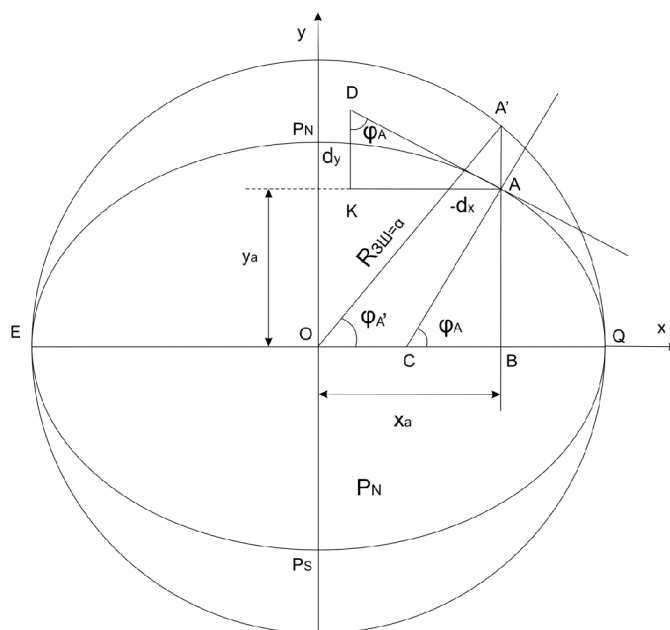


Рисунок 2 – Совмещение земного эллипсоида с земным шаром, радиус которого равен большой полуоси этого эллипсоида

Суть вывода формул (1) и (2) сводится к получению производной $y' = -\frac{dy}{dx}$ двумя способами с последующим сравнением полученных результатов:

1. Из треугольника АКD: $y' = -\frac{dy}{dx} = -\operatorname{ctg}\varphi_A$.

2. Дифференцированием уравнения эллипса $\frac{x_A^2}{a^2} + \frac{y_A^2}{b^2} = 1$ с последующим преобразованием получаем $y' = -(1 - \alpha) \operatorname{ctg} \varphi_{A'}$.

Таким образом: $-(1 - \alpha) \operatorname{ctg} \varphi_{A'} = -\operatorname{ctg} \varphi_A \rightarrow \operatorname{tg} \varphi_{A'} = (1 - \alpha) \operatorname{tg} \varphi_A$

Результаты исследований. Длину геодезической линии на земном эллипсоиде вычисляют по формуле (3):

$$S_{2n} = 60.10771644 \arccos[\sin(\pm\varphi_{\text{ПНТ}})\sin(\pm\varphi_{\text{ПКТ}}) + \cos\varphi_{\text{ПНТ}}\cos\varphi_{\text{ПКТ}}\cos\Delta\lambda_{\text{НКТ}}] . \quad (3)$$

Географические координаты маршрутных (поворотных) точек, разность долгот которых равна десяти градусам, вычисляют по формуле (4):

$$\pm\varphi_{\text{ПТ}i} = \operatorname{arctg} \left\{ \frac{\operatorname{tg}(\pm\varphi_{\text{ПНТ}}) \sin \left\{ (\pm\lambda_{\text{МТ}i}) - (\pm\lambda_{\text{CP}}) + \operatorname{arctg} \left\{ \frac{\sin[(\pm\varphi_{\text{ПНТ}}) + (\pm\varphi_{\text{ПКТ}})] \operatorname{tg} \left(\frac{\pm\Delta\lambda_{\text{НКТ}}}{2} \right)}{\sin[(\pm\varphi_{\text{ПКТ}}) - (\pm\varphi_{\text{НКТ}})]} \right\}}{\sin \left\{ (\pm\lambda_{\text{ПТ}}) - (\pm\lambda_{\text{CP}}) + \operatorname{arctg} \left\{ \frac{\sin[(\pm\varphi_{\text{ПНТ}}) + (\pm\varphi_{\text{ПКТ}})] \operatorname{tg} \left(\frac{\pm\Delta\lambda_{\text{НКТ}}}{2} \right)}{\sin[(\pm\varphi_{\text{ПКТ}}) - (\pm\varphi_{\text{НКТ}})]} \right\}} \times 0.99647129 \right\}}{\sin \left\{ (\pm\lambda_{\text{ПТ}}) - (\pm\lambda_{\text{CP}}) + \operatorname{arctg} \left\{ \frac{\sin[(\pm\varphi_{\text{ПНТ}}) + (\pm\varphi_{\text{ПКТ}})] \operatorname{tg} \left(\frac{\pm\Delta\lambda_{\text{НКТ}}}{2} \right)}{\sin[(\pm\varphi_{\text{ПКТ}}) - (\pm\varphi_{\text{НКТ}})]} \right\}} \right\}} \right\} , \quad (4)$$

где S_{2n} – длина геодезической линии на земном эллипсоиде WGS-84; $\varphi_{\text{НТ}}$ – географическая широта начальной точки трансокеанского пути судна; $\varphi_{\text{КТ}}$ – географическая широта конечной точки трансокеанского пути судна; $\varphi_{\text{ПНТ}}$ – приведенная сферическая широта начальной точки трансокеанского пути судна, вычисленная по формуле (1); $\varphi_{\text{ПКТ}}$ – приведенная сферическая широта конечной точки трансокеанского пути судна, вычисленная по формуле (2); $\lambda_{\text{МТ}i}$ – долгота маршрутной точки геодезической линии, которую вычисляют по формуле:

$$\lambda_{\text{МТ}i} = (\pm\lambda_{\text{НТ}}) + n_i(\pm 10^\circ),$$

где n_i – порядковый номер маршрутной точки геодезической линии; λ_{CP} – средняя географическая долгота начальной и конечной точек трансокеанского пути судна; $\Delta\lambda_{\text{НКТ}}$ – разность долгот начальной и конечной точек трансокеанского пути судна.

Выводы. Предложенный в работе метод вычисления длины геодезической линии и прокладки этой линии на карте меркаторской проекции создает предпосылки к разработке программного обеспечения судовых электронных картографических систем по отображению на дисплее траектории движения судна по геодезической линии, которая обеспечивает наилучшую точность судовождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Попеко Г. П., Соломатин Е. П. Курс кораблевождения. Том 1. Навигация. – Ленинград : Управление ГС ВМФ, 1961. – 679 с.
2. Мореходные таблицы 1975 г. (МТ – 75). – изд. ГУНиО МО РФ, 1975.

ДИАГРАММА ГРАФИЧЕСКОГО РАСЧЕТА МАССЫ НАВАЛОЧНЫХ ГРУЗОВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ С «ЕСТЕСТВЕННОЙ» СЕПАРАЦИЕЙ

Хомяков В.Ю., Савчук В.Д.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

При выполнении перевозки навалочных грузов на судах типа «коастер» часто, по условиям чартера, возникает необходимость загружать одновременно несколько его фракций так, чтобы не допустить их смешивания. В этом случае, грузовой помощник капитана должен выполнить расчеты плана загрузки судна отдельными насыпями. Для обеспечения качественной доставки используется метод размещения груза в трюме с «естественной» сепарацией, т.е. грузы или их фракции, в силу транспортных характеристик, например, угла естественного откоса α , в трюме не смешиваются, а будут находиться в виде отдельных насыпей. Способ загрузки с «естественным» сепарированием груза расширяет возможности «коастера», как типа судна. Условия таких погрузок не редкость, и в любом случае, они являются экономически выгодными для перевозчика (судовладельца).

Автору на практике приходилось выполнять загрузку судна т/х «PLATO» с применением метода «естественной» сепарации. В рейсе к перевозке был принят щебень трёх фракций с размером частиц 8-12 мм, 18-25 мм, 30-40 мм. Фрахтователь поставил условие – загрузить щебень тремя штабелями с обязательным разделением каждой партии. Варианты размещения навалочного груза и формирования отдельных штабелей представлены на рис. 1.

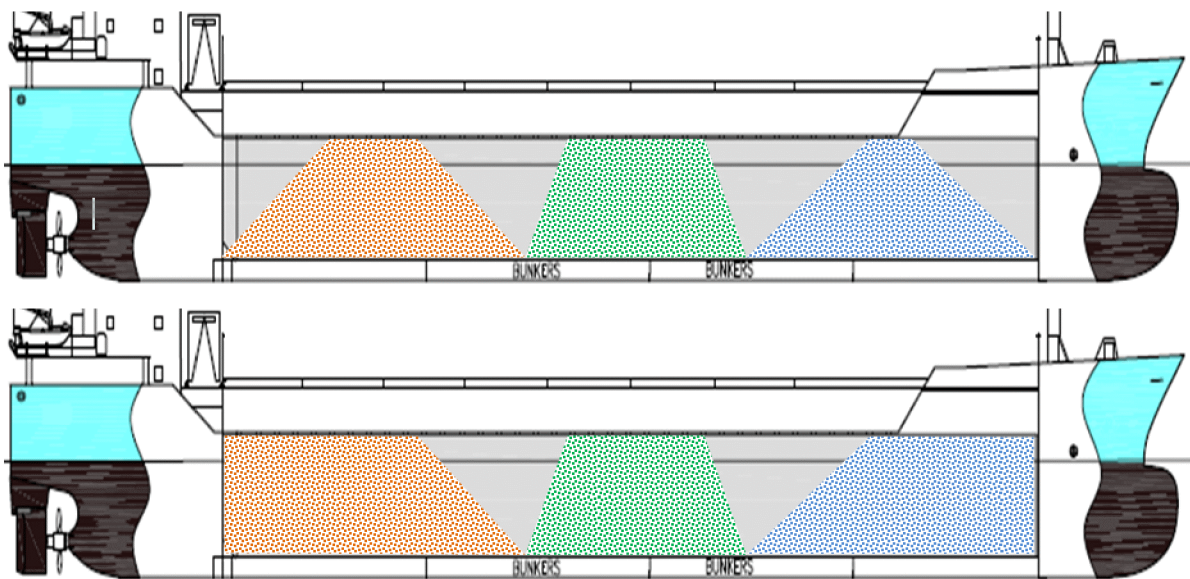


Рисунок 1 – Варианты грузового плана т/х «PLATO» при перевозке щебня с использованием «естественной» сепарации

Рейсовые наблюдения показали, что технологический процесс сводится к принципу погрузки «на глаз». На судне нет ни рекомендаций, ни какой-либо документации. Масса груза разделяется на равные части либо длина трюма делится на необходимое количество частей, после чего производится загрузка. В таком случае, грузовой помощник капитана просто ведёт наблюдение, и, по визуальным оценкам, погрузку одной партии заканчивает и начинает погрузку другой.

Для решения задач загрузки судна типа «коастер» с использованием метода «естественной» сепарации предлагается диаграмма, которая построена, например, для трюма с размерами: длина 30 м., ширина 5 м., высота 4 м (рис. 2).

Діаграма дозволяє вирішити задачу будь-якої завантаження і дати конкретний відповідь – можлива чи така схема розміщення штабелів вантажу в трюмі судна, як показано на рис. 1. Діаграма містить метричні шкали зліва, зверху і знизу. Ліва шкала – висота трюму, нахилні прямі – кути природного відкосу вантажу. Верхня шкала – довжина малого основи трапеції, нижня – довжина підножжя бокових відкосів штабеля. Сетка чисел для кожної висоти штабеля взята з кроком в 1 м і представлена в кубічних метрах. Градація по висоті може мати розбивку з різним зручним кроком (0.5 м., 0.25 м., 0.1 м. і т.д.).

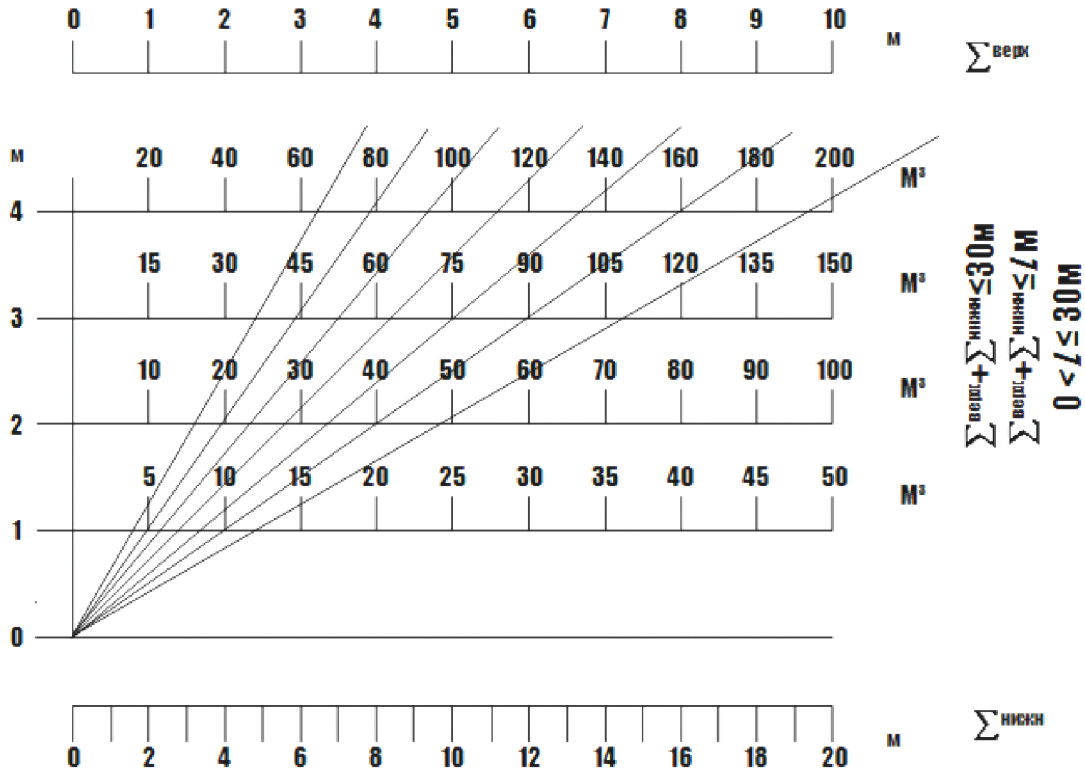


Рисунок 2 – Діаграма для графічного розрахунку вантажного плану при «естественной» сепарации

Критерієм «естественной» сепарации виступає довжина великих основ штабелів (рис. 1). Якщо сума кількостей підножжів штабелів «N» буде більше довжини самого трюму, то вантаж погрузити можна, однак навалочні маси будуть засипати одна друга і перемішуватися, що, за умов перевезення, недопустимо, т.е. критерій повинен бути змінений. Критерій чітко дає однозначний відповідь, т.к. пов'язаний з лінійними розмірами трюму. Іншими словами, змінюючи критерій, вантажний помічник капітана враховує зовнішні складові фактори, які впливають на умови планування погрузки, складає оптимальний вантажний план судна. Теоретично діапазон зміни критерію може бути рівним лінійній довжині трюму, але практично його реальні задавані значення лежать в більш вузьких межах.

Висновки.

1. Для розрахунку плану завантаження судна окремими насипами, які можуть бути отримані двома способами організації технологічного процесу з використанням «естественной» сепарации необхідно вирішити комплексну задачу – розрахувати кількість насипів, їх об'єми і висоти, а також кроки перестановки перегружачого пристрою.
2. Рейсові спостереження на т/х «PLATO» (типу «коастер») підтвердили, що наявність на судні діаграми (рис. 2) дає можливість вантажному поміщику капітана скоротити витрати часу на розрахунок технологічного процесу погрузки і вантажного плану в цілому до 8-10%.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ СУДОВОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ ЗАДАННОЙ ФОРМЫ

Якушев А. О.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. С целью обеспечения безопасности судовождения используется допустимая область, в которой находится судно, причем в эту область не должны попадать другие объекты во избежание аварийных происшествий. Форма и размеры безопасной судовой области влияют на своевременность выявления ситуации опасного сближения.

Поэтому разработка способа выбора оптимальной формы и размеров судовой безопасной области является актуальным и перспективным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Многие работы посвящены вопросу построения судовой безопасной области, причем стандартным описанием такой области является круг, в центре которого находится судно.

В настоящее время в ряде работ предлагается другая форма судовой безопасной области. В работе [1] в качестве критерия безопасности предлагается «область столкновения», под которой имеется в виду некоторая область по направлению движения судна, а в работах [2, 3] область навигационной безопасности описана эллипсом, которая используется в автоматизированной радиолокационной системе. В работе [4] рассмотрены более десяти применяемых в настоящее время форм судового домена опасности (безопасной области судна).

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данной статьи является получение аналитических выражений для расчета размеров формы судовой безопасной области заданной формы.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. При маневрировании для безопасного прохождения препятствия судно должно отклоняться от программной траектории и пройти мимо опасной области препятствия.

В работе [5] предлагается определять граничные размеры области D различной формы, исходя из нахождения в ней препятствия с заданной вероятностью P_d , близкой к единице, т.е. путем решения уравнения:

$$\iint_D f(x, y) dy dx = P_d, \quad (1)$$

где $f(x, y)$ – двумерная плотность распределения векториальной позиционной погрешности.

В случае распределения позиционной погрешности по нормальному закону равенство (1) принимает вид:

$$\frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \iint_D \exp\left[-\left(\frac{x^2}{2\sigma_x^2} + \frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right)\right] dy dx = P_d, \quad (2)$$

Очевидно, для решения выражения (2) следует использовать численные методы. Рассмотрим способ решения выражения (2) для случаев, когда безопасная область судна имеет форму круга, эллипса и прямоугольника, причем судно находится в центре области.

В случае, когда безопасная область судна имеет форму круга, выражение (2) записывается в виде:

$$\frac{4}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \int_0^R \int_0^{\sqrt{R^2-x^2}} \exp\left[-\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2}\right)\right] dy dx = P_d, \quad (2)$$

или для численного интегрирования:

$$A \sum_{i=0}^R \sum_{j=0}^{\sqrt{R^2-i^2}} \exp\left[-\left(\frac{i^2}{\sigma_x^2} + \frac{j^2}{\sigma_y^2}\right)\right] = P_d, \quad (3)$$

где $A = \frac{4}{2\pi\sigma_x\sigma_y}$.

В случае, когда форма безопасной судовой области имеет форму эллипса с полуосями а и b, уравнение для численного интегрирования имеет вид:

$$A \sum_{i=0}^a \sum_{j=0}^{\gamma\sqrt{a^2-i^2}} \exp\left[-\left(\frac{i^2}{\sigma_x^2} + \frac{j^2}{\sigma_y^2}\right)\right] = P_d, \quad (4)$$

где $\gamma = b/a$ – сжатие эллипса.

С уравнения находим большую полуось а, вторая же полуось $b = \gamma a$.

Если безопасная область имеет форму прямоугольника с заданным отношением сторон γ , то уравнение для численного интегрирования имеет следующий вид:

$$A \sum_{i=0}^a \sum_{j=0}^{\gamma a} \exp\left[-\left(\frac{i^2}{\sigma_x^2} + \frac{j^2}{\sigma_y^2}\right)\right] = P_d, \quad (5)$$

где а – половина большей стороны прямоугольника.

Для определения размеров безопасной области судна в зависимости от ее формы были произведены расчеты на компьютере, причем рассматривались три варианта формы безопасной области судна, которые показаны на рис. 1.

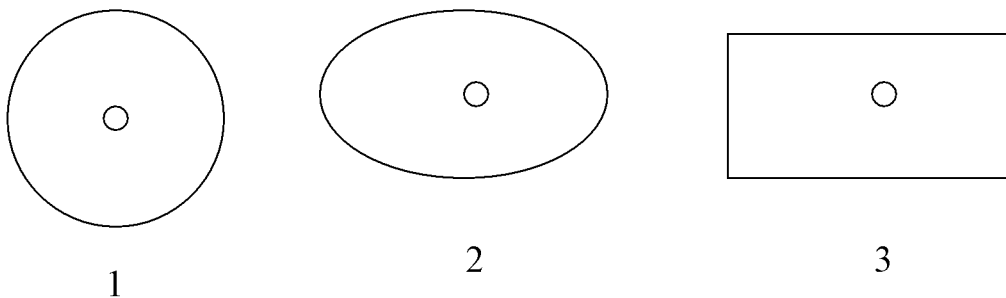


Рисунок 1 – Варианты безопасной области судна

Для расчета принимались следующие исходные данные: среднеквадратические отклонения $\sigma_x = 20$ и $\sigma_y = 25$, отношение сторон прямоугольника и сжатие эллипса $\gamma = 0,7$, заданная вероятность $P_d = 0,995$.

Результаты расчетов представлены в табл. 1, в которой для каждого из вариантов области указаны размеры (минимальный L_{\min} и максимальный L_{\max}) безопасной области судна, а также площадь S безопасной области судна.

Таблиця 1 – Характеристики безопасных областей судна

Вариант	L_{\max}	L_{\min}	S
1	$R=58$	$R=58$	10568
2	$a=76$	$b=53$	12654
3	$a=73$	$b=51$	14892

Анализ приведенной таблицы показывает, что наименьшая минимальная характеристика размера безопасной области судна присуща варианту 3.

Графическое изображение результатов расчета представлено на рис. 2.

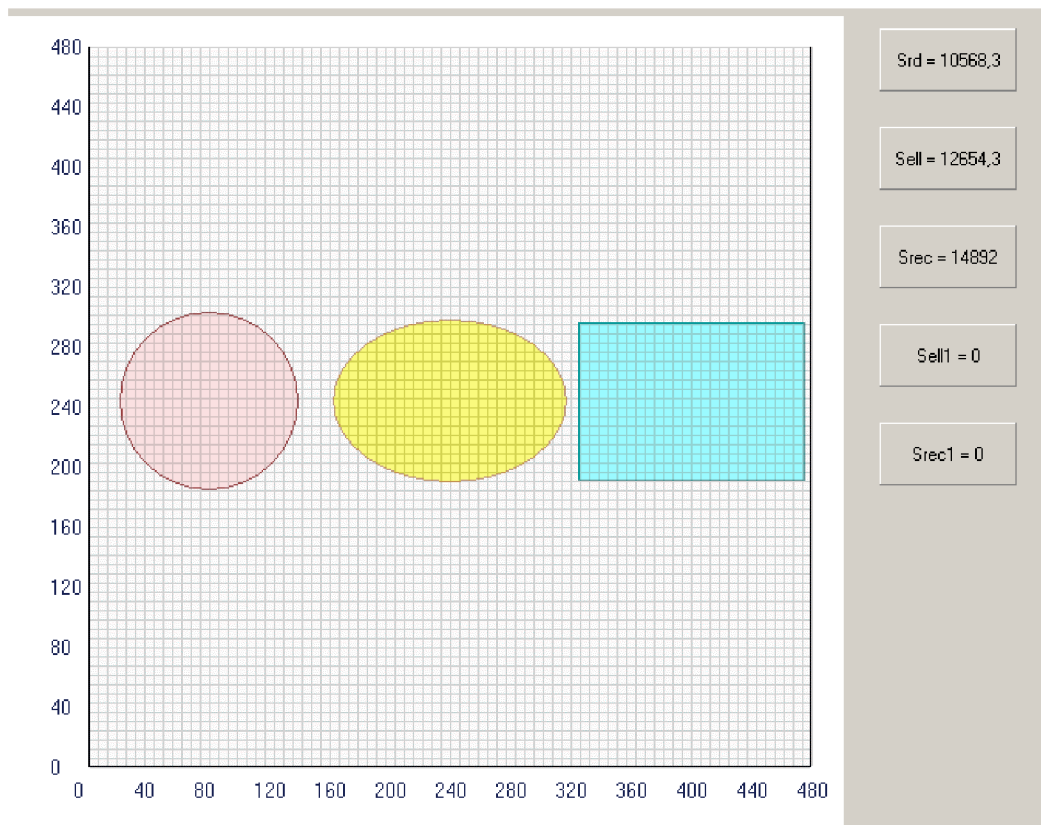


Рисунок 2 – Графическое отображение вариантов безопасной области судна

Выводы. В результате выполненной работы получены аналитических выражения для расчета размеров формы судовой безопасной области заданной формы. Приведены результаты имитационного моделирования компьютерной программой, с помощью которого получены сравнительные характеристики судовой безопасной области различной формы. В дальнейшем целесообразно разработать способ выбора оптимальной формы безопасной области судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Lamb W. G. P. Colcuiation of the geometry of ship collision zones / Lamb W. G. P. // The Journal of Navigation. – 1989. – 42, № 2. – P. 298-305.
2. Goodwin E. M. A Statistical Study of Ship Domains / Goodwin E. M. // The Journal of Navigation. – 1975. – 28, № 3. – P. 328-341.
3. Погосов С. Г. Береговые системы управления движением судов/ Погосов С. Г., Москвин Г. И. – М. : Судовождение и связь, 1976. – 54 с.
4. Вагущенко Л. Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Вагущенко Л. Л. – Одесса : Феникс, 2013. – 180 с.
5. Якушев А. О. Выбор оптимальной формы судовой безопасной зоны // Судовождение : сб. научн. трудов./ ОНМА, Вып. 23. – Одесса : «ИздатИнформ», 2014. – С. 165-169.

СЕКЦІЯ:
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ТРАНСОКЕАНСКИХ ПЕРЕХОДОВ

Бень А.П., Паламарчук И.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В настоящее время в судовождении существует острая необходимость создавать новые и совершенствовать существующие интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР) судоводителя. Так же ощущается потребность снижения затрат на эксплуатацию судна в условиях морского перехода. Решение этой проблемы комплексно и не лежит только в плоскости совершенствования судовых энергетических установок (СЭУ) или улучшению гидродинамических показателей корпуса судна. В сложившейся на настоящее время тяжёлой экономической ситуации для всех участников морских перевозок, принимать меры по уменьшению денежных затрат на эксплуатацию судна приходится всем. Судовладельцы идут на уступки чартеру и разрешают эксплуатировать суда на сверх малых оборотах (манёвранный режим главного двигателя (ГД)), что приводит к уменьшению расхода топлива, но и к повышенному износу ГД, механизмов участвующих в работе ГД (турбина).

На коротких дистанциях в морских перевозках тяжело добиться существенного экономического эффекта за счёт планирования рейса. Это обусловлено следующими факторами:

- малая дистанция морского перехода;
- прибрежное плавание (в большинстве случаев);
- при значительном снижении скорости или уходе от курса для расхождения с встречными опасностями следует большая потеря во времени (до 50% от общего времени на переход);
- отсутствие возможности совершить необходимый и достаточный манёвр, касательно расхождения с неблагоприятными погодными условиями.

Актуальность проблемы. Из обозначенного выше следует, что целесообразным является создание и/или совершенствование интеллектуальных СППР судоводителя для планирования трансокеанских морских переходов. Особое значение следует уделить оптимизации режимов эксплуатации СЭУ для длительных переходов с целью снижения затрат топлива.

Анализ последних исследований и публикаций. Различными учёными выдвинуты теории, доказывающие, что выгоднейшим маршрутом для трансокеанских переходов является не кратчайший путь, а путь, на всём протяжении которого учитываются возможные неблагоприятные условия такие, как тайфуны, циклоны, ветер, течения, участки суши, пиратские районы и др., способные задержать судно [1, 2, 3]. С учётом многих факторов влияющих на скорость судна в пути, можно при увеличении дальности морского перехода поддерживать постоянную скорость со стабильной и наиболее экономичной нагрузкой на СЭУ, что в конечном результате позволит сэкономить временные затраты и приведёт к экономии денежных средств.

Созданию интеллектуальных систем планирования маршрута морских судов посвящён ряд работ зарубежных авторов. Так, авторами в работе [1] была предложена прокладка трансокеанского перехода не по классическому расчёту Дуги Большого Круга (ДБК), а с использованием изохронного способа и логических операций. Главной особенностью этого адаптивного способа является то, что в алгоритме адаптированного способа введено условие не пересечения маршрута с береговыми участками и широкое использование растровых карт. Адаптированный изохронный способ показывает результаты близкие к расчётам перехода ДБК, но позволяет не менять постоянно курс в зависимости от погодных условий или встретившейся на пути суши, а заблаговременно оптимально адаптировать морской переход с учётом предполагаемого воздействия

внешних факторов. Среди недостатков метода, можно отметить сложность расчётов и большие временные затраты при расчётах пути таким способом.

В следующей работе тем же авторам удалось усовершенствовать свой метод [2]. Основываясь на многокритериальном эволюционном алгоритме, была предложена оптимизация проработки морского перехода с учётом погодных факторов. Характеристики оптимального перехода являются оптимальными по Парето и определяются с помощью многокритериального эволюционного алгоритма.

В работе [3] авторами были отмечены недостатки вышеперечисленных методов и предложен способ совершенствования существующих интеллектуальных СППР. Авторами предложены способы позволяющие увеличить скорость обработки данных при поиске оптимального маршрута судна заменой эвристической системы искусственной нейронной сетью (ИНС) прямого распространения. В работе [4] автором был проведён широкий сравнительный анализ существующих интеллектуальных систем планирования морских переходов. Было предложено замещение планирования морского перехода с учётом погодных условий на оптимизацию морских переходов с использованием интеллектуальных СППР судоводителя в которых учитывались бы не только погодные условия, но и характеристики каждого отдельного судна.

Изложение основного материала. Исходя из проведённого сравнительного анализа существующих интеллектуальных систем планирования трансокеанских переходов и основываясь на опыте работы с BVS (ver.6) (Bon Voyage System) [5] можно определить набор базовых требований, предъявляемых к таким системам:

- учет размеров судна (длина, ширина, максимальную осадку);
- учет скоростных характеристик при нормальной погоде;
- скоростные характеристики для каждого последующего балла встречного, попутного и бокового ветра, волнения и зыби;
- расход топлива при разных режимах главного двигателя;
- ориентировочная стоимость топлива.

В ежедневном режиме через судовую электронную почту судно обеспечивается следующей информацией (в зависимости от предварительного заказа с борта судна):

- прогнозом погоды (вплоть до 10 суток) для конкретного заказанного района мирового океана (стандартная нарезка или произвольно выбранная на борту судна);
- прогноз погоды может содержать следующие сведения (по выбору в предварительном заказе): сила и направление ветра, высота и направление ветрового волнения, высота и направление зыби, барические поля и прогноз их движения, направление и скорость течения, температура воздуха и воды, наличие ледового покрова и его толщина) приливно-отливные величины;
- наличие ураганных зон с подробным прогнозом предполагаемого направления движения (вне зависимости от заказанного района прогноза погоды);
- количественная поставка варьируется от одного до 6 раз в сутки в указанные с борта судна времена (например, в 0400 1000 1600 2000 UTC).

Программа позволяет судовому оператору самостоятельно строить предполагаемый маршрут перехода. Для заданного маршрута программа с требуемым интервалом даёт графический (на карте маршрута) или табличный подробный анализ погодных явлений. Основываясь на имеющихся манёвренных характеристиках судна, программа прогнозирует ожидаемую скорость судна в зависимости от погодных условий.

В другом случае программа сама может построить маршрут движения в зависимости от требований судового оператора и предлагает разработанный маршрут, как в графическом, так и в табличном виде.

Если компьютер BVS связан с ECDIS, то разработанную программу можно транслировать на экран ECDIS. По усмотрению капитана можно принять либо маршрут, разработанный ранее или предложенный программой BVS.

В особо сложных погодных условиях, компания-судовладелец может заказать проводку судна. В этом случае может возрасти частота получаемых сообщений с более детальным анализом и прогнозом погоды для конкретного малого района нахождения

судна, который рассчитан береговыми вычислительными мощностями. Береговые сводки имеют рекомендательный характер, последнее слово остаётся за капитаном судна.

Нужно понимать, что такие системы как «Bon Voyage System» прогрессивный шаг вперёд, но ссылаясь на официальный сайт компании [5] можно отметить, что услугами предоставляемого сервиса пользуются лишь 3500 судов, на данный момент. Многие судовладельческие компании всё ещё оснащают свои суда лишь минимумом необходимого оборудования, в том числе и метеорологического. Прогнозы погоды на таких судах ограничиваются прогнозами через INMARSAT-C, NAVTEX, факсимильными картами погоды и натурными наблюдениями. Прокладка трансокеанского перехода, отклонения от первоначального курса в зависимости от встречающихся на пути опасностей (циклоны, тайфуны, участки суши, пиратские районы, ледовая обстановка и др.), управление авторулевым и режимами ГД – всё производится капитаном судна и его помощниками в ручном режиме, либо с немногочисленной автоматизированной поддержкой на разрозненных навигационных модулях.

Основываясь на сравнительном анализе существующих систем и методов, можно сделать вывод, что создаваемая система должна соответствовать следующим требованиям:

- независимая СППР на отдельном бортовом компьютере;
- возможность использования в системе электронных навигационных карт способных обновляться;
- возможность вносить в систему изменяющиеся факторы, касательно характеристик судна и внешних явлений;
- предложение СППР нескольких вариантов следования трансокеанским переходом и возможность вносить изменения в процессе следования;
- получение рекомендаций от СППР по управлению авторулевым и режимами ГД;

Выводы. На сегодняшний день остаётся нерешённой важная задача – автоматизация управления режимом главной силовой установки в зависимости от погодных условий. Как правило, на современных судах главный двигатель обладает достаточным запасом мощности, и неадекватное её использование может привести к повреждениям корпуса судна от воздействия штормовых факторов, льдов и др. Поэтому режим штормования проходит в режиме ручного управления ГД и рулевой машины. В таких условиях важным является уход от принятия капитаном и его штурманским составом субъективного решения при прокладке трансокеанского перехода и при управлении режимами ГД и рулевой машиной.

Экономическая эффективность от использования предлагаемой СППР состоит не в сокращении дистанции перехода, а в уменьшении расхода топлива в рейсе при выдерживании требования чартера о приходе судна в порт назначения согласно расписанию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Szlarczyńska Joanna, Śmierzchalski Roman // Adopted isochrones method improving ship safety in weather routing with evolutionary approach. – Maritime University, Gdynia, Poland, 2008
2. J. Szlarczyńska (2013), Multicriteria Evolutionary Weather Routing Algorithm in Practice, TransNav the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation Volume 7, Number 1, March 2013, p. 61-65
3. Пипченко А. Д. Проблема выбора трансокеанского маршрута и пути её дальнейшего исследования / А. Д. Пипченко, В. Г. Алексишин, Д. В. Астайкин // Судовождение: сб. научн. тр. – ОНМА, 2011. – С. 143-149.
4. Henry Chen, Ph.D, Voyage Optimization Supersedes Weather Routing, Boeing Associate Tech Fellow Jeppesen Marine Inc., a Boeing Company
5. Электронный ресурс: – Режим доступа:
<http://www.awtworldwide.com/products/bon-voyage-system.asp>

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ НАВЕДЕННЯМ КУЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ САМОНАВЧАЛЬНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Казак В.А., Казак В.М., Лазарчук П.Г.

Національний авіаційний університет

(Україна, м. Київ)

Розглядається можливість підвищення точності влучення кулі за рахунок корекції її траєкторії руху інтелектуальною системою управління.

Керовані снаряди набувають все більш бурхливого розвитку. Найбільш розвинуті у науково-технічному плані країни: США, Німеччина, Росія, Ізраїль та інші, давно займаються цими питаннями. Наприклад, фахівці з Sandia National Laboratories основною метою бачили – забезпечити мінімальне відхилення кулі від траєкторії незалежно від відстані, вітру і втрати швидкості. Паралельно з цим досліджувались і задачі зміни траєкторії руху, тобто наведення кулі на заданий об'єкт після пострілу. Результат досліджень був оголошений прийнятним у листопаді 2011 року. Куля продемонстрована у металі, є патент. Лабораторія DARPA головну проблему бачила у забезпеченні мінімального відхилення від первісно заданого курсу, не дозволити кулі змінювати траєкторію польоту із-за бокового вітру, повітряних завихрень, втрати швидкості, тощо. За рахунок цього значно збільшити дальність стрільби, її точність і цим забезпечити суттєву економію боеприпасів. Тут важлива вже не балістика чи електроніка, а економіка: якщо керована куля у п'ять разів дорожче звичайної, то снайпер повинен за рахунок її переваг витратити у п'ять разів менше куль, щоб вона хоча б окуповувалася. Основними задачами першого етапу досліджень були максимальна дальність, точність стрільби і забезпечення мінімального використання високовартісних технологій. ВАТ «Конструкторське бюро приладобудування» розробило свою модель керованої кулі (RU2496089).

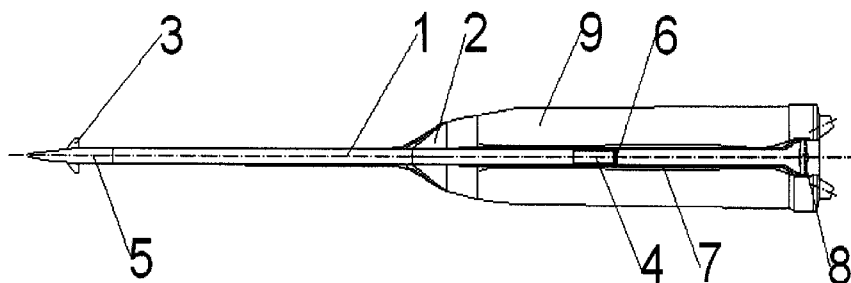


Рисунок 1 – Керована куля RU2496089:

1 – балансуєчий вантаж; 2 – стабілізуючі елементи; 3 – кермові поверхні; 4 – бортова апаратура; 5 – приводи кермових поверхонь; 6 – фотоприймач; 7 – мікродвигун; 8 – бікаліброва насадка; 9 – корпус кулі

Керована куля наводиться на ціль, яка підсвічується лазером, не обертається у польоті і призначена для стрільби з малокаліберної зброї із гладким стволом й вміщує балансуєчий вантаж. Порожній конічний корпус розташований позаду балансуєчого вантажу (рис. 1).

Недоліки керованих куль визначаються наступним:

- мале подовження кулі малого калібру, а, отже, малий відносний об'єм;
- керований снаряд малого калібру вистрелюється з великокаліберної стрілецької зброї, яка має велику масу й габарити, що викликає необхідність наявності другого номеру обслуговування;

- при пострілі з стрілецької зброї керована куля підпадає під дію суттєвого осьового перевантаження, що обумовлюється дульною швидкістю, яка потрібна для створення вражаючої дії на великих дистанціях і яка визначається співвідношенням [3]:

$$V^2 = \frac{2gf\omega}{(K-1)\varphi q} \left[1 - \frac{T_K}{T_1} \left(\frac{\Lambda_1 - \Lambda_K}{\Lambda_1 - \Lambda} \right)^{K-1} \right], \quad (1)$$

де Λ , Λ_1 , Λ_K – відповідні шляхи кулі; ω – вага усього заряду; $\frac{T_K}{T_1}$ – відношення відповідних температур газу; f – сила пороху; $\varphi > 1$ – коефіцієнт фіктивності; q – вага снаряду; K – показник адіабати.

Граничне значення швидкості, а, отже, осьового перевантаження, можна визначити з урахуванням деяких припущень: $\Lambda = \Lambda_g$; $V = V_g$;

– постріл керованої кулі малого калібру здійснюється з каналу ствола великокаліберної стрілецької зброї, тому при відсутності у кулі власного маршового двигуна, це обмежує максимально можливу швидкість (2) керованої кулі, а, отже, максимальну дальність стрільби;

$$\lim_{\Lambda \rightarrow \infty} V^2 \rightarrow \frac{2gf\omega}{(K-1)\varphi q}, \quad (2)$$

– керована куля малого калібру має малу об'ємну щільність, а тому і малу масу, тому що більша частина об'єму наповнена електронікою, у зв'язку з цим уражаюча дія при кінетичному способі ураження цілі дуже обмежена, що у свою чергу обмежує номенклатуру уражаємих об'єктів.

Пошуку шляхів зниження негативного впливу наведених факторів присвячені дослідження науковців ведучих країн, що займаються створенням нової високоточної зброї. Тому ця робота, яка присвячена удосконаленню системи наведення кулі є актуальною.

Постановка задачі. Аналіз публікацій останніх років дозволив зробити наступні основні висновки:

- створення кулі з системою корекції траєкторії польоту приведе до суттєвого збільшення дистанції стрільби на ураження;
- значно знижуються вимоги до кваліфікації стрільця при стрільбі на великі дистанції (1,5-2 км), тобто з керованими кулями такі відстані стрільби будуть підвладними рядовим стрільцям;
- стрільба керованими кулями не потребує вимірювачів відстані та сили вітру, тобто виникає економія сил, часу і грошей;

У той же час запропоновані методи управління є напівактивними й для свого функціонування потребують попереднього опромінювання. Цей факт викликає цілу низку негативних явищ, головними з яких є: демаскуючі фактори; у разі відмови випромінювача куля стає не керованою. Тому для уникнення наведених негативних явищ потрібен відповідний пошук, наукове обґрунтування і створення нового принципу корекції траєкторного руху керованої кулі. У роботі пропонується використати метод телевізійного самонаведення кулі на заданий об'єкт.

Результати досліджень. Для визначення поправок, які необхідно враховувати при організації корекції траєкторного руху керованої кулі, конкретизуємо загальну задачу прицілювання, для чого введемо наступні початкові передумови:

- зброя на момент пострілу є нерухомою;
- про рух кулі приймається гіпотеза $\overline{V}_y = const$;
- управління прицілюванням здійснюється шляхом наведення дула стрілецької зброї на потрібну точку цілі.

З урахуванням здійснених передумов векторна схема прицілювання має вигляд (рис. 2):

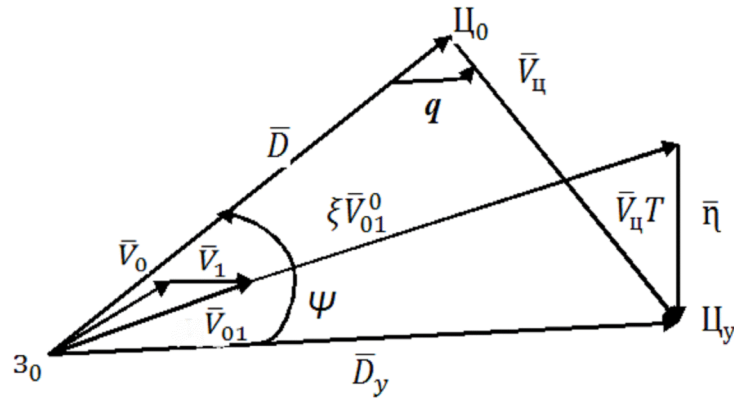


Рисунок 2 – Схема прицілювання по цілі, що рухається:

\bar{D}, \bar{D}_y – вектори початкової і упередженої дальності; $\bar{\eta}$ – вектор пониження; Ψ, q – кут упередження та курсовий кут цілі; $\bar{V}_o, \bar{V}_1, \bar{V}_{o1}$ – швидкості, відповідно руху кулі на зрізі ствола, руху стрілецької зброї при прицілюванні по рухомій цілі, сумарний вектор.

З аналізу схеми прицілювання (рис. 2) можна зробити висновок, що основними, впливаючими на точність влучення факторами є: $\xi \bar{V}_{o1}^0, \dot{\eta}, \bar{V}_y$ формалізовану модель дії яких можна представити у вигляді[2]:

$$f(y, z) = \frac{1}{2\pi\tau_y\tau_z} \exp\left[-\left(\frac{(y - m_y)^2}{2\tau_y^2} + \frac{(z - m_z)^2}{2\tau_z^2}\right)\right], \quad (3)$$

де τ_y, τ_z – середньоквадратичні відхилення; m_y, m_z – систематичні похибки стрільби.

Враховуючи суттєву невизначеність процесу прицілювання і динаміки керованого руху кулі, система управління траекторним рухом кулі повинна володіти властивостями самонавчання. Розглядається можливість створення бортового телевізійного каналу управління траекторним рухом кулі. З цією метою бортову телевізійну систему спостереження необхідно направити у процесі прицілювання на ціль, а в комп'ютері керуючого комплексу повинна бути програма автоматичного розпізнавання точки зустрічі кулі з ціллю і формування сигналів управління, передаваних на кермові приводи кулі. Принциповою особливістю запропонованого підходу є використання для вказаної задачі штучної нейромережі Кохонена [1], яка володіє високою надійністю розпізнавання та здатністю розпізнавати не тільки місце влучення, а й заважаючі перешкоди, обробляти їх і дати альтернативний вибір команд управління кермовими органами кулі.

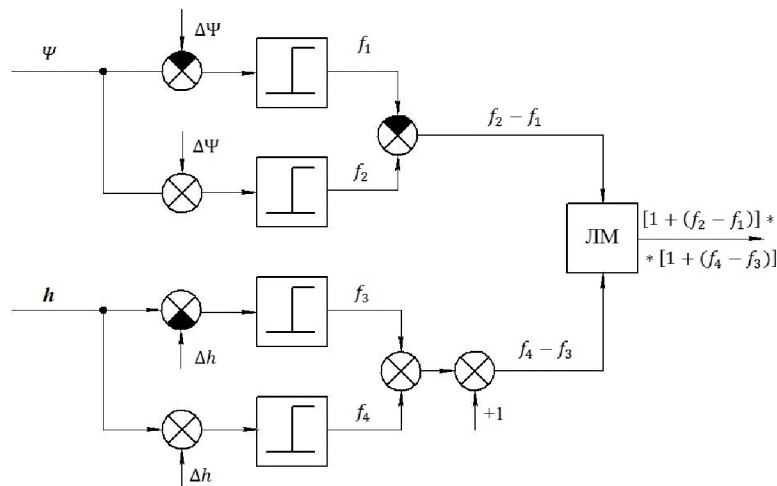


Рисунок 3 – Фрагмент схеми управління наведенням кулі

На базі наведеної схеми можна побудувати загальну схему управління наведенням кулі в обрану точку цілі.

Заключення. Попередні результати моделювання показали, що застосування інтелектуальної системи наведення кулі дає можливість ефективно здійснювати управління її траєкторним рухом в складних динамічних обставинах та максимально наблизити точність наведення до заданих вимог.

ЛІТЕРАТУРА

1. Боголюбов А. А., Лебедев Г. Н., Фирсов С. П. Системы контроля управления наведением летательного аппарата с помощью самообучающейся нейронной системы // Авиакосмическое приборостроение. – М., 2002. – №4. – С. 25-29.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М. : Изд. Физико-математической литературы, 1958. – 464 с.
3. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті. – К. : Вид. «НАУ – друк», 2010. – 284 с.

МЕТОДИ ОБРОБКИ НЕЧІТКОЇ ЛІНГВІСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В ЗАДАЧАХ БАГАТОКРИТЕРІЙНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ

Кондратенко Ю.П., Сіденко Є.В.,

Чорноморський державний університет ім. П. Могили
(Україна, м. Миколаїв)

Вступ. В доповіді наведено результати аналізу запропонованих авторами методів обробки нечіткої лінгвістичної інформації, зокрема, метод агрегації узагальнених трапеційних лінгвістичних термів (ЛТ), метод агрегації на основі осередненої (нейтральної) позиції людини, що приймає рішення (ЛПР), комбінований метод агрегації лінгвістичної інформації в задачах багатокритерійного прийняття рішень на основі коливних експертних оцінок, які представлені у вигляді ЛТ.

Суть процесу багатокритерійного прийняття рішень полягає у виборі найкращого варіанту серед альтернативних рішень за відповідними критеріями [1]. Моделювання на основі експертних знань про систему представляє собою підхід, в основу якого покладено знання та досвід людини, яка виступає експертом в питаннях, що пов'язані з реальною системою [2]. В полі зору спеціалістів постійно знаходяться методи і підходи до прийняття рішень з використанням теорії нечітких множин та нечіткої логіки для оцінки якості інноваційних проектів, транспортного обслуговування, вразливості системи безпеки периметру тощо [1, 3, 4].

Метою даної роботи є розробка та дослідження методів обробки нечіткої лінгвістичної інформації для підвищення ефективності процесів багатокритерійного прийняття рішень.

Основна частина. На сьогоднішній день розв'язання задач багатокритерійного прийняття рішень в умовах невизначеності, при яких оцінки експертів коливаються в межах декількох лінгвістичних значень оцінювального параметру, є актуальною проблемою. Це пов'язано зі складністю розробки моделей, які враховують відповідні умови невизначеності, оскільки експертні оцінки в більшості випадків представляються у вигляді нечітких інтервальних ЛТ, наприклад, «низький», «середній», «високий». При цьому коливний експерт зазвичай вказує оцінку в межах декількох ЛТ, наприклад, в межах «низького» та «середнього»; або *нижче* «середнього» для кожного альтернативного рішення $x_i, (i = 1, 2, \dots, n)$ за визначеними критеріями $C_j, (j = 1, 2, \dots, m)$, тобто відповідні експертні оцінки мають «коливальну» природу.

В роботі [5] запропоновано використання коливальних нечітких ЛТ для формування контекстно-вільних граматик, що дозволяють спростити процес представлення знань експертів та підвищити ефективність прийняття рішень. В роботах [6,7] розглядається процес трансформації ЛТ трикутної форми в трапеційну шляхом їх попередньої агрегації. При цьому переведення трапеційних ЛТ в нечіткі інтервали $I(x_i)$ здійснюється на основі моделей α -перерізів

$$I(x_i) = [I_L, I_R] = [\alpha(a_2 - a_1) + a_1, a_4 - \alpha(a_4 - a_3)] \quad (1)$$

де I_L та I_R – ліва та права границі нечіткого інтервалу.

Найкраще рішення обирають на основі порівняльного аналізу альтернатив за максимальним значенням показника ймовірності

$$p(I(x_i) \geq [0, 1])$$

для песимістичної та оптимістичної позицій ЛПР.

В даній доповіді детально розглядаються запропоновані авторами методи обробки нечіткої лінгвістичної інформації для підвищення ефективності процесу вибору найкращого рішення за оцінками експерта коливального типу.

Метод агрегації узагальнених трапеційних ЛТ. Даний метод полягає в початковому формуванні матриці експертних оцінок, наприклад, для $n=3, m=4$, де n - загальна кількість альтернативних рішень; m - кількість критеріїв. При цьому експерт вказує оцінку за лінгвістичною шкалою, що представлена у вигляді ЛТ $\{H, HC, C, BC, B\}$ трикутної форми. Експертні оцінки можуть також мати «розмиті» форму типу: «в межах C та BC», «в межах HC та C», «вище BC», «нижче HC» та ін.

В подальшому сформована експертами матриця експертних оцінок трансформується в матрицю коливальних оцінок [5,7,8] типу: $\{C, BC\}, \{HC, C\}, \{BC, B\}, \{H, HC\}$ та ін.

На основі отриманих даних необхідно здійснити агрегацію коливальних оцінок [7,8] в узагальнені трапеційні терми: $S_i^j, (i=1,2,\dots,n; j=1,2,\dots,m)$.

Результати агрегації трикутних ЛТ (коливальних оцінок) в узагальнені трапеційні терми являють собою моделі виду $S_i^j = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ на основі 4-х параметрів для трапеційних ЛТ, що використовуються при оцінюванні i -го альтернативного рішення за j -м критерієм.

На наступному кроці необхідно виконати агрегацію узагальнених трапеційних термів S_i^j для формування осереднених (комбінованих) трапеційних ЛТ $GS_i, (i=1,2,\dots,n)$ по кожному альтернативному рішенню. Це дозволяє одночасно враховувати як мінімальні (песимістична позиція ЛПР), так і максимальні (оптимістична позиція ЛПР) експертні оцінки.

В подальшому результуючі ЛТ (GS_i) переводяться в нечіткі інтервали $I(x_i)$ згідно (1) при відповідному виборі значення параметру α -перерізу, $\alpha \in [0,1]$ з подальшим розрахунком відповідного показника ймовірності

$$p(I(x_i) \geq [0,1])$$

Найкращому рішенню $x^* \in \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ відповідає максимальне значення

$$\max_i p(I(x_i)), (i=1,2,\dots,n)$$

Метод агрегації на основі осередненої (нейтральної) позиції ЛПР. При реалізації даного методу аналогічно розглянутому методу агрегації узагальнених трапеційних ЛТ необхідно попередньо сформувати відповідні матриці та отримати узагальнені трапеційні терми S_i^j . Відмінність даного методу [8] полягає у подальшому приведенні відповідних ЛТ (S_i^j) до нечітких інтервалів $I(x_i)$ згідно (1). Для знаходження найкращого рішення необхідно попередньо визначити осереднені нечіткі інтервали

$$I_{os}(x_i) = \left[\min_j (I_L(x_i)), \max_j (I_R(x_i)) \right],$$

що дозволяють враховувати нейтральну позицію ЛПР. При цьому розраховується показник ймовірності

$$p(I_{os}(x_i) \geq [0,1]),$$

для кожного альтернативного рішення, а найкращому варіанту відповідає значення

$$\max_i p(I_{os}(x_i)), (i=1,2,\dots,n)$$

Комбінований метод агрегації лінгвістичної інформації. Даний метод полягає у застосуванні агрегації узагальнених трапеційних ЛТ та врахуванні осередненої позиції ЛПР, що дозволяє суттєво спростити процес вибору найкращого рішення на множині існуючих альтернатив.

Результати моделювання запропонованих методів агрегаційної обробки лінгвістичної інформації при розв'язанні багатокритерійних задач прийняття рішень підтверджують доцільність їх застосування як для одноосібних, так і для групових процедур прийняття рішень.

Апробація відповідних методів доводить їх високу ефективність, що підтверджено авторами при розв'язанні задач транспортної логістики, зокрема при виборі транспортної компанії з множини існуючих альтернативних варіантів та при оптимізації маршрутів транспортних перевезень в умовах невизначеності обсягів замовлень у відповідних транспортних вузлах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ротштейн А. П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткая логика, генетические алгоритмы, нейронные сети / А. П. Ротштейн. – Винница : УНИВЕРСУМ, 1999. – 320 с.
2. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат. – М. : БИНОМ, 2009. – 728 с.
3. Zadeh, L. A. Fuzzy sets / L. A. Zadeh // Information and Control. – 1965. – № 8(3). – P. 338-353.
4. Kondratenko Y. P. Method of Actual Correction of the Knowledge Database of Fuzzy Decision Support System with Flexible Hierarchical Structure / Y. P. Kondratenko, Ie. V. Sidenko // Computational Techniques in Modeling and Simulation, Series Ed, NOVA Publishers. – 2013. – P. 55-74.
5. Rodriguez R. M. A group decision making model dealing with comparative expressions based on hesitant fuzzy linguistic term sets / R. M. Rodriguez, L. Martinez, F. Herrera // Information Sciences. – 2013. – vol. 241. – P. 28-42.
6. Lee L. W. Fuzzy decision making based on hesitant fuzzy linguistic term sets / L. W. Lee, S. M. Chen // Fifth Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems, Kuala Lumpur, Malaysia, 2013. – P. 21-30.
7. Chen S. M. Multicriteria Linguistic Decision Making Based on Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets and the Aggregation of Fuzzy Sets / S. M. Chen, J. Hong // Information Sciences, 2014 (in press).
8. Kondratenko Y. P. Methods of Aggregative Processing of Linguistic Information in Decision Making Processes / Y. P. Kondratenko, Ie. V. Sidenko // Modern Problems of Radio Engineering, Communication and Computer Science. Proceedings of the International Conference TCSET'2014, dedicated to 170th anniversary of Lviv Polytechnic National University, Lviv-Slavske, Ukraine (February 25 – March 1, 2014). – 2014. – P. 670-671.

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ПОДБОРЕ ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ НЕЧЁТКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Нефёдов Л.И., Беспалый В.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. Проблема оптимального подбора кадров является актуальной для любого предприятия. От её решения зависят качество и отдача каждого сотрудника и конечный успех предприятия в целом.

Характерными особенностями данной проблемы являются субъективность и неопределённость. Субъективность выражается в том, что оценку и подбор персонала производят люди со своими стереотипами, симпатиями, предпочтениями, которые иногда могут идти вразрез с целями самого предприятия. Неопределённость проявляется в неточных формулировках требований типа «уверенное владение Microsoft Word», «опытный пользователь ПК», «умение работать в команде», допускающими трактовку в очень широких пределах.

Актуальность проблемы и постановка задачи. В исследованиях российских учёных Баркова С.А., Дуракова И.Б., Панковой Л.А., Петровского А.М., Шнейдермана М.В. одним из наиболее достоверных методов профессионального отбора указывается выполнение кандидатами специально подготовленных заданий с последующей оценкой результата группой экспертов [1, 2]. Не смотря на преимущества данного метода, его недостатком является слабая формализованность процесса обработки результатов тестирования и присутствие субъективной оценки эксперта.

Задачей данной работы является разработка математической модели для сравнения кандидатов по результатам выполнения тестовых заданий с использованием теории нечётких множеств и нечёткой математики [3, 4], которые позволяют формализовать присущие этому процессу свойства субъективности и неопределённости.

Разработка модели оценки и подбора персонала. Пусть имеется некоторый критерий, по которому производится сравнение кандидатов.

Например, умение работать с текстовым процессором Microsoft Word. Естественно предположить, что каждый кандидат в некоторой степени проявляет своё соответствие этому критерию, которое будем исчислять числом на отрезке $[0;1]$. При этом 0 будет обозначать полное отсутствие навыков, а 1 – наличие навыков на уровне эксперта в рассматриваемой области.

Целевая функция предназначена для ранжирования уровня навыков кандидатов относительно целей отбора и позволяет выяснить предпочтительность того или иного уровня. Целевую функцию будем задавать нечётким числом (НЧ) [5] G на отрезке $[0;1]$, которое в случае непрерывной функции принадлежности записывается так:

$$G = \int_{[0;1]} \mu_G(x) / x, \quad (1)$$

а в случае дискретной имеет вид:

$$G = \{ \langle \mu_G(x) / x \mid x \in [0;1] \rangle \}. \quad (2)$$

где x – уровень навыков кандидата; $\mu_G(x)$ – степень соответствия навыков кандидата целям отбора.

В качестве примера рассмотрим две целевые функции: G_1 – «больше 0,8» и G_2 – «примерно от 0,6 до 0,7». Первая из них означает, что требуется кандидат очень высокой квалификации. Однако, такие кандидаты требуют высокой зарплаты и у них практически исчерпан резерв для профессионального роста. Вторая же функция отдаёт предпочтение кандидатам достаточно высокой, но не максимальной квалификации, уровень зарплаты

которых ниже и имеется резерв для самосовершенствования. Графики функций принадлежности для непрерывного случая изображены на рис. 1, а значения для дискретного – в табл. 1.

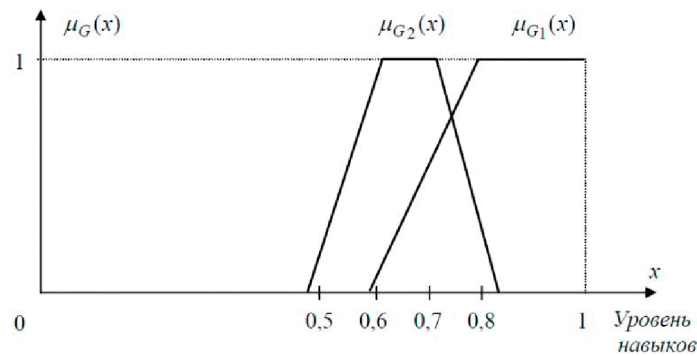


Рисунок 1 – Функции принадлежности целей для непрерывного случая

Таблица 1 – Функции принадлежности целей для дискретного случая

x	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
$\mu_{G_1}(x)$	0	0	0	0	0	0	0,1	0,6	1	1	1
$\mu_{G_2}(x)$	0	0	0	0	0	0,2	1	1	0,3	0	0

Выявить фактическую квалификацию кандидата можно при помощи тестирования. Тест является единым для всех и готовится заранее до момента проведения отбора.

Сложность задания должна быть адекватна цели отбора и соответствовать уровню предъявляемых требований. Так, при отборе персонала высокой квалификации сложность должна быть высока. Если же нам нужен персонал средней квалификации, то вполне достаточным окажется задание средней сложности [6]. В любом случае неудачным является чересчур простое или чересчур сложное задание, поскольку в первом случае оно не способно выявить все профессиональные качества кандидатов, а во втором – требует дополнительных навыков, не предусмотренных условиями отбора.

Для измерения сложности задания используем ту же базовую шкалу, что и для цели – отрезок $[0;1]$. Поскольку оценка сложности всегда является субъективной и неоднозначной, опишем её НЧ D вида (1) или (2), где значение $\mu_D(x)$ выступает как степень соответствия задания квалификации x .

Наиболее удобным для экспертов способом представления D является НЧ следующего вида [4]

$$D = (d_{\min}, d_{\text{norm}}, d_{\max}), \quad (3)$$

где d_{\min} и d_{\max} – нижняя и верхняя оценки соответствующей заданию квалификации, а d_{norm} – оценка квалификации, наиболее подходящей для данного задания.

Рассмотрим НЧ $P=D \cap G$ – пересечение D и G . Его функция принадлежности вычисляется по формуле: $\mu_{D \cap G}(x) = \min(\mu_D(x), \mu_G(x))$. P описывает квалификацию, которая является общей между поставленной целью отбора и предложенным тестовым заданием. Условием адекватности задания поставленной цели является пересечение максимумов функций принадлежности G и P :

$$\sup_{x \in [0;1]} \min \{ \mu_D(x), \mu_G(x) \} = \sup_{x \in [0;1]} \mu_G(x). \quad (4)$$

На рис. 2 изображён пример цели G и трёх вариантов оценок сложности тестовых заданий $D1$, $D2$ и $D3$ в виде треугольных нечётких чисел. Поскольку условие (4) выполняется только для $D2$, только второе задание является адекватным цели G .

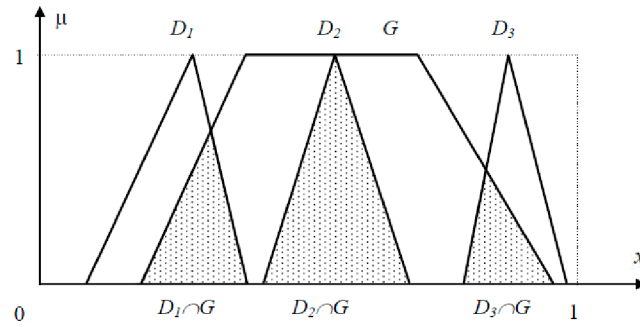


Рисунок 2 – Проверка адекватности тестового задания поставленной цели

В табл. 2 рассмотрен пример для дискретных НЧ с аналогичным выводом.

Таблица 2 – Проверка адекватности тестового задания поставленной цели

x	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
G	0	0	0	0,2	0,6	1	1	1	0,5	0,1	0
D_1	0	0	0,3	0,7	1	0,6	0,2	0	0	0	0
D_2	0	0	0	0	0,1	0,6	1	0,7	0,2	0	0
D_3	0	0	0	0	0	0	0,2	0,7	1	0,5	0
$D_1 \cap G$	0	0	0	0,2	0,6	0,2	0	0	0	0	0
$D_2 \cap G$	0	0	0	0	0,1	0,6	1	0,7	0,2	0	0
$D_3 \cap G$	0	0	0	0	0	0	0,2	0,7	0,5	0,1	0

Оценка квалификации кандидата строится на основе анализа экспертами результатов выполнения тестового задания, удовлетворяющего условию (4). Задачей экспертов является оценка качества полученного результата. Для её формального описания используем НЧ Q на отрезке $[0;1]$. Полностью выполненному заданию соответствует 1, а полностью проваленному – 0. Q имеет вид, аналогичный (1) и (2). Наиболее удобным способом его задания является треугольное НЧ

$$Q = (q_{\min}, q_{\text{norm}}, q_{\max}), \tag{5}$$

где q_{\min} и q_{\max} – низшая и высшая оценки качества результата, а q_{norm} – наиболее подходящую оценку.

Оценка квалификации V кандидата получается как произведение Q и D : $V = Q \cdot D$, которое является НЧ на $[0;1]$, функция принадлежности которого, в общем случае, вычисляется по формуле:

$$\mu_V(x) = \sup_{a \cdot b = x} \min(\mu_D(x), \mu_Q(x)).$$

При использовании треугольных нечётких чисел (3) и (5) результатом их произведения также будет треугольное НЧ [3]

$$V = (d_{\min} \cdot q_{\min}, d_{\text{norm}} \cdot q_{\text{norm}}, d_{\max} \cdot q_{\max}). \tag{6}$$

Произведение Q и D даёт результат, который обладает тремя свойствами:

1) Если испытуемый полностью справился с тестовым заданием и получил наивысшую оценку у всех экспертов (в этом случае НЧ Q вырождается в чёткое число 1), его квалификация принимается равной сложности тестового задания: $V=D$.

2) Если испытуемый полностью провалил тестовое задание и получил низшую оценку у всех экспертов (Q вырождается в чёткий ноль), его квалификация принимается равной нулю.

3) Если два испытуемых при выполнении одного и того же задания получили оценки $Q1$ и $Q2$ и $Q1 > Q2$, то будет справедливо соотношение: $V1 > V2$, то есть оценка квалификации первого испытуемого окажется выше.

Пример вычисления V для случая треугольных НЧ D и Q приведён на рис. 3

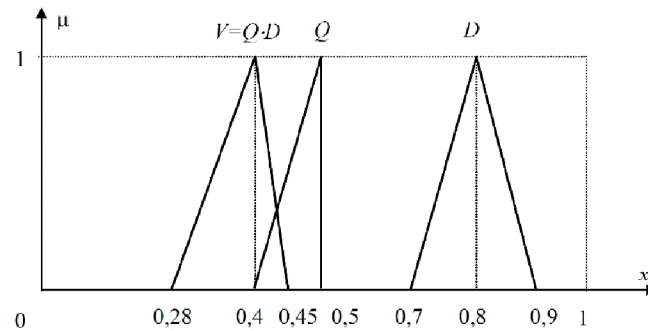


Рисунок 3 – Произведение треугольных нечётких чисел

Для сравнения кандидатов необходимо выяснить насколько полученная оценка V квалификации каждого из них соответствует цели отбора G . Наилучшим считается тот из кандидатов, чья степень соответствия цели окажется наивысшей.

Выводы. Предлагаемый метод даёт возможность формализовать процесс оценки и подбора кандидатов на основе использования теории нечётких множеств и нечёткой математики, что позволяет снизить влияние субъективных факторов и учесть неопределённость требований и оценок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Барков С. А. Управление персоналом / С.А. Бардаков – М., 1997. – 244 с.
2. Дуракова И. Б. Управление персоналом: отбор и найм / И. Б. Дуракова. – Воронеж, 1998.
3. Нечёткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Поспелова Д. А. – М, 1986. – 416 с.
4. Борисов А. Н. Принятие решений на основе нечётких моделей. Примеры использования / А. Н. Борисов, О. А. Крумберг, И. П. Фёдоров – Рига, 1990. – 319 с.
5. Скороход С. В. Моделирование целей управления в условиях неопределённости / С. В. Скороход // Информационные системы и технологии в управлении и организации производства. Труды международной конференции «Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики». – Тольятти : Изд-во Волжского университета им. В.Н.Татищева, 2004. – 187 с.
6. Нефёдов Л. И. Оценка достоверности тестирования в системе менеджмента качества по многим критериям / Л. И. Нефёдов, В. А. Беспалый // Технология приборостроения. – Харьков : ГП НИТИП, 2012. – 52 с.

ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ПАРАДИГМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА ОСНОВЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОБОБЩЕНИЙ

Прокопчук Ю.А.

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ
(Украина, г. Днепропетровск)

Введение и постановка задачи. Решение задач на компьютере обычно связано с необходимостью получения какой-либо информации. Формально эта потребность в информации, получаемой в результате решения задачи, выражается через определение множества Z всех возможных результатов решения этой задачи. Чтобы получить заключение $z \in Z$, необходима некоторая исходная информация, которая формально представляется исходными данными x задачи. Множество всех допустимых исходных данных задачи, которое должно быть формально определено, обозначим через X . Формальная постановка задачи или ее спецификация есть предикат $P(x, z)$, где $x \in X$, а $z \in Z$. Для допустимой спецификации задачи должно быть доказано утверждение о существовании ее решения [1]: $\forall x \in X \exists z \in Z P(x, z)$. Желательно также, чтобы для нее было справедливо (доказано) и утверждение о единственности ее решения: $\forall x \in X \exists! z \in Z P(x, z)$. В случае, если справедливы оба эти утверждения, разрабатывается алгоритм решения задачи, который представляет собой реализацию на алгоритмическом языке такого всюду определенного функционального отображения [1] $A: X \rightarrow Z$, что справедливо утверждение о правильности этого алгоритма: $\forall x \in X P(x, A(x))$.

Для получения x и реализации алгоритма A требуются определенные ресурсы (временные, вычислительные, технические, кадровые, энергетические и т.д.), иногда значительные. Если Res это оператор оценки ресурсов, то ресурсоемкость реализации предиката P в рамках алгоритмической парадигмы определяется следующим образом:

$$Res(P) = Res(x) + Res(x \in X) + Res(A).$$

Может оказаться, что необходимых ресурсов для решения задачи в конкретной ситуации просто нет. Выход видится в создании интеллектуальных систем, позволяющих в ряде практически важных случаев существенно снизить требования к ресурсам, а также в изменении самой парадигмы вычислений [1 - 7]. В случае построения интеллектуальных систем на основе парадигмы баз знаний [1] должно быть определено множество допустимых баз знаний $K(X', Z)$, где $X' \supseteq X$, а также спецификация задачи - предикат $P(x, k, z)$, где $x \in X'$, $k \in K(X', Z)$, $z \in Z$, причем предикаты принадлежности $x \in X'$, $z \in Z$ и $k \in K(X', Z)$ должны быть вычислимыми, а форма представления информации $x \in X'$, $z \in Z$ и $k \in K(X', Z)$ должна быть понятной экспертам и пользователям интеллектуальной системы.

В своем докладе на IFSA'05 посвященного развитию гранулярных вычислений Л. Заде выдвинул обоснованное утверждение о необходимости выбора уровня точности значений, согласованного с требованиями реальной задачи. Развивая это положение, Л. Заде разработал Theory of Precisation of Meaning (TPM) – теорию уточнения значений. Основные положения этой теории изложены в статье [2].

Представляется, что описанные выше парадигмы решения задач не отвечают когнитивному подходу (образу мышления человека). Более того, до последнего времени не было достаточно обобщенных попыток представить себе эти механизмы на абстрактном уровне, т.е. с формальной стороны, разработать логику этих механизмов и особых структур.

В работе приводятся формальные логические основания новой парадигмы, вводящей в процесс решения задачи фундаментальные физические законы природы, такие как когерентность, самоорганизующуюся критичность, масштабную инвариантность, катастрофичность, грубость, хаос, естественный отбор (функциональный дарвинизм), синхронизацию, нелокальность, фрактальную картину мира [3 - 6].

Основная часть. Задачи обработки данных и управления предлагается решать на основе парадигмы предельных обобщений (ППО) [3 - 5]. ППО – это основанный на

когнитивном підході комплекс методів критической самоорганізації і рефлексії знань, виявлення предпараметрів і параметрів порядку еволюції складних систем, процесів і ситуацій, а також використання ключевих параметрів для управління еволюцією. ППО являється деталізацією парадигми складності [6] применительно к когнитивним процесам, включаючи процеси рішення задач.

Пусть имеет место эволюционный процесс (хаотического) расширения исходного множества X (порождение разнообразия):

$$X = X_{t=0} \rightarrow \dots \rightarrow X_t \rightarrow \dots, \forall t X \subseteq X_t.$$

Возможны расширения в 10^{100} , 10^{1000} раз и более, что эквивалентно информационной сингулярности или информационному взрыву. Приведем пример. Пусть T – температура тела, а ЧСС – частота сердечных сокращений. Зададим правила порождения новых значений: $T=38^\circ \rightarrow$ Повышенная \rightarrow Ненормальная; ЧСС=100 \rightarrow Тахикардия \rightarrow Аритмия. Имеем: $x = \langle T=38^\circ, \text{ЧСС}=100 \rangle \rightarrow_t \{ \langle 38^\circ, 100 \rangle, \langle \text{Повыш; Тахик} \rangle, \dots, \langle \text{Ненорм; Аритмия} \rangle \}$.

Расширение X в $3^2 = 9$ раз. Отметим, что расширение сопровождается когерентностью: активность $\langle T=38^\circ, \text{ЧСС}=100 \rangle$ автоматически приводит к активности еще восьми наборов данных. Более того, все 9 наборов данных образуют структуру – оргграф (рис. 1). При этом $\langle T=38^\circ, \text{ЧСС}=100 \rangle$ – самый точный или базовый набор, а $\langle \text{Ненорм; Аритмия} \rangle$ – максимально обобщенный или терминальный набор данных.

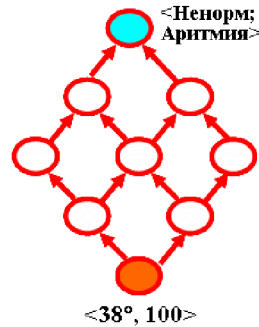


Рисунок 1 – Оргграф обобщений

Подобную структуру порождает любой набор в исходном пространстве $X = \langle T, \text{ЧСС} \rangle$. Отметим также, что активность любой вершины оргграфа автоматически приведет к активности терминальной вершины. Если решается Z -задача, где $Z = \{1\text{-направление к врачу; } 2\text{- нет направления}\}$, то правило может быть таким:

$$T = \text{Ненорм} \vee \text{ЧСС} = \text{Аритмия} \rightarrow z=1,$$

т.е. правило опирается на максимально обобщенные данные, а не на X . Оказывается, это правило работает и на других данных, например, при низкой температуре или брадикардии (имеет место ПЕРЕНОС). Как отмечает Дэвид Дойч в работе [7] «Возможно, это звучит парадоксально, но смысл глубоких обобщенных объяснений состоит в том, что они охватывают не только знакомые ситуации, но и незнакомые».

Зафиксируем произвольное t и на X_t зададим два взаимобратных порождающих отображения $C_t: X_t \rightarrow X_t$ и $V_t: X_t \rightarrow X_t$ со следующими свойствами:

- (a) $\forall x \in X_t C_t(x) \cap V_t(x) = \emptyset$;
- (b) $x' \in C_t(x) \Leftrightarrow x \in V_t(x')$;
- (c) Если $x' \in C_t(x)$, то $C_t(x') \subset C_t(x)$. Если $x' \in V_t(x)$, то $V_t(x') \subset V_t(x)$.
- (d) $\forall x \in X_t |C_t(x)| < \infty$.
- (e) когерентность: $\forall x \in X_t a(x) \rightarrow a(C_t(x))$, где a – оператор активности.

Когерентность обеспечивает связность (вычислимость) в рамках $C_t(x)$. Для $V_t(x)$ такой когерентности нет, но может быть, например перколяция активности.

Примечание. Динамика активности на X_t и любом $C_t(x)$ играет огромную роль в понимании механизмов «мышления» [3 - 5]. Когерентность обеспечивает сверхвысокий уровень параллелизма.

$C_t(x)$ назовем конусом обобщения для $x \in X_t$, а $B_t(x)$ конусом детализации для $x \in X_t$ (рис. 2). Отличие между ними состоит в характере распространения активности. В общем случае C_t и B_t имеют структуру физического фрактала.

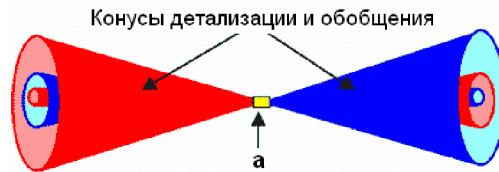


Рисунок 2 – Конусы обобщения и детализации для значения a

Пример $C_t(\langle 38^\circ, 100 \rangle)$ и $B_t(\langle \text{Ненорм; Аритмия} \rangle)$ показан на рис. 1 (по внешнему виду они совпадают). Динамика изменения X_t во многом определяется эволюцией C_t и B_t , а также поступлением внешних данных (прецедентов).

Терминальным назовем множество $T_t = \{x | x \in X_t, C_t(x) = \emptyset\}$. Базовым назовем множество $H_t = \{x | x \in X_t, B_t(x) = \emptyset\}$. Базовое множество можно интерпретировать как множество наиболее точных исходных данных. В частном случае $X_t = H_t = T_t$.

$$(f) \forall t, T_t \neq \emptyset, H_t \neq \emptyset; X_t = \bigcup_{x \in H_t} C_t(x) \cup H_t = \bigcup_{x \in T_t} B_t(x) \cup T_t.$$

Данные x и x' из X_t назовем альтернативными, если не существует такого $x'' \in X_t$, что $x \in C_t(x'')$ и $x' \in C_t(x'')$. Множество всех альтернативных данных для $x \in X_t$ обозначим $U_t(x)$, где $U_t: X_t \rightarrow X_t$. Множество $U_t(x)$ может быть пустым. Конусы обобщения не содержат альтернативные значения. Для любых $x \in X_t$ и $x' \in X_t$ верно: $x \in U_t(x') \Leftrightarrow x' \in U_t(x)$. Отношение альтернативности не транзитивно. Другими словами, отношение U_t не рефлексивно, коммутативно и не транзитивно.

(g) В описании любой реальной ситуации α (исходных данных задачи) не могут одновременно присутствовать альтернативные данные.

Интерпретация: в качестве исходных данных одной и той же задачи могут быть разные x (разной степени обобщения), но одновременно и «белыми» и «черными» они быть не могут. Пример: у человека одновременно и тахикардии и брадикардии быть не может.

Теорема 1. Все элементы множества H_t альтернативны.

Следствием теоремы является, в частности, то, что наиболее точные исходные данные задачи (из H_t) могут быть только в единственном экземпляре.

Множество всех $x \in X_t$ не имеющих альтернативы обозначим W_t .

Теорема 2. Безальтернативное множество $W_t \subset X_t$ определяется выражением

$$W_t = \bigcap_{x \in H_t} C_t(x)$$

Вместе с множеством заключений Z будем рассматривать неопределенное заключение u (когда нет однозначности решения задачи). Пусть $Z' = Z \cup u$.

(h) На $\langle X_t, Z' \rangle$ определено отношение доминирования $D(x, x') \equiv x < x'$, обладающее следующими свойствами:

(i) $x \neq x', D(x, x') \Leftrightarrow x' \in C_t(x) \Leftrightarrow x \in B_t(x')$;

(ii) Если $P(x, u)$, то $\forall x' \in C_t(x) P(x', u)$;

(iii) Если $P(x, z_x)$, то $\forall x' \in B_t(x) P(x', z_x)$.

Следствием свойства (d) отображения C_t является то, что любая последовательность $\{x_n\}_x \equiv \{x = x_1 < x_2 < \dots < x_n\}$ конечна.

Критическим множеством на X_t назовем множество следующего вида («край Хаоса»):

$$X_t^* = \{x^* | x^* \in X_t \exists! z \in Z P(x^*, z), \text{ но либо } x^* \in T_t, \text{ либо } \forall x \in X_t \& (x^* < x) P(x, u)\}.$$

Надкритическим назовем множество $X_t^+ \subseteq X_t$ такое, что $P(x, u) \Leftrightarrow x \in X_t^+$ (аналог «Хаоса») Докритическое множество X_t^- определим следующим образом: $X_t^- = X_t \setminus X_t^+ \setminus X_t^*$

(аналог «Порядка»). В рамках докритического множества задача решается, но исходные данные x могут быть обобщены без ущерба для результата.

Теорема 3 (структуризация смыслового пространства). Если решается исходная задача $[\forall x \in X \exists! z \in Z P(x, z)]$, то множество X_t^* существует и единственно для любого t . Кроме того, $X_t = X_t^- \cup X_t^* \cup X_t^+$.

Теорема формирует *научные основы рациональной структуризации быстро растущих объемов информации*: развивается «аппарат понимания», а не «аппарат знания».

Теорема 4. $\forall x \in (X_t^- \cup X_t^*) \setminus T_t P(x, z_x) \Rightarrow \forall x' \in C_t(x) \cap (X_t^- \cup X_t^*) P(x', z_x)$

Теорема 5. $\forall x \in (X_t^- \cup X_t^*) \setminus T_t, \forall \{x_n\}_x P(x_n, z)$ справедливо
 $\text{Lim}_{n \rightarrow \infty} \{x_n\}_x \in X_t^*$.

Следствие (грубость). X_t^* – аттрактор любой активности на $X_t^- \cup X_t^*$, т.е. $X_t^- \cup X_t^* \rightarrow_a X_t^*$.

Теорема 6. Решение обобщенной задачи $[\forall t, X_t^- \cup X_t^* \rightarrow_a X_t^*, \forall x \in X_t^* \exists! z \in Z P(x, z)]$ означает решение исходной задачи $[\forall x \in X \exists! z \in Z P(x, z)]$.

Гипотеза. У когнитивных систем X_t^* является результатом самоорганизующейся критичности [3]. Эволюция предельных множеств $\dots \rightarrow X_{t-1}^* \rightarrow X_t^* \rightarrow X_{t+1}^* \rightarrow \dots$ приводит к эволюционной или катастрофической смене моделей знаний (результата обучения).

Решение задачи $\forall x \in X_t^* \exists! z \in Z P(x, z)$. Предполагается, что X_t^* достаточно компактно (конечно), поэтому для решения можно использовать предельную модель знаний вида $k_t^* = \{x^* \rightarrow z\}_t = \{S^*\}_t$, где S^* – предельные синдромы. Модель знаний k_t^* является пределом эволюции (самоорганизации) моделей знаний $k_t = \{x \rightarrow z\}_t = \{V\}_t$, где V – идеальные закономерности (когерентность закономерностей) [3]. Модель знаний k_t^* строится на основе базы прецедентов $\Omega_t = \{ \langle x_1, z_1 \rangle, \dots, \langle x_n, z_n \rangle \}$. Решение – $P(x, k_t^*, z)$.

Гипотеза переноса: k_t^* в пределе ($t \rightarrow \infty$) представляет все X_t^* и, следовательно, все X_t , а не только Ω_t .

Некоторые из предельных синдромов S^* при достаточно большом t и с большим подкреплением на базе прецедентов Ω_t можно рассматривать в качестве *предпараметров и параметров порядка* эволюции ситуации, процесса. На основе конкурирующих наборов параметров порядка $\{S^*\}_t$, а также предвестников, может быть реализован синдромный принцип управления (решения задач управления) [3 - 5].

Выводы. Представленные результаты показывают, что ППО в полной мере отвечает синергетической парадигме сложности («скольжению вдоль кромки хаоса»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Грибова В. В., Клещев А. С. Какой должна быть парадигма решения задач на основе баз знаний? // Материалы IV Международной научной конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем – OSTIS-2014» (Минск, 21-23 февраля 2014 г.). – Минск : БГУИР, 2014. – С. 131-135.
2. Zadeh L. Generalized Theory of Uncertainty (GTU) – Principal Concepts and Ideas // Computational Statistics and Data Analysis. – 2006. – №51. – P.15-46.
3. Прокопчук Ю. А. Модели когнитивных архитектур и процессов на основе парадигмы предельных обобщений / Ю. А. Прокопчук // Кибернетика и вычисл. техника. – 2013. – Вып. 171. – С. 37-51.
4. Прокопчук Ю. А. Принцип предельных обобщений: методология, задачи, приложения : Монография. – Днепрпетровск : ИТМ НАНУ и НКАУ, 2012. – 384 с.
5. Прокопчук Ю. А. Спиральная когнитивная метадинамика: исследование масштабируемости динамических процессов // Материалы IV Международной научной конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем – OSTIS-2014» (Минск, 21-23 февраля 2014 г.). – Минск : БГУИР, 2014. – С.271-276.
6. Малинецкий Г. Г. Теория самоорганизации. На пороге IV парадигмы // Компьютерные исследования и моделирование. – 2013. – Т. 5. – № 3. – С. 315-366.
7. Дойч Д. Структура реальности. – М. : РХД - Москва-Ижевск, 2001. – 178 с.

ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ С ТЯЖЕЛЫМИ И НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СУДАХ

Соловей А.С.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В настоящее время существенно возрастает число морских перевозок на специализированных морских судах (HeavyLiftCarrier). При осуществлении грузовых операций с тяжелыми негабаритными грузами важной научно-практической задачей является контроль параметров остойчивости судна.

Нарушение остойчивости при погрузке и выгрузке судна, особенно в тех случаях, когда грузовые операции осуществляются судовыми грузовыми кранами или грузовыми стрелами может привести к появлению опасного крена и наваливанию судна на причал.

Резкое увеличение крена судна в сторону причала при погрузке и выгрузке может стать причиной повреждений груза, корпуса судна, береговых сооружений, смещению и утрате других раскрепленных палубных грузов, а также другим потерям, включая человеческие жертвы.

Таким образом, создание систем контроля параметров остойчивости является актуальным исследованием, направленным на повышение безопасности при осуществлении грузовых операций.

Основная часть. Для того, чтобы определить возможность возникновения опасного наклонения в процессе погрузки и выгрузки судна судоводителями могут быть произведены предварительные расчеты, которые позволят найти параметры остойчивости и оценить углы крена, которые могут возникнуть на судне при последующих погрузочно-разгрузочных операциях[1]. При выполнении грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами судоводителю, управляющему и контролирующему процесс погрузки тяжелых и негабаритных грузов судовыми кранами на судно, приходится сталкиваться с проблемой постоянного контроля нескольких параметров, влияющих на остойчивость судна, а как следствие на безопасность проведения грузовых операций.

Все эти параметры можно разделить условно на две группы: статические параметры и динамические параметры.

К *статическим* параметрам можно отнести следующие:

- масса груза;
- расположение центра тяжести груза.

Группу *динамических* параметров составляют следующие:

- поперечная метацентрическая высота GM (расчет этого параметра должен производиться как минимум для 3х этапов погрузки/выгрузки – GM начальная, GM при отрыве груза, GM при пересечении линии борта судна, GM при касании грузом палубы);
- угол крена (учет этого параметра должен производиться на всем протяжении грузовой операции, и не должен превышать, 3^0-5^0);
- нагрузка на гак грузовой стрелы судового крана (HookLoad);
- масса (объем) балласта, необходимого для компенсации массы груза при погрузке/выгрузке;
- подъемный угол (Hoistingangle) – угол отстояния линии подъемного троса от вертикали, значение этого параметра должно быть максимально сведено к нулю);
- угол наклона стрелы (Luffingangle) – от величины этого параметра зависит безопасная рабочая нагрузка на стрелу крана (SWL), а соответственно и лимит нагрузки на гак стрелы.

Многообразие решаемых судоводителем задач при реализации технологического процесса погрузки тяжелого негабаритного груза, протекающее в общем случае в

условиях неопределенности, обуславливает необходимость решения многокритериальных оптимизационных задач выбора наилучших параметров, контролируемых при погрузке тяжелых и негабаритных грузов. Это позволит существенно повысить качество управления процессом погрузки и обеспечит требуемый уровень безопасности этого процесса [2].

Поскольку процесс управления погрузкой тяжелого негабаритного груза на специализированное судно осуществляется в режиме реального времени, крайне важным является оперативность принятия управленческих решений в процессе погрузки.

Решение этой задачи может быть обеспечено путем использования системы поддержки принятия решения (СППР) по управлению динамическими параметрами, контролируемыми при погрузке тяжелых и негабаритных грузов. Данная СППР должна содержать базу правил по принятию решений, которая анализирует изменение этих динамических параметров и рекомендует лицу, принимающему решение (судоводителю), внесение изменений в процесс погрузки/выгрузки, гарантирующих безопасное проведение грузовых операций. Например: при росте нагрузки на гак стрелы судового крана увеличивается крен судна на борт, с которого поднимается груз, а поперечная метацентрическая высота (GM) уменьшается. Максимальное изменение (уменьшение) GM будет в момент отрыва груза от причала. При одновременном росте крена судна в этот момент возрастает риск опрокидывания судна, и для того, чтобы его снизить, надо переместить необходимое количество балласта на противоположный борт судна.

Разработка таких СППР и решение оптимизационных задач сталкивается с рядом трудностей, связанных с особенностями процесса погрузки/выгрузки грузов, среди которых необходимо отметить следующие:

- сложность математической модели процесса управления погрузкой/выгрузкой;
- необходимость контроля большого количества параметров в режиме реального времени;
- необходимость выполнения нормативных требований, регламентирующих требования безопасности, в процессе погрузки/выгрузки на судне.

При создании специализированных СППР необходимо формировать базу знаний по процедурам погрузки/выгрузки, уже отработанным на реальных примерах в практике морского судоходства, и использовать методы многокритериальной оптимизации для решения задач выбора наилучших управляющих воздействий для конкретного процесса погрузки/выгрузки.

Вывод. Использование систем поддержки принятия решений при проведении грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах, оборудованных собственными кранами, позволит снизить уровень риска, повысит безопасность этих операций, снизит экономические затраты за счет сокращения времени грузовых операций, уменьшит влияние так называемого «человеческого фактора».

ЛИТЕРАТУРА

1. Ершов А. А. Контроль остойчивости и посадки судна при погрузке и выгрузке. – Санкт-Петербург : Издательство ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2002. – 60 с.
2. Снопков В. И. Технология перевозки грузов морем : уч. для вузов. – СПб. : АНО НПО Мир и семья, 2001. – 560 с.

СЕКЦІЯ
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

ВИБІР ПРОЕКТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДЕН ДЛЯ ДОСТАВКИ ПЕРСОНАЛУ НА ШЕЛЬФОВІ ВІТРОПАРКИ СТАТИСТИЧНИМ МЕТОДОМ

Бондаренко О.В., Бойко А.П.

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

Вступ. При побудові та експлуатації вітроенергетичних парків (ВЕП) на шельфі використовуються спеціальні судна для доставки обслуговуючого персоналу – Wind farm service (support) vessel (WFSV). Оскільки цей тип суден є досить новим, то представляється актуальною задача розробки статистичного методу проектування на основі вивчення та узагальнення основних характеристик WFSV.

Викладення основного матеріалу. Основу даного методу становлять залежності, отримані шляхом статистичної обробки інформації. Авторами було зібрано та зведено до єдиної бази даних статистичний матеріал, який містить наукові публікації, технічні характеристики, рекламні проспекти та креслення загального розташування. Було оброблено більше 300 побудованих суден та проектів. За результатами аналізу можна відзначити, що сьогодні WFSV – це швидкісні судна, які спеціально спроектовані для виконання основних своїх задач, хоча на початкових стадіях розвитку шельфової вітроенергетики використовувалися традиційні малі або переобладнані риболовні судна.

Основні вимоги, які необхідно враховувати при проектуванні [1, 2]:

– погодні умови в районі експлуатації (висота хвиль, швидкість вітру, які безпосередньо впливають на оперативність судна, безпеку персоналу та можливість доступу до турбін);

– відстань від порту базування до ВЕП (визначає час роботи обслуговуючого персоналу на турбінах «technician time on turbine» з урахуванням тривалості поїздки та швидкості судна);

– глибина в районі місця розташування ВЕП.

Судна повинні бути дуже маневрені для забезпечення доступу до турбін в різноманітних умовах експлуатації та мобільними. Наприклад, на них необхідно передбачити тимчасовий монтаж пристроїв (лебідки, вантажопідйомного обладнання, тощо).

Як показує аналіз, 91 % побудованих суден має пасажиромісткість 12 осіб, 7 % – від 13 до 24 особи. Статистична обробка даних свідчить, що для корпусу та надбудови як матеріал використовують алюмінієвий сплав (77 %) або склопластик – 22 %. Швидкість руху 15–30 вузлів, хоча деякі судна мають швидкість більшу за 30 вузлів. Дальність плавання на переважній більшості суден не перевищує 600 миль, хоча у окремих проектів доходить до 1200 миль. Переважна більшість WFSV мають водотоннажність до 100 т.

Близько 53 % суден в якості рушіїв використовують гвинти, 45 % – водомети та 2 % – IPS. Багато проектів суден розроблено таким чином, що замовнику пропонується тип рушія на вибір.

Пріоритетним показником при проектуванні суден даного типу є комфорт. Більшість суден мають спеціальні крісла на амортизуючих підвісках, які спроектовані так, щоб мінімізувати утому, можливість виникнення «морської хвороби» та перевантаження від хитамиці. Є проекти суден, у яких сама рубка змонтована на амортизаторах. Деякі судна обладнані спеціальними системами заспокоєння хитамиці (інтерцептори, T-foils).

Для забезпечення безпечного контакту з турбіною носова частина судна обладнується кранцями спеціальної форми. Крім того, в носовій частині судна передбачають спеціальний перехідний місток.

Однією з особливостей WFSV є велика площа робочої палуби (так звані «палубні площадки»). На суднах, як правило, передбачаються носові палубні площадки, які

розташовані перед рубкою, з можливістю розміщення від 1 до 50 т вантажу (компонентів та обладнання для установки та обслуговування турбін). Також є судна з кормовими, або носовими і кормовими палубними площадками. Шляхом статистичної обробки даних була отримана наступна залежність для визначення площі площадок

$$A = 0,3233(L_{oa} B)^{1,0418},$$

де L – довжина судна найбільша, м; B – ширина судна найбільша, м.

На багатьох судах передбачені вантажні крани вантажопідйомністю до 5 т, хоча окремі судна мають крани вантажопідйомністю до 10 т. У більшості випадків вони встановлені в носовій частині. Як правило, крани є однією з опцій передбачених проектантом, яку може вибрати замовник.

Для отримання більшої ефективності застосовуються як традиційні, так і нові форми корпусу: monohull, катамарани, судна з малою площею ватерлінії, тримарани.

Є судна з комбінованими формами, наприклад, TriSWATH, Variable draft (S-cat, XSS – Extreme Semi-SWATH). Серед катамаранів використовуються різні їх різновиди – WP, Twin Axe, Z bow, HYSUCAT foil тощо. Усі вони направлені для досягнення однієї мети – зменшення витрат палива та покращення морехідності судна. Оцінювання досягнутої ефективності від застосування нетрадиційних форм обводів потребує подальшого вивчення із застосуванням системного підходу та комплексних критеріїв.

Як свідчать статистичні дані, більше 85 % WFSV є катамаранами. Тому подальша обробка для головних розмірів виконана саме для цих суден. Результати наведено на рис. 1-3.

Також отримано наступні формули для визначення:

– відношення довжини корпусу до ширини одного корпусу

$$L/B_1 = 0,5265L_{oa} - 0,4059;$$

– залежності горизонтального кліренса

$$B_{CL} = 0,4039 - 0,0088L_{oa}.$$

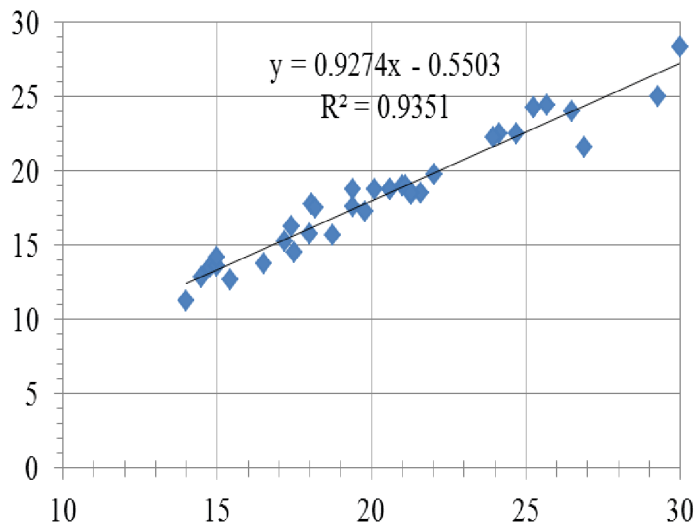


Рисунок 1 – Залежність довжини по ватерлінії L_{WL} від найбільшої довжини L_{oa}

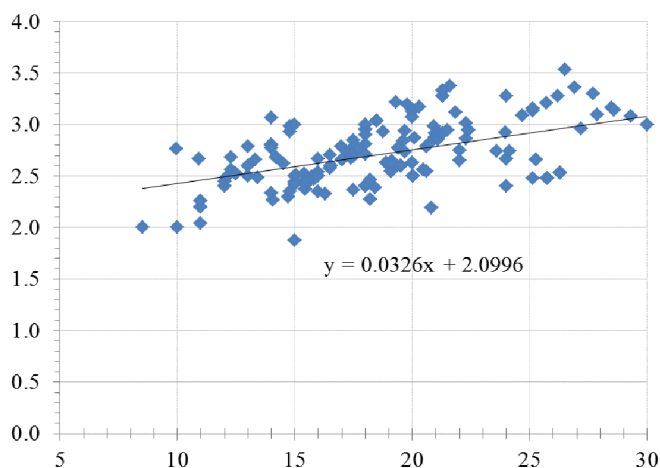


Рисунок 2 – Залежність відношення L/B від L_{0a}

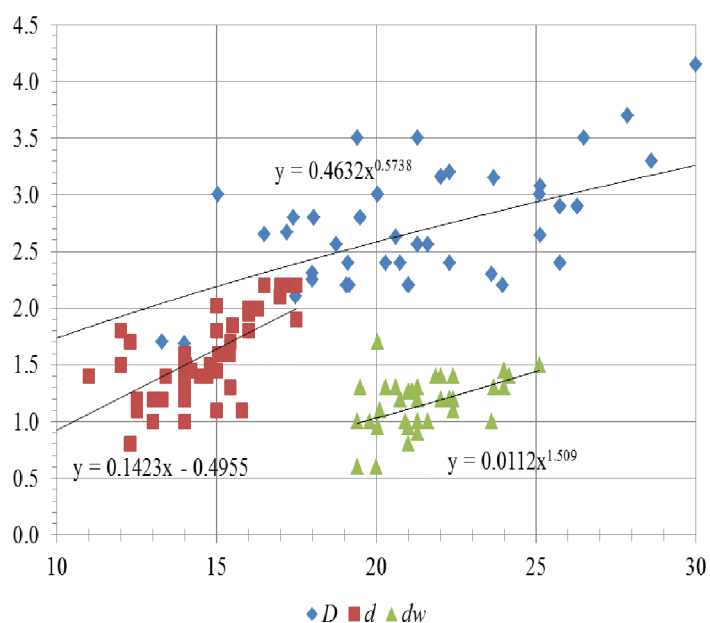


Рисунок 3 – Залежність висоти борта D , осадки d від L_{0a}

Для оцінки водотоннажності судна порожнем та повної водотоннажності можна скористатися залежностями, представленими на рис. 4, 5.

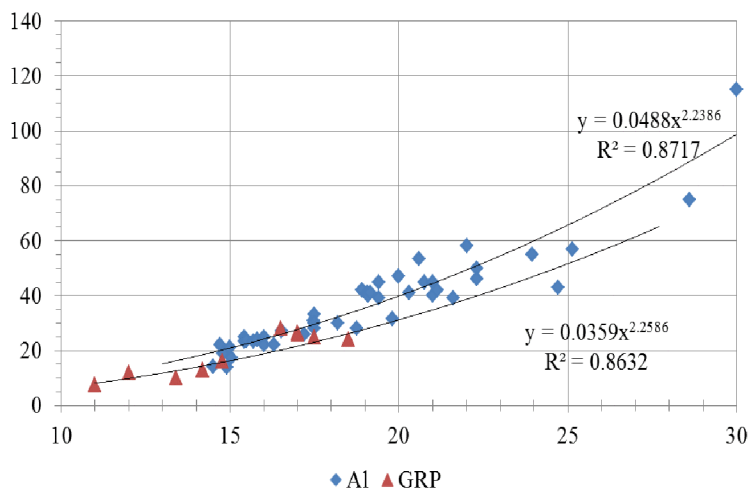


Рисунок 4 – Залежність водотоннажності порожнем від L_{0a} для різних типів матеріалів

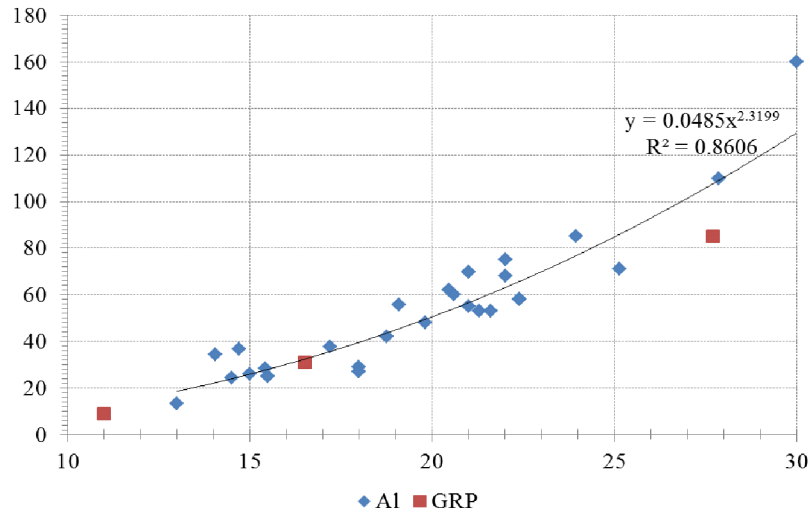


Рисунок 5 – Залежність повної водотоннажності від L_{0a} для різних типів матеріалів

Висновки. Таким чином авторами запропоновано залежності, отримані шляхом статистичної обробки даних, які можна використовувати при визначенні основних характеристик WFSV. При розробці проекту судна типу WFSV ключовими аспектами є гарна ходовість, висока морехідність в умовах схвильованого моря, малі витрати палива, комфорт та надійність.

Оцінюючи перспективи розвитку суден даного типу, слід відзначити, що вони залежать від тенденцій розвитку вітроенергетичних парків шельфового базування. Уже зараз почали будувати судна з більшими розмірами та кількістю персоналу. Це забезпечує більшу вантажопідйомність та морехідність суден, хоча і призводить до зростання вартості побудови. Дана тенденція пов'язана з тим, що ВЕП почали будувати на значних відстанях від берега.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бондаренко О. В. Аналіз характеристик суден для доставки персоналу на шельфові вітроенергетичні установки [Текст] / О. В. Бондаренко, А. П. Бойко, Ю.Р. Хизниченко // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції (м. Миколаїв, 9-11 жовтня 2013 р.) – Миколаїв : НУК, 2013. – С. 115-118.
2. Бондаренко О. В. Вирішення задачі синтезу суден для обслуговування вітроенергетичних установок [Текст] / О. В. Бондаренко, А. П. Бойко, Ю. Р. Хизниченко // Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю (м. Миколаїв, 22-24 травня 2013 р.) – Миколаїв : НУК, 2013. – С. 174-178.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ЦИКЛА MAN 12K98ME НА РЕЖИМАХ «ECONOMY MODE» И «EMISSION MODE» С РАСЧЕТОМ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ МЕТОДОМ В.С. СЕМЕНОВА – В.И. КВЯТКОВСКОГО

Варбанец Р.А., Волошин Д.К., Кучеренко, Ю.Н., Александровская Н.И.

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Актуальность проблемы эксплуатационного контроля или мониторинга рабочего процесса возрастает с повышением экологических требований (МАРПОЛ 73/78, Пр.VI [1, 2]) и с возрастающей стоимостью морских топлив MDO, IFO180, IFO380 и т.п. [3].

Математическое моделирование рабочего процесса позволяет анализировать эффективность текущего режима эксплуатации СДВС, производить оценку резерва его нагрузки и находить оптимальное сочетание настроечных параметров ТА и МГР.

Математическая модель рабочего процесса базируется на 1-м законе термодинамики:

$$dQx = dU + pdV + dQw,$$

где dQx – теплота, выделенная при сгорании топлива, расходуется на совершение работы pdV , изменение внутренней энергии рабочего тела dU и передачу тепла через стенки цилиндра dQw .

Учет газообмена, работы турбокомпрессора и потерь тепла через стенку цилиндра сделан в соответствии с методикой, изложенной в лекциях профессора В.С.Семенова [5].

Для оценки скорости тепловыделения в цилиндре используется трехфазная модель В.С.Семенова – В.И.Квятковского (рис.2):

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{A_1}{\varphi_1} k_1 e^{-0,5k_1^2} + \frac{A_2}{\varphi_2} k_2 e^{-0,5k_2^2} + \frac{A_3}{\varphi_3} k_3 e^{-0,5k_3^2};$$

где φ_i – угол задержки воспламенения топлива; $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ - смещения максимумов скорости тепловыделения на каждой из трех фаз; A_1, A_2, A_3 – коэффициенты, определяемые с помощью нагрузочных критериев:

$$A_1 = \frac{181,4}{\Pi_n} \Pi_{H1}^2 \frac{\varphi_1}{\varphi_i}; A_2 = \frac{0,01}{\Pi_n} \Pi_{H2}^{0,5} \varphi_2; A_3 = \frac{0,01}{\Pi_n} \Pi_{H3}^{0,5} \varphi_3.$$

Метод базируется на предположении о том, что наиболее общим видом кривой тепловыделения является кривая с тремя (в частных случаях с двумя или с одним) максимумами. Метод реализован с помощью нагрузочных критериев, которые непосредственно связаны с массами топлива, впрыснутого за период задержки самовоспламенения и за весь процесс впрыска топлива.

С помощью метода В.С.Семенова – В.И.Квятковского можно произвести точное моделирование тепловыделения и рабочего процесса дизеля при однофазном и многофазном законах топливоподачи. Использование трехфазной модели тепловыделения в цилиндре позволяет моделировать многофазный впрыск топлива (рис. 1), реализованный в современных МОД и СОД.

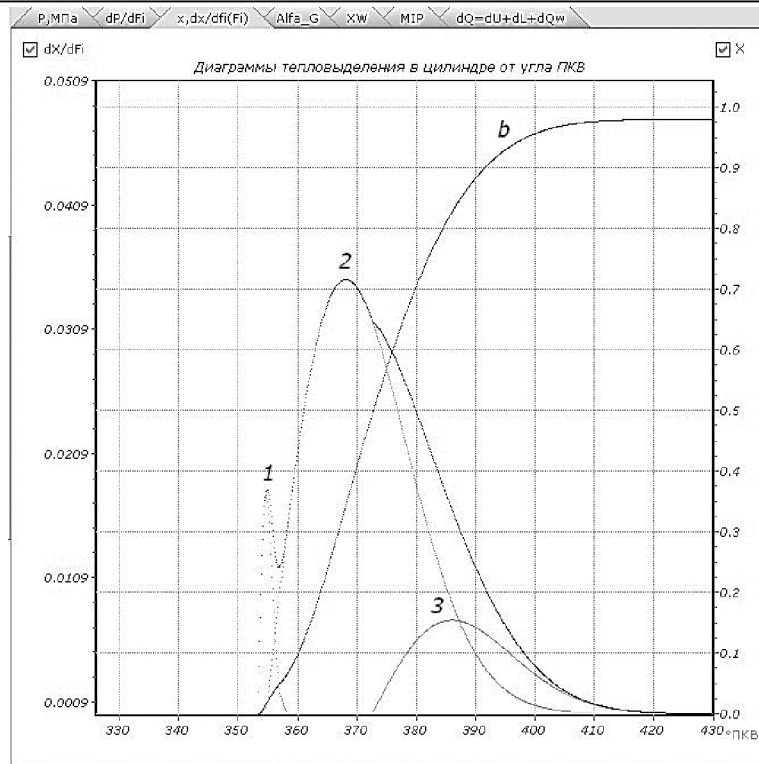


Рисунок 1 – Кривые тепловыделения в цилиндре (расчет по методу В.С. Семенова):

1, 2, 3 – скорость на первой, второй и третьей фазе; b – суммарная доля выделившейся теплоты

Начальные значения нагрузочных критериев рассчитываются по следующим зависимостям [5]:

$$\Pi_H = \frac{q_H}{\rho_S V_a}; \Pi_{H1} = \Pi_H \frac{q_{\tau}}{q_{ц}}; \Pi_{H2} = \frac{q_2}{\rho_S V_a}; \Pi_{H3} = \frac{q_3}{\rho_S V_a},$$

где ρ_S – плотность надувочного воздуха; V_A – объем цилиндра в начале сжатия; q_{τ} – масса топлива, впрыснутого за период задержки самовоспламенения τ_i ; q_2, q_3 – массы топлива, сгоревшие на второй и третьей фазе процесса сгорания.

После уточнения q_{cycl} удельный индикаторный b_i и эффективный b_E расходы топлива определяются с помощью следующих, известных зависимостей:

$$b_i = \frac{60 * RPM * q_{ц} * i * z}{N_i};$$

$$b_e = b_i / \eta_M,$$

где $z=0.5(1.0)$ для 4-х (2-х) тактных ДВС; i – количество цилиндров; η_M – механический к.п.д., определяемый на частичных режимах с помощью методики профессора Г. А. Конакова [3].

Из решения уравнения (1), записанного в виде конечных разностей и уравнения состояния газа получается система уравнений (7), решая которую итерационным методом получаем основные расчетные диаграммы $P(\varphi), T(\varphi)$:

$$\left\{ \begin{array}{l} p_{j+1} = \frac{q_{ц} Q_H \Delta x + M_j c_{Vj} T_j - 500 p_j (V_{j+1} - V_j) - \Delta Q_w}{0,5(V_{j+1} - V_j) + c_{Vj} V_{j+1} / R} \cdot 10^{-3}; \\ T_{j+1} = \frac{p_{j+1} V_{j+1}}{R M_{j+1}}; \\ \Delta x = 0,5 \left[\left(\frac{dx}{d\varphi} \right)_j + \left(\frac{dx}{d\varphi} \right)_{j+1} \right] \Delta \varphi, \end{array} \right.$$

где P_{j+1}, T_{j+1} – давление и температура в J+1 точке; Δx – доля теплоты, выделившейся на расчетном участке; $q_{ц}, Q_H$ – цикловая подача топлива и низшая теплота его сгорания; M_j, c_{Vj} – число молей и теплоемкость газа в цилиндре на расчетном участке; V_j, V_{j+1} – объемы цилиндра в начале и в конце расчетного участка; ΔQ_w – потеря теплоты в стенке цилиндра; $R = 8.31(44)$ Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная.

При расчете изохорных теплоемкостей Cv_j, Cv_{j+1} , использующихся при определении внутренней энергии газа dU (1), в отличие от принятой ранее [5] однопараметрической линейной зависимости $Cv' = f(T)$, используется более точная двухпараметрическая зависимость $Cv' = f(T, P)$. Для процесса сжатия, где различие в методах расчета максимально, процентная погрешность в определении Cv смеси воздуха и продуктов сгорания может быть определена по формуле:

$$\Delta C_{см} = 100 * \frac{[\alpha(1 + \gamma_r) - \gamma_r] * [Cv'_{[1,2]} - Cv'_{[3,6]}]}{\gamma_r Cv'' + [\alpha(1 + \gamma_r) - \gamma_r] * Cv'_{[3,6]}}$$

где α – коэффициент избытка воздуха; γ_r – коэффициент остаточных газов; Cv'' – теплоемкость продуктов сгорания.

В диапазоне температур и давлений процесса сжатия $\Delta C_{см} = 7..10\%$.

Моделирование режимов «economy» и «emission» дизеля MAN 12K98ME-C.

В процессе моделирования двух режимов дизеля, были взяты результаты индицирования главного двигателя действующего судна и проведены сравнения с результатами, полученными в процессе моделирования. Результаты индицирования с судна на двух режимах выявили в режиме «emission» существенное увеличение удельного расхода топлива (на 6 г/(кВт*ч)), уменьшение средней температуры выпускных газов (35 °С) при примерно той же индикаторной мощности и оборотах главного двигателя.

В исходных данных двух моделей, были заложены реальные значения, полученные на работающем дизеле, для последующего анализа полученных результатов.

В режиме «emission», как и на реальном дизеле, изменены начало подачи топлива в цилиндр, продолжительность впрыска (при неизменной цикловой подаче) топлива в цилиндр и температура остаточных газов. Все остальные значения не изменялись.

Результат моделирования в двух режимах показал адекватность модели, как по удельному расходу топлива, так и по индикаторной мощности. Графическое отображение результатов приведено на рис. 2.

Заключение. Математическое моделирование рабочего процесса позволяет анализировать эффективность текущего режима эксплуатации СДВС, производить оценку резерва его нагрузки и определять оптимальное сочетание настроечных параметров ТА и МГР. Наличие экспериментальных данных позволяет уточнять коэффициенты тепловыделения и определять эталонные модели на частичных нагрузочных режимах, а также моделировать последствия регулировки топливной аппаратуры и механизма газораспределения.

Более низкие температуры в цилиндре в режиме «emission mode» характеризуют уменьшенную долю NOx в выпускных газах.

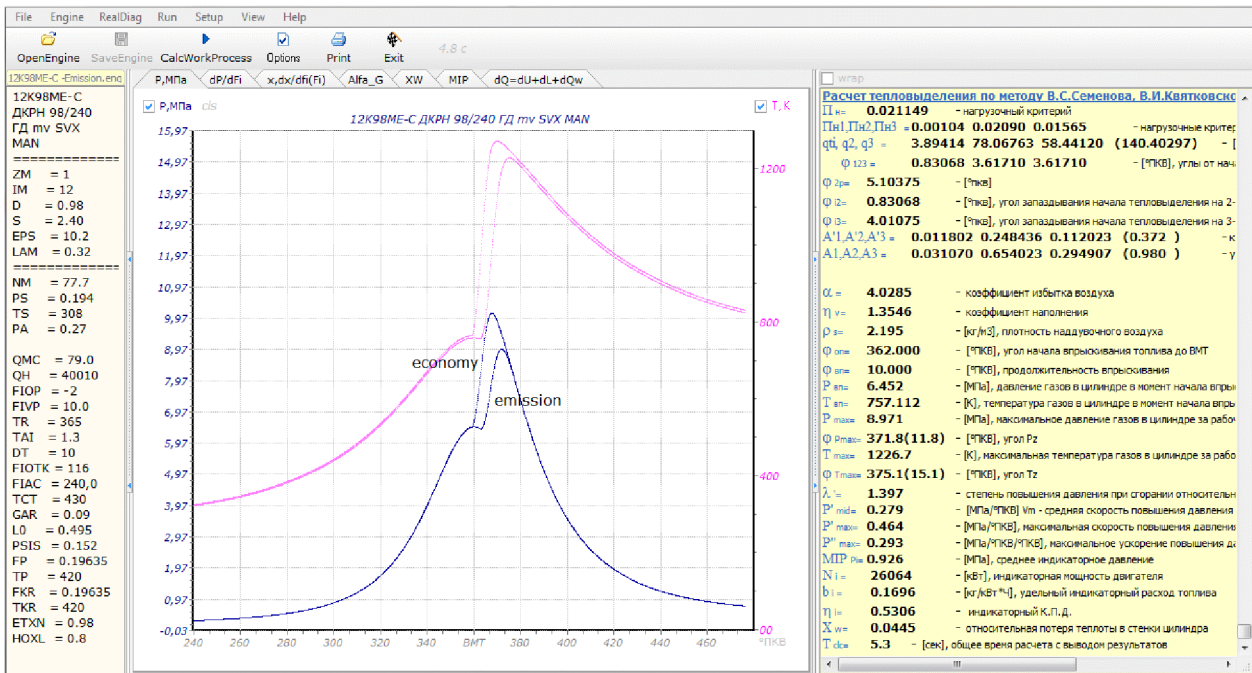


Рисунок 2 – Сравнение рабочих процессов дизеля 12K98ME-C на режимах «economy mode» и «emission mode»

В качестве основного метода расчета тепловыделения выбран техфазный метод В.С.Семенова – В.И.Квятковского, который является альтернативой однофазному методу И.И.Вибе. В этом случае достигается более высокая точность построения модели и может быть учтен многофазный впрыск топлива.

Применение более точной двухпараметрической зависимости для расчета изохорной теплоемкости $Cv' = f(T, P)$ позволяет уточнить расчет рабочего цикла перед началом сгорания.

Главной целью моделирования рабочего процесса в режиме реальной эксплуатации является уточнение расхода топлива и диагностика состояния основных узлов двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варбанец Р. А. Параметрическая диагностика дизелей SBV6M540 и Pegaso 9156 / Р. А. Варбанец // *Авіаційно-космічна техніка і технологія*. – Харків: ХАІ, 2006. – № 8 (34). – С. 144-148.
2. Приложение VI к МАРПОЛ 73/78. Правила предотвращения загрязнения атмосферы с судов. – СПб.: ЦНИИМФ, 2004. – 80 с.
3. Варбанец Р. А. Моделирование рабочего процесса в задачах повышения эффективности эксплуатации судовой дизельной энергетической установки / Р. А. Варбанец // *Двигатели внутреннего сгорания* // *Всеукраинский научно-технический журнал*. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. – № 2. – С. 18-22.
4. Кулешов А. С. Математическое моделирование и компьютерная оптимизация топливоподачи и рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания / А. С. Кулешов, Л. В. Грехов. – М.: МГТУ, 2000. – 64 с.
5. Семенов В. С. Современные проблемы теории судовых дизелей / В. С. Семенов. – М.: В/О «Мортехинформреклама», 1991. – 112 с.
6. Вибе И. И. Новое о рабочем цикле двигателей / И. И. Вибе. – М.: МАШГИЗ, 1962. – 271 с.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО КОНТРОЛЛЕРА

Врублевский Р.Е.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. В настоящее время магнитная обработка нашла широкое применение в индустрии многих стран. Магнитно-импульсная обработка (МИО) применяется для упрочнения деталей машин, инструмента за счет избирательной концентрации материалом изделия электромагнитной энергии внешнего магнитного потока. МИО является самым простым и оперативным способом упрочнения. Сложность моделирования процесса магнитно-импульсной обработки (МИО) заключается в том, что при магнитном упрочнении одновременно может изменяться до 20 параметров. Указанные сложности затрудняют исследования по развитию методики моделирования и алгоритмизации МИО и требуют разработки специализированных систем управления МИО.

Основная часть. Использование нейро-нечеткого контроллера на основе нейро-нечеткой сети ANFIS позволит эффективно управлять процессом МИО. Основная идея заключается в том, чтобы использовать существующую выборку данных (режимы МИО) для определения параметров функций принадлежности, которые лучше всего соответствуют некоторой системе нечеткого вывода. При этом для прохождения параметров функции принадлежности используются известные процедуры обучения нейронных сетей.

Алгоритм функционирования СУ МИО на основе сети ANFIS изображен на рис. 1.

1) Входные параметры – режимы МИО (напряженность, число импульсов, длина импульса, скважность между импульсами).

2) Определяются значения функций принадлежности $\mu_{A_i}(x)$ при конкретных значениях входов x_1, x_2, x_3, x_4 , где A_i – нечеткая переменная, ассоциированная с данным узлом.

3) Определяются степени истинности посылок каждого j -го правила базы знаний системы путем выполнения нечеткой логической операции «и» («min») на параметры посылок правил по формуле

$$w_j = \min\left|\mu_{A_1}(A_1), \mu_{A_2}(A_2), \dots, \mu_{A_4}(A_4)\right|,$$

где $\mu_{A_i}(A_i)$ – степень истинности посылок каждого j -го правила базы правил; $\mu_{A_i}(x)$ – значение функции принадлежности при конкретных значениях x_1, x_2, x_3, x_4 ; j – количество правил в базе правил.

4) Расчет относительной степени выполнения нечеткого правила по формуле

$$w_j^* = w_j / \sum_{j=1}^k w_j$$

где w_j^* – относительная степень выполнения j -го правила базы правил; $\sum_{j=1}^k w_j$ – сумма всех степеней истинности посылок каждого j -го правила базы правил.

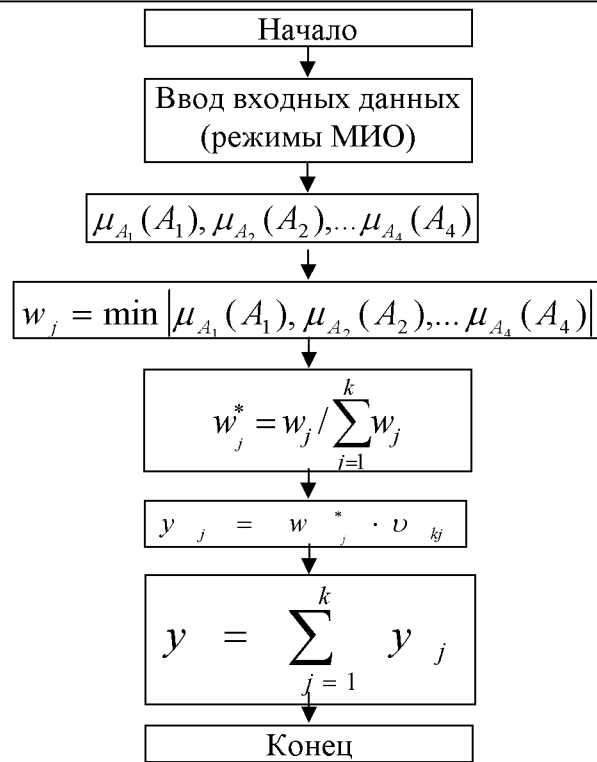


Рисунок 1 – Алгоритм функционирования СУ МИО на основе сети ANFIS

5) Расчет вклада каждого нечеткого правила в выход сети по формуле

$$y_j = w_j^* \cdot v_{kj}$$

где y_j – вклад каждого нечеткого правила в выход сети; v_{kj} – четкое число, задающее заключение каждого j -го правила.

6) Определение суммы вкладов всех правил по формуле

$$y = \sum_{j=1}^k y_j$$

где y – выход сети (остаточная намагниченность); $\sum_{j=1}^k y_j$ – суммарный вклад всех нечетких правил в выход сети.

Реализация СУ МИО решена в среде MatLab с помощью ANFIS-редактора, который позволил автоматически выявить скрытые закономерности в экспертных данных и сформировать на основе полученных выводов базу правил системы. При этом обучение в системе выполняется автоматически так, чтобы минимизировать отклонения между результатами нечеткого моделирования и экспертными данными.

Выводы. Использование нейро-нечеткого контроллера в системе управления процессом МИО, позволит управлять процессом обработки в широких пределах изменения входных параметров, для различных типов обрабатываемых изделий. Эффективно выполнять поставленные задачи обеспечения максимальной производительности и качества процесса МИО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методы робастного, нейро-нечёткого и адаптивного управления : учебник / Под ред. Н. Д. Егупова. – М. : Издво МГТУ им. Баумана, 2002. – 744 с.
2. Рутковская Д., Пилинский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 383 с.
3. Ротач В. Я. Возможен ли синтез нечетких регуляторов с помощью теории нечетких множеств // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2004. – №1. – С.33-34.

ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПРАВЛЯЕМОГО ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Казак В.Н., Проценко Б.М., Гальченко С.Н.

Национальный авиационный университет

(Украина, г. Киев)

Введение. Полет летательного аппарата характеризуется многими взаимосвязанными параметрами. Задание и поддержание режима полета возможно в том случае, когда его основные параметры известны и их можно по желанию изменять. Такими параметрами являются линейные и угловые координаты (скорости, ускорения и т.д.). Задание режима полета сводится к заданию отдельных его параметров в таком сочетании, при котором обеспечиваются оптимальные условия полета.

Актуальность исследований. Для поддержки заданного режима полета неизменным или для изменения его по определенному закону в условиях переменных внешних возмущений и внутренних процессов, необходимо воздействовать на органы управления летательного аппарата. Это управление может быть как ручным или директорным, так и автоматическим. При ручном и директорном управлении ответные реакции летчика, как правило, оказываются недостаточно быстрыми и точными. Поэтому в настоящее время для всех режимов полета, за небольшим исключением, применяются системы автоматического управления полетом. Для управления каждым параметром траекторного полета ЛА в отдельности необходимы соответствующие контуры управления, поскольку же число параметров пилотирования и навигации велико, то система автоматического управления полетом получается многоконтурной. Отдельные контуры управления для частных видов движения (продольного, бокового и т.п.) объединяются в каналы управления. Выходами каналов являются исполнительные механизмы (приводы), воздействующие на управляющие органы летательного аппарата.

Полет летательного аппарата состоит из отдельных этапов: взлета, набора высоты и скорости, маршрутного полета, наведение на заданный объект, заход на посадку, посадка и т.д. Система автоматического управления полетом должна быть комплексной и помимо функций управления параметрами режима полета должна одновременно обеспечить выполнение летательным аппаратом отдельных этапов его полета. При этом в различных условиях полета требуются различные управляющие воздействия на одни и те же возмущения. Другими словами, система автоматического управления должна подстраиваться к условиям полета для получения оптимальных переходных процессов, как в отдельных контурах управления так и движения в целом.

Постановка задачи. В качестве примера исследования и оптимизации динамических характеристик управляемого полета летательного аппарата с помощью математического моделирования, будем рассматривать продольное изолированное движение самолета. Линеаризованные дифференциальные уравнения продольного движения самолета как управляемого процесса устанавливают связь между следующими регулируемыми параметрами: скорость полета v , угол тангажа ψ , угол атаки α , высоты полета h ; и регулирующими факторами: угол отклонения руля высоты δ_B , координата положения ручки объединенного управления двигателем δ_p (один из параметров, от которого зависит тяга); и характеризующие динамические свойства самолётов в их продольном движении, принимают следующий вид [4]:

$$\begin{cases} (p + n_{11})v + n_{12}a + n_{13}v + n_{14}h = n_p \delta_p + f_1; \\ -n_{21}v + (p + n_{22})a - (p + n_{23})v + n_{24}h = f_2; \\ n_{31}v + (n_0 p + n_{32})a + (p_2 + n_{33}p)v + n_{34}h = -n_B \delta_B + f_3; \\ -n_{41}v + n_{42}a - n_{42}v + ph = v_y, \end{cases} \quad (1)$$

где f_1, f_2, f_3 – возмущения, действующие на самолёт, p – символ дифференцирования, а коэффициенты уравнения продольного движения представлены в соответствующей таблице (табл. 1).

Таблица 1 – Коэффициенты уравнений продольного управляемого движения

	Самолёт					
	лёгкий	средний		тяжёлый		
	H = 11 км М = 0,9 $\tau_a = 3,8$ с	H = 0, посадка	H = 4 км М = 0,65 $\tau_a = 2,1$ с	H = 8 км М = 0,8 $\tau_a = 2,5$ с	H = 12 км М = 0,9 $\tau_a = 4$ с	H = 0, посадка
N11	0,024	0,12	0,019	0,026	0,048	0,12
N12	-0,11	-0,28	0,019	-0,025	-0,079	-0,12
N13	0,2	0,4	0,3	0,1	0,17	0,3
N14	$-4,3 \cdot 10^{-4}$	—	$-4,4 \cdot 10^{-4}$	$-4 \cdot 10^{-4}$	$-4,2 \cdot 10^{-4}$	—
N21	-0,4	-0,8	-0,6	-0,36	-0,68	-0,65
N22	2,4	2,4	2,66	3	2,4	2,35
N23	0	0,02	0	0	0	0,015
N24	$-1,22 \cdot 10^{-2}$	—	$-1,28 \cdot 10^{-2}$	$-1,1 \cdot 10^{-2}$	$-1,2 \cdot 10^{-2}$	—
N31	0	0	0	0	-1,2	0
n0	0,4	0,59	0,59	1,17	0,68	0,9
N32	38	6,6	10,63	42	36	8
N33	2,45	1,67	1,69	2,5	2,42	2,35
N34	-0,053	—	-0,055	-0,05	-0,05	—
n _B	49	15,2	24,5	28	46	8,4
n _p	0,022	0,019	0,021	0,02	0,02	0,019

Из анализа данных таблицы видно, что коэффициенты уравнений изменяются в зависимости от режима полета. Очевидно, для получения одинаковых переходных процессов в системе автоматического управления самолета при различных режимах полета необходимо изменять передаточные числа ее автопилота.

Результаты исследований. Имитационная модель для линеаризованной системы дифференциальных уравнений продольного движения самолёта в среде MATLAB представлена на рис. 1. Так как в редакторе модели Simulink не поддерживается греческий шрифт, то в уравнениях (1) сделаны следующие замены: $\delta_p \rightarrow dr, \delta_B \rightarrow db, \alpha \rightarrow a$ и $v \rightarrow u$.

Осциллограммы выходных величин v, a, u и h для различных начальных условий приведены на рис. 2.

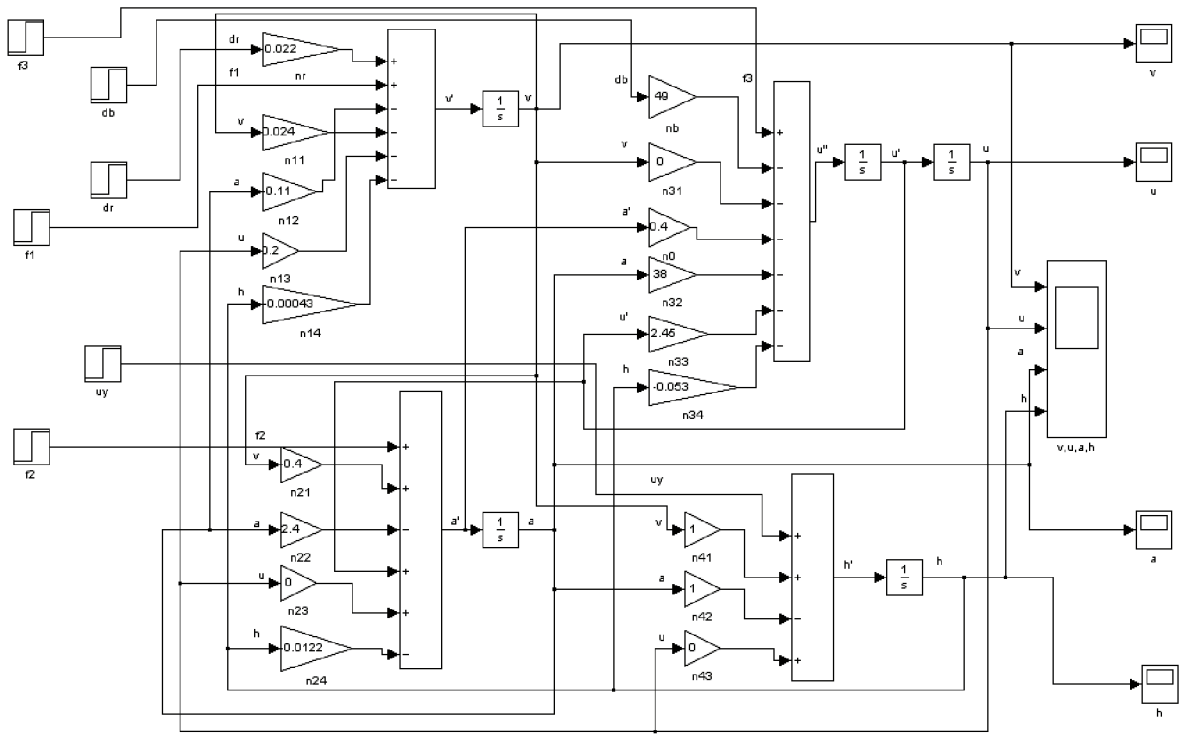


Рисунок 1 – Линеаризованная имитационная модель оптимизации продольного движения самолёта

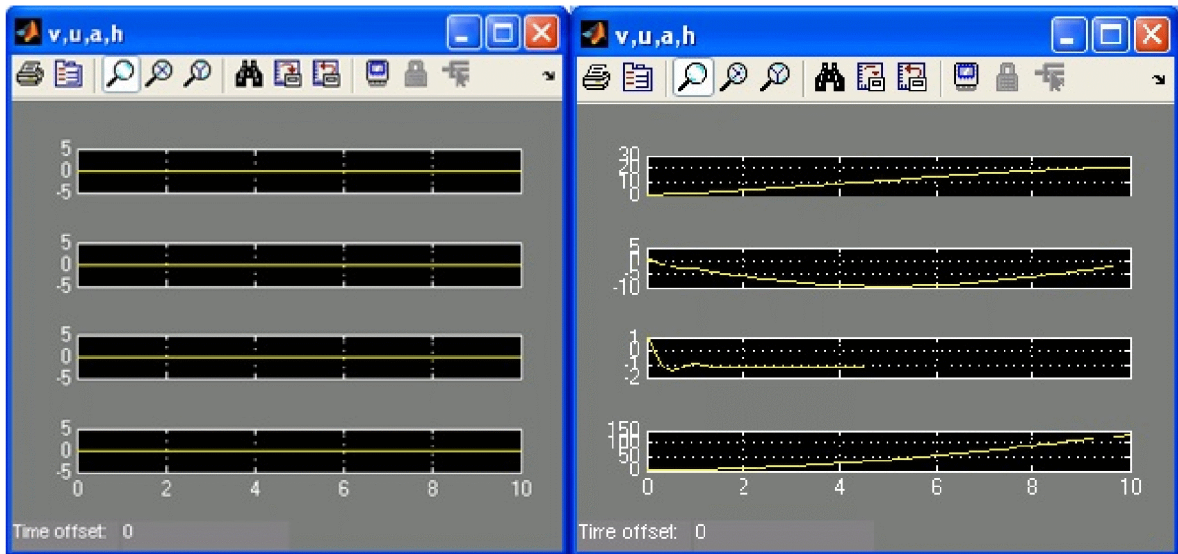


Рисунок 2 – Выходные величины для нулевых начальных условий, нулевых воздействий и единичных начальных условий, единичных воздействий соответственно

Таким образом, полученные модель и выходные величины соответствуют исходным уравнениям при заданных начальных параметрах.

Выводы. Движение самолета как сложной динамической системы в зависимости от режима полета, параметров и характеристик самолета может быть устойчивым или неустойчивым.

Осциллограммы выходных величин v , a , u и h при единичных начальных условиях и единичных воздействиях соответственно обладают переходными процессами, характерными для устойчивой системы. Отсюда можно сделать вывод об адекватности полученной модели и уравнений изолированного продольного движения самолета.

В дальнейшем, на примере разработанной модели для уравнений продольного движения самолёта, будет проводится разработка моделей для уравнений бокового

движення самолёта, взлета, горизонтального полета, маневра в горизонтальной плоскости, маневра в вертикальной плоскости и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Van Loan / Fan «Insight Through Computing: A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering» SIAM, 2010.
2. Сивохин А. В., Мещеряков Б. К. Решение задач оптимального управления с использованием математической системы MATLAB и пакета имитационного моделирования SIMULINK : Лабораторный практикум по основам теории управления: учебное издание. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2006. – 264с.
3. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті: монографія. – К. : Вид-во Нац. Авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 284 с.
4. Казак В. Н., Салимон В. И., Туник А. А. Системы автоматического и полуавтоматического управления полетом / Под общ. ред. В. Н. Казака: монография – К. : изд. НАУ, 2001. – 200 с.

ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ДИНАМІЧНИМИ СИСТЕМАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ

Казак В.М., Усач В.М., Усач С.М., Гальченко С.М.

Національний авіаційний університет

(Україна, м. Київ)

Вступ. Впровадження нейромережевих технологій в системи управління динамічними системами дозволяє поліпшити функції ідентифікації об'єкту та підвищити ефективність систем управління. Таким чином, питання дослідження нейромережевих систем управління літальними апаратами в подальшому є досить актуальним питанням.

Актуальність дослідження. На сьогоднішній день вже створені, або знаходяться на етапі розробки перспективні літальні апарати, які повинні забезпечити якісний прорив авіації. Однак, із-за їх складності потребуються принципово нові методи організації і принципів побудови бортових систем управління. Нейроуправління, або управління за допомогою нейромережевих структур, як раз являється одним із таких методів управління. В даний час використовуваними є два підходи у застосуванні нейромережевих структур в системах управління [3].

- 1) заміна існуючих класичних систем управління нейрорегуляторами;
- 2) доповнення класичних систем управління нейромережевими структурами.

В силу того, що створення нейрорегуляторів являється в більшій мірі процесом емпіричним, то у сучасності найбільш раціональним вбачається другий підхід.

Постановка задачі. В даній статті розглядається можливість побудови інтелектуальних алгоритмів для управління складними динамічними об'єктами на прикладі інвесно-адаптивного нейроуправління літальним апаратом по каналу тангажу за схемою з еталонною моделлю.

Моделювання роботи алгоритму проводилося в програмному середовищі Matlab 6.5/Simulink (рис. 1: Random Number – задаючий сигнал рандомного типу; Model Reference Controller – нейрорегулятор; Object – об'єкт управління; Scope – осцилограф).

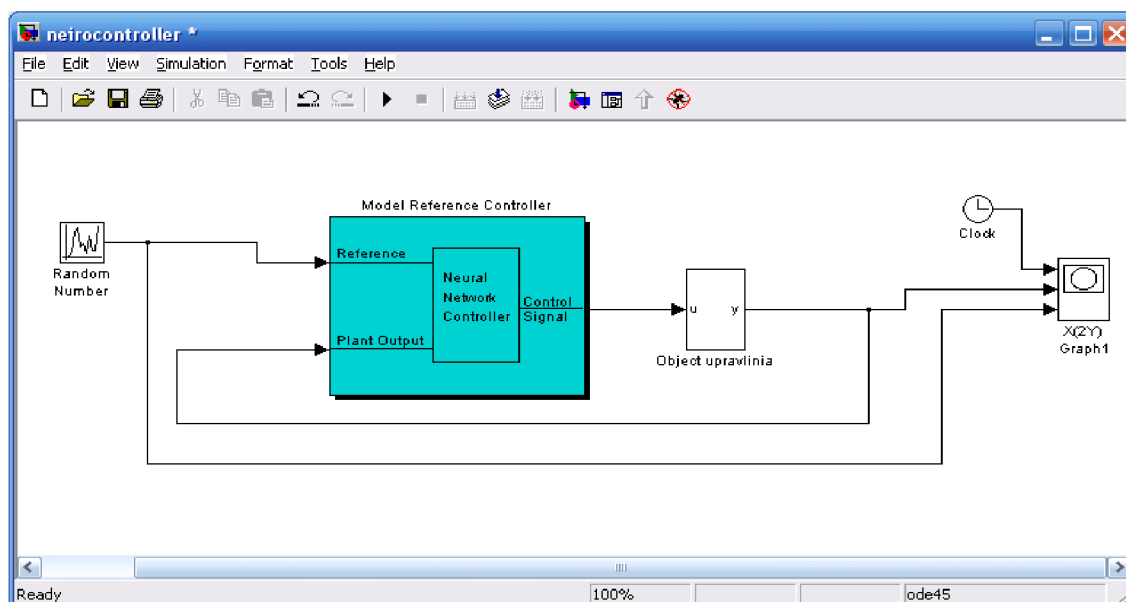


Рисунок 1 – Схема реалізації алгоритму в програмному середовищі Simulink

Алгоритм управління наведений на рис. 2, передбачає виконання двох нейронних мереж: мережі-ідентифікатора і мережі-регулятора (Reference – сигнал з виходу еталонної моделі; Control Signal – управляючий сигнал; Plant Output – сигнал від об'єкта управління; NN Controller – нейронна мережа-регулятор; NN Plant – нейронна мережа –

ідентифікатор). Мережа – ідентифікатор використовується для визначення і емуляції математичної моделі об'єкта і наступного навчання мережі – регулятора. Мережа – регулятор фактично виконує роль інверсної моделі, але для вхідного сигналу у вигляді реакції еталонної моделі на вхідний сигнал всієї системи.

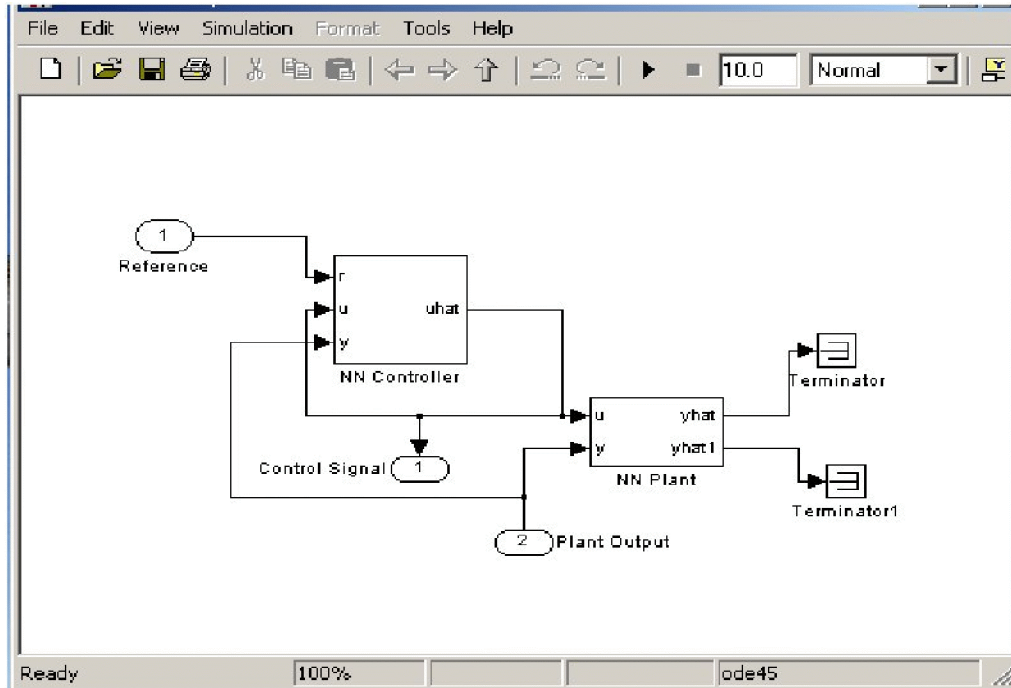


Рисунок 2 – Схема неймережевого регулятора

Далі у якості об'єкта дослідження (рис. 3) взята типова схема системи управління рухом літального апарату на певній ділянці польоту по каналу тангажу: дві інтегральні ланки і одна реально-форсована ланка [5]. У якості еталонної моделі взята та ж сама схема (рис. 3) але з параметрами, які забезпечують більш якісні перехідні процеси системи. Задача алгоритму – наблизити перехідні процеси скоректованої системи до еталонної моделі.

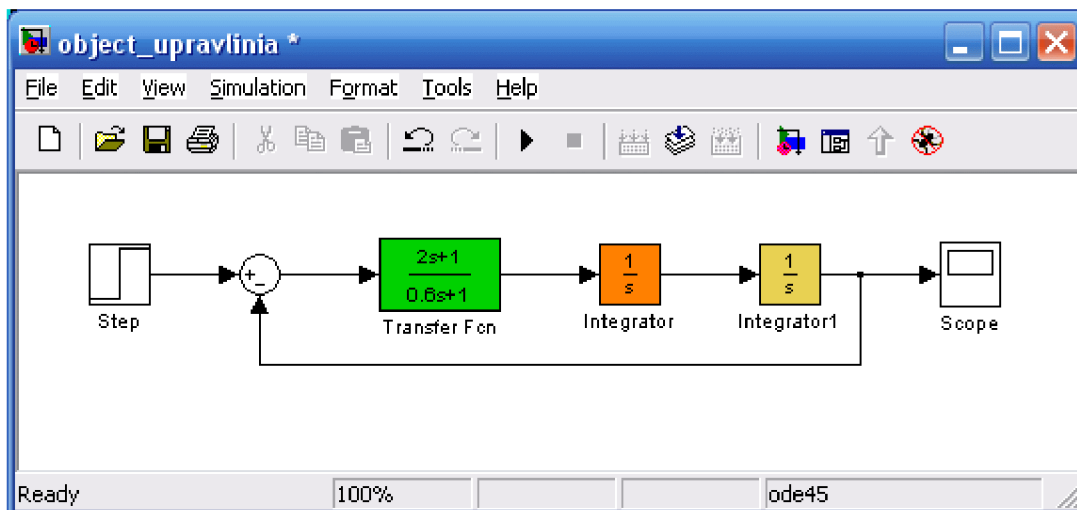


Рисунок 3 – Об'єкт управління

Результати моделювання. Був проведений ряд експериментів для підтвердження інтелектуальності алгоритму і визначення впливу кількості нейронів прихованих шарів регулятора і ідентифікатора на процес управління. При моделюванні роботи алгоритму отриманий наступний результат (рис. 4).

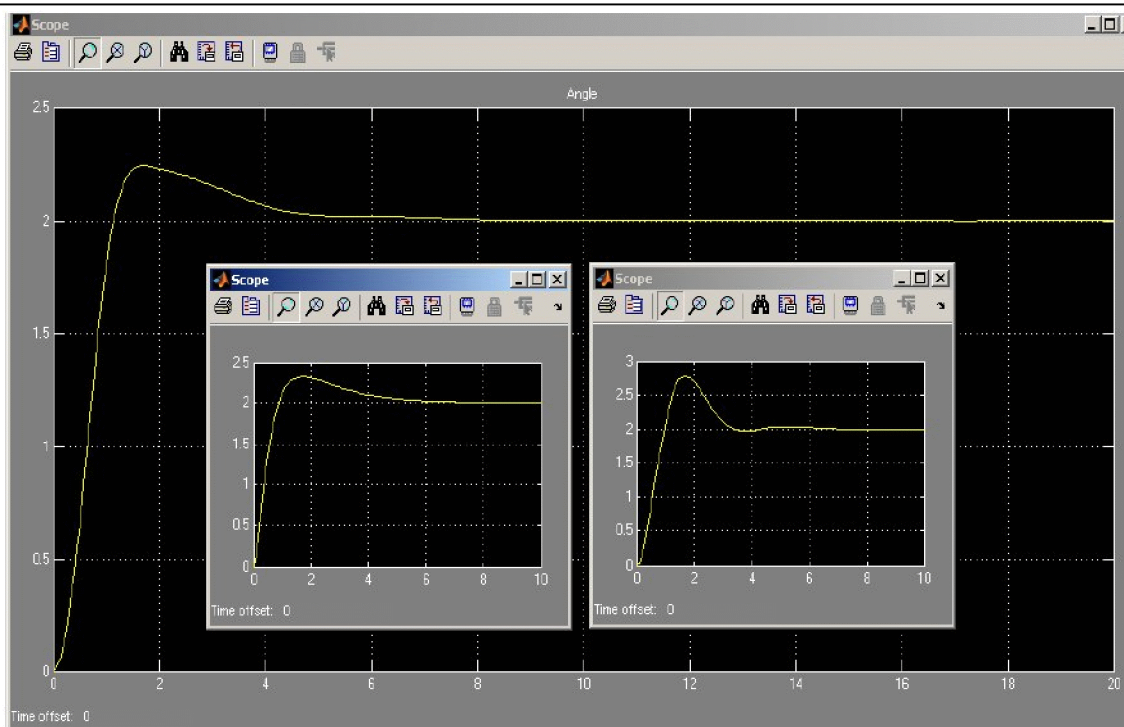


Рисунок 4 – Перехідні процеси. На задньому фоні – об'єкт і нейрорегулятор; на передньому фоні: зліва – еталонна модель, справа – об'єкт без корекції

Для підтвердження того, що даний алгоритм відноситься до алгоритмів інтелектуального управління, були проведені наступний експеримент:

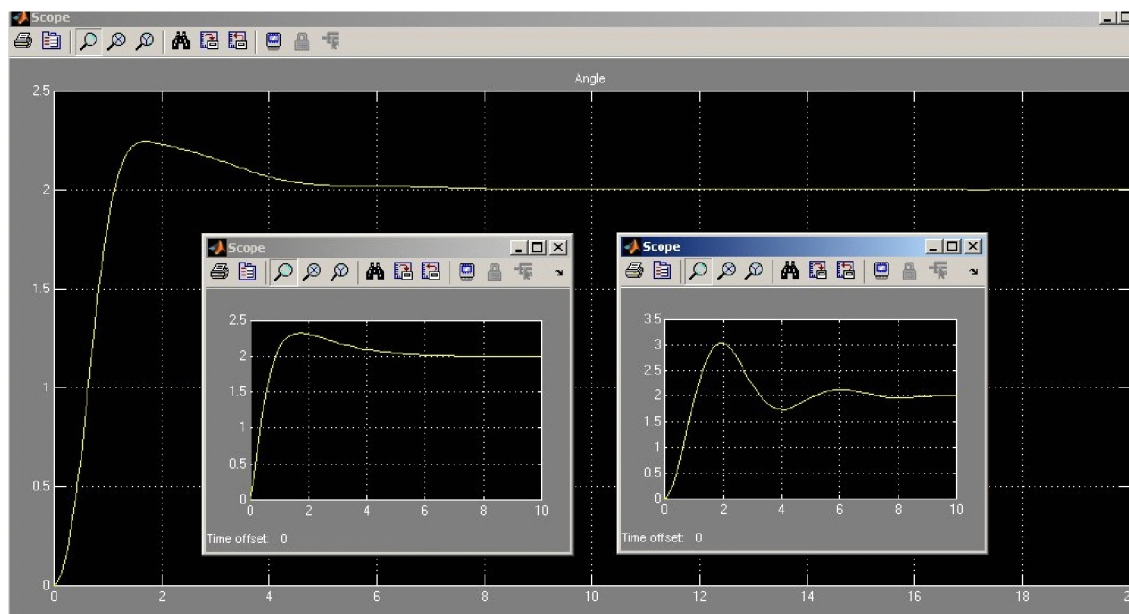


Рисунок 5 – Перехідні процеси після зміни характеристик об'єкта управління

1. Змінені параметри об'єкта управління (постійна часу аперіодичної ланки збільшена з 0,5 до 0,6 що призвело до збільшення коливання і пере регулювання перехідного процесу при заданому впливі «ступінчатий» з кінцевим значенням 2).
2. Проведено ідентифікація об'єкта без зміни структури мережі-ідентифікатора.
3. Проведено навчання мережі-регулятора без зміни структури мережі-регулятора.
4. Отримані перехідні процеси, які відповідають перехідним процесам еталонної моделі (рис. 5).

Висновки. Розглянутий у роботі алгоритм відноситься до класу інтелектуальних, являється придатним для управління стійкими складними динамічними і нестационарними об'єктами. Важливо зауважити, що в алгоритмі використані достатньо прості мережеві структури, які являються на сьогоднішній день добре вивченими і відпрацьованими, що дозволяє зробити висновок про його високу достовірність. Існуючі нейрокомп'ютери дозволяють реалізувати розроблений алгоритм на практиці. Однак доцільним є продовження дослідження з метою пошуку найбільш оптимальних нейромережевих структур.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нейрокомпьютеры в авиации (самолеты) / Под ред. В. И. Васильева, Б. Г. Ильясова, С. Т. Кусимова // Научная серия «Нейрокомпьютеры и их применение», кн.14. – М. : Радиотехника, 2004.
2. Дьяконов В. П., Круглов В. В.. MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 Simulink 5 // Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики. – М. : Солон-пресс, 2006.
3. Медведев В. С., Потемкин В. Г. Нейронные сети. MATLAB 6 / Под общ. ред. В. Г. Потемкина. – М. : Диалог–мифи, 2002. – 496 с.
4. Разоренов Г. Н., Бахрамов Э. А., Титов Ю. Ф.. Системы управления летательными аппаратами (баллистическими ракетами и их головными частями). – М. : Машиностроение, 2003.
5. Казак В. Н, Салимон В. Н., Туник А. А. Системы автоматического и полуавтоматического управления полетом : монография / Под. общ. ред. В. Н. Казака. – К. : Изд. НАУ, 2001. – 200 с.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТОВИХ БАЛАНСІВ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНОГО ФІЛЬТРА КАЛМАНА

Караюз І.В., Бідюк П.І.,

Інститут прикладного системного аналізу Національного технічного
університету України «КПІ»
(Україна, м. Київ)

Складання продуктових балансів (ПБ) необхідне для коригування енергетичної політики країни. Дані, необхідні для формування балансів, публікує Державна служба статистики України (Держстат) [1] у таких формах державного статистичного спостереження:

1. № 4-мтп (річна) «Використання енергетичних матеріалів та продуктів перероблення нафти».
2. № 11-мтп «Про результати використання палива, теплоенергії та електроенергії».
3. Експорт – імпорт окремих видів товарів за країнами світу.
4. Виробництво промислової продукції за видами в Україні.

У кожній формі є статистичні похибки (похибки вимірів), які офіційно публікує Держстат, а під час моделювання отримуємо похибку оцінки. Отже використання оптимальних фільтрів є обґрунтованим та необхідним.

Для виконання обчислювальних експериментів створено інформаційно-аналітичну систему (ІАС), яка містить базу знань і даних, обчислювальне ядро з необхідними алгоритмічними процедурами обробки статистичних даних, критерії якості даних, адекватності математичних моделей та якості оцінок прогнозів, які обчислюються за допомогою створених моделей. Створено зручний дружній інтерфейс користувача з урахуванням сучасних принципів людського фактору.

Побудовано множину математичних моделей вибраних процесів у формі авторегресії та авторегресії з ковзним середнім, що представлено у формі простору станів, який зручний для подальшого використання в алгоритмах фільтрації. В якості інструменту оптимального оцінювання станів економічних процесів та короткострокового прогнозування використано модифікацію оптимального адаптивного фільтра Калмана, який забезпечує врахування випадкових збурень стану та похибок вимірів. Оцінювання статистичних параметрів (коваріацій) випадкових збурень та похибок вимірів виконується з використанням залишків лінійних регресійних моделей, які будуються у створеній інформаційно-аналітичній системі.

Для порівняння результатів короткострокового прогнозування використано модифікацію фільтра Калмана, запропоновану Згуровським М.З. і Подладчиковим В.М. [2] та метод групового урахування аргументів. Попередні результати виконаних обчислювальних експериментів свідчать, що точність оцінок прогнозів, отриманих за допомогою запропонованої модифікації фільтра, перевищує точність процедур, використаних для порівняння. Виконуються роботи стосовно створення ансамблю адаптивних фільтрів та комбінування оцінок прогнозів, отриманих за їх допомогою. Подальше розширення функціональних можливостей ІАС спрямоване також на використання методів ймовірнісного прогнозування за допомогою динамічних байесівських мереж і багатовимірних прогнозуючих розподілів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Державна служба статистики України – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>;
2. Згуровский М. З., Подладчиков В. Н. Аналитические методы калмановской фильтрации. – К. : Наукова думка, 1995. – 286 с.

СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЇ БАГАТОВИМІРНОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВЕРТОЛЬОТА СЕРЕДНЬОГО КЛАСУ

Кривоносенко О.П., Тимошенко Н.А.
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Однією з найважливіших галузей національної економіки, ефективне функціонування якої є необхідною умовою стабілізації і розвитку економіки країни, є авіаційний транспорт. Згідно з прогнозами Міжнародної організації цивільної авіації (ІКАО) загальний попит на повітряні перевезення весь час зростає. Як відомо, останнім часом вертольоти досить впевнено зайняли належне місце у транспортній галузі. Можливість вертольотів виконувати вертикальний зліт та посадку з обмежених та невідготовлених майданчиків, маневрувати на режимі висіння, здатність виконувати польоти на гранично малих висотах дозволяють широко використовувати їх не лише для перевезення пасажирів та вантажів, за допомогою вертольотів прокладають лінії електропередач та зв'язку, контролюють рух на дорогах, виконують аварійно-розвідувальні та будівельні роботи, проводять зйомку з повітря (пошук нафтових плям і т.і.), застосовують у сільсько-господарських роботах. Важливим для країни є використання вертольотів у збройних силах (перекидання військ, боєприпасів та технічного забезпечення, контроль за операціями, зв'язок, розвідка, коригування артилерійського вогню, пошук та знищення наземних та повітряних цілей, підводних кораблів; висадка десанту, охорона границь), медицині, у розвідці та освоєнні корисних копалин у важкодоступних районах, при обслуговуванні бурових вишок на морі та інше.

В більшості режимів польоту вертольоти є нестійкими об'єктам. Найгірші показники стійкості та керованості вертольоти мають на режимі висіння. Існуючі методи та засоби стабілізації вертольотів не дозволяють досягати високого ступеню їх автоматизації, а особливо рівня точності.

Тому задача створення системи стабілізації, яка б забезпечувала мінімальне відхилення вертольота від заданого положення у просторі, є досить актуальною.

В даній роботі пропонується алгоритм синтезу оптимальної системи стабілізації нестійкого об'єкта на режимі висіння на прикладі одногвинтового вертольоту середнього класу.

Постановка задачі. Задача синтезу оптимальної системи стабілізації вертольота сформулюємо наступним чином. Нехай типова структурна схема багатоканальної системи стабілізації має вигляд (рис. 1).

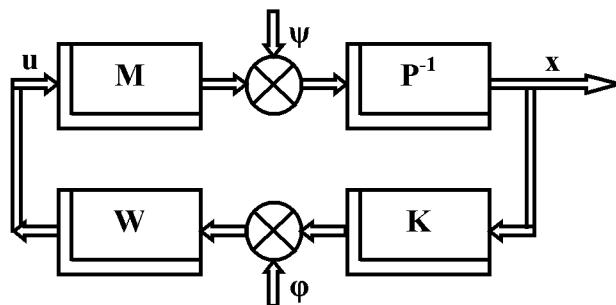


Рисунок 1 – Структурна схема багатоканальної системи стабілізації нестійкого об'єкта

Нехай рух багатоканального об'єкта стабілізації описується системою диференціальних рівнянь з постійними коефіцієнтами виду

$$\mathbf{P}\dot{\mathbf{x}} = \mathbf{M}\mathbf{u} + \boldsymbol{\psi}, \quad (1)$$

де \mathbf{x} – n -вимірний вектор реакції об'єкту, \mathbf{u} – m -вимірний вектор управління та $\boldsymbol{\psi}$ – n -вимірний вектор збурень з відомими спектральними характеристиками; \mathbf{M} та \mathbf{P} –

поліноміальні матриці аргументна p розмірності $n \times n$ та $n \times m$ відповідно, p – аргумент у перетворенні Лапласа, K – матриця вимірювань з завадами [1].

Задача полягає в тому, щоб вибором оптимальної структури регулятора W забезпечити стійкість замкненої системи, забезпечити мінімум функціоналу якості стабілізації, який визначається виразом [1].

$$e = \langle x'Rx \rangle + \langle u'Cu \rangle \quad (2)$$

Рішення задачі. Для вирішення поставленої задачі був застосований алгоритм спектрального синтезу. Задача якого полягала у виборі оптимальної структури такого регулятора, який би забезпечував стійкість замкненої системи, забезпечуючи мінімум функціоналу якості стабілізованої системи, який визначається виразом [1]

Алгоритм визначення оптимальної структури W запишемо аналітично, як [2].

Як відомо [2], оптимальну структуру W визначають за формулою

$$W = F_u^{\psi} (F_x^{\psi})^{-1},$$

де матриці передаточних функцій F_u^{ψ} і F_x^{ψ} замкненої системи повинні бути фізично реалізованими.

Для розрахунку оптимальної структури регулятора, був розроблений пакет прикладних програм для ПЕОМ у середовищі Matlab.

Як модель динаміки вертольота вибрано систему ліанерізованих рівнянь [4]

$$\begin{aligned} \Delta \dot{\omega}_{z1} + a_{mz}^{\omega z} \Delta \omega_{z1} + a_{mz}^{Vx} \Delta V_{x1} + a_{mz}^{Vy} \Delta V_{y1} &= a_{mz}^{\delta n} \Delta \delta_n + a_{mz}^{\delta_{ne}} \Delta \delta_{ne}, \\ \Delta \dot{V}_{x1} + a_x^{vx} \Delta V_{x1} + a_x^{Vy} \Delta V_{y1} + a_x^{\omega z} \Delta \omega_{z1} + a_x^{\vartheta} \Delta \vartheta &= a_x^{\delta n} \Delta \delta_n + a_x^{\delta_{ne}} \Delta \delta_{ne}, \\ \Delta \dot{V}_{y1} + a_y^{\omega z} \Delta \omega_{z1} + a_y^{Vy} \Delta V_{y1} + a_y^{Vx} \Delta V_{x1} &= a_y^{\delta n} \Delta \delta_n + a_y^{\delta_{ne}} \Delta \delta_{ne}, \end{aligned}$$

де V_{x1}, V_{y1} – збурена швидкість вздовж вісі OX_1 та OY_1 відповідно, ω_{z1} – кутова швидкість тангажу; ϑ – кут тангажа; δ_n – кут відхилення шайби автомату прекосу; δ_{ne} – крок несучого гвинта.

Підставивши числові значення коефіцієнтів цієї системи рівнянь [4] та виконавши перетворення Лапласа, можна записати матриці передаточних функцій багатовимірного динамічного об'єкта, що розглядається, та спектральних щільностей завод у наступному вигляді:

$$P = \begin{bmatrix} 7.7 * 10^{-4} & 4.75 * 10^{-3} & s^2 + 0.32s \\ s + 0.031 & -0.0034 & 3.4s + 9.8 \\ -0.049 & s + 0.62 & 0.3s \end{bmatrix}; \quad M = \begin{bmatrix} 3.3 & 1 \\ 15 & 1.04 \\ 47 & 74 \end{bmatrix};$$

матриця нормованих спектральних щільностей завод вимірювання:

$$S_{\varphi\varphi} = \begin{bmatrix} \frac{3.1831}{(s-1)(s+1)} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{3.9789}{(s-1.118)(s+1.118)} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{2.6526}{(s-0.9129)(s+0.9129)} \end{bmatrix};$$

матриця нормованих спектральних щільностей збурень:

$$S_{\psi\psi} = \begin{bmatrix} \frac{0.4}{0.29s + 0.5} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{0.2}{0.36s + 0.5} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{0.15}{0.48s + 0.5} \end{bmatrix}.$$

Таким чином всі вихідні данні для синтезу задано.

Використавши розроблений пакет програм для ПСОМ, були отримані наступні результати:

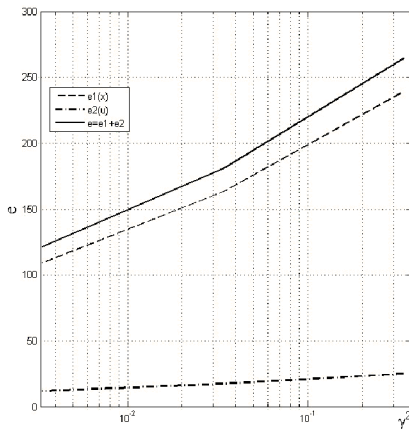
Повторюючи процедуру синтезу для різних експлуатаційних умов, тобто змінюючи коефіцієнти $\gamma^2 = \frac{\sigma_{\psi\psi}^2}{\sigma_{\phi\phi}^2}$ та λ , були отримані значення складових e_1 і e_2 функціоналу $e = e_1 + e_2$ в залежності від зміни γ^2 та λ , які наведені у табл. 1 та визначена оптимальна структура регулятора W , яка забезпечує стійкість замкненої системи, доставляючи мінімум функціоналу якості стабілізованої системи (2).

$$W_{opt} = \begin{bmatrix} \frac{76.83(s+5.33)(s+3.876)(s-1.512)(s+0.3535)}{(s+1251)(s+6.027)(s+4.97)(s+0.7341)} & \frac{76.83(s+5.33)(s+3.876)(s-1.512)(s+0.3535)}{(s+1251)(s+6.027)(s+4.97)(s+0.7341)} \\ \frac{55.8954s+292.2(s+37.19)(s+5.303)(s+0.7655)}{(s+1251)(s+6.027)(s+4.97)(s+0.7341)} & \frac{-35.9888s-17.88(s+0.7069)(s^2+10.43s+28.05)}{(s+1251)(s+6.027)(s+4.97)(s+0.7341)} \\ \frac{2.2993s+193.6(s+45.93)(s+4.78)(s+0.9436)}{(s+1251)(s+6.027)(s+4.97)(s+0.7341)} & \frac{2.1599(s-808.4)(s+27.95)(s+5.26)(s+0.7659)}{(s+1251)(s+6.027)(s+4.97)(s+0.7341)} \end{bmatrix}$$

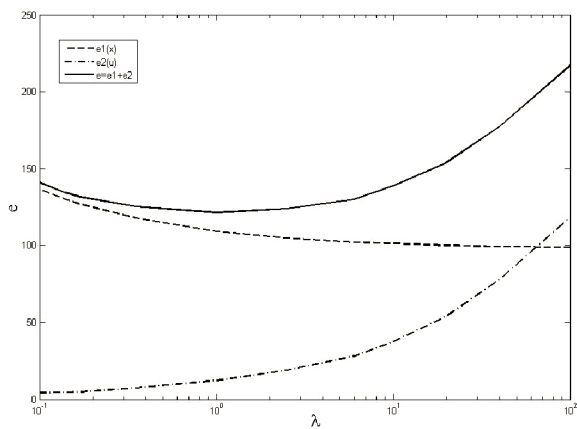
Таблиця 1 – Значення функціоналу якості від експлуатаційного параметру γ^2 та варійованого множника λ .

$\lambda\gamma^2$	0,1		1		10		100	
	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2	e_1	e_2
0,3378	91.1296	8.2619	239.4406	25.1886	25.3151	79.6713	220.4205	256.8622
	e = 299,3915		e = 264,6292		e = 304,9864		e = 477,2827	
$3,378 \cdot 10^{-2}$	196.9724	6.0002	163.1068	7.7605	151.5954	55.0094	147.9696	173.1048
	e = 202,9726		e = 180,8673		e = 206,6048		e = 321,0744	
$3,378 \cdot 10^{-3}$	136.7869	4.3036	109.1500	12.2410	101.4189	37.6353	98.9413	118.2156
	e = 141,0905		e = 121,391		e = 139,0542		e = 217,1569	

Графіки залежності значень функціоналу якості та його складових e_1 та e_2 від експлуатаційних параметра γ^2 та λ зображені на рис. 2.



а)



б)

Рисунок 2 – Залежність зміни показника якості та його складових e_1 та e_2 : а) $e = f(\gamma)$; б) $e = f(\lambda)$

Логарифмічні амплитудно-частотні та фазо-частотні характеристики замкненої системи F_u , F_x при оптимальній структурі регулятора W_{opt} наведені на рис. 3.

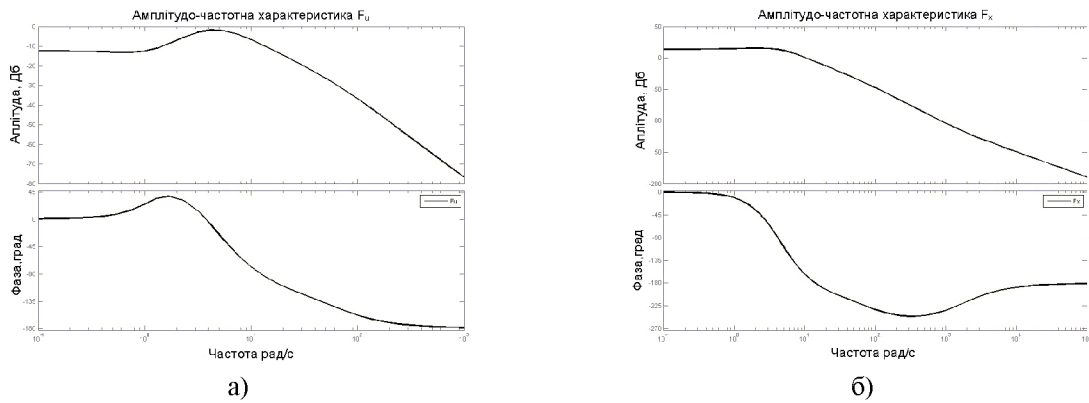


Рисунок 3 – ЛАЧХ та ЛФЧХ замкненої системи F_u , F_x : а) – логарифмічна амплитудно-частотна та фазо-частотна характеристика замкненої системи F_u ; б) – логарифмічна амплитудно-частотна та фазо-частотна характеристика замкненої системи F_x

Виконані дослідження реакції системи стабілізації на детерміновані впливи, що приведені на рис. 4, свідчать про допустимі характеристики перехідного процесу при використанні синтезованої оптимальної структури.

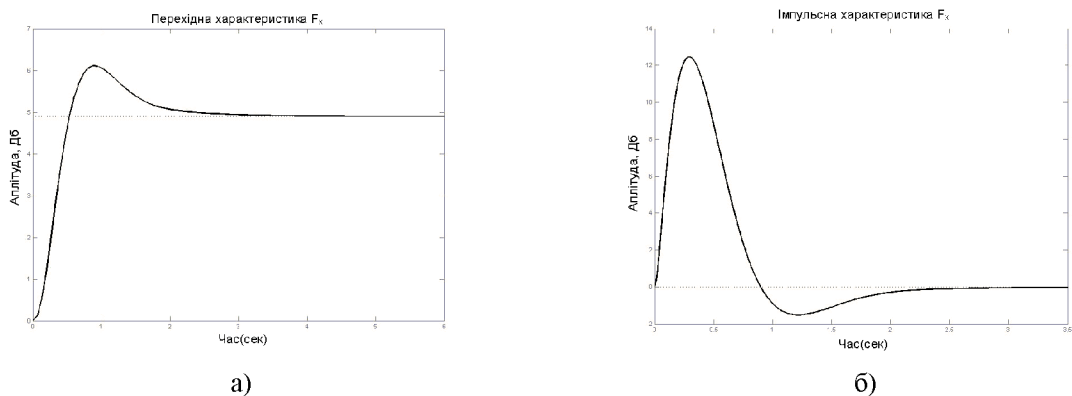


Рисунок 4 – Реакція замкненої системи F_x на детерміновані впливи а) перехідна характеристика; б) імпульсна перехідна характеристика.

Висновки. Запропонований метод синтезу виявився досить ефективним і зручним при практичному використанні й дозволяє створювати високоточні конкурентоспроможні системи стабілізації нестійких об'єктів із довільною динамікою.

Отримане мінімальне значення показника якості для різних експлуатаційних умов і визначена оптимальна структура регулятора W_{opt} , яка дозволяє забезпечити стійкість замкненої системи та достатній рівень якості (точності) стабілізації.

Характер і якість перехідних процесів в системі показує, що система ефективно працює як в стохастичних так і при детермінованих впливах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Азарсков В. Н., Блохін Л. М., Житецкий Л. С. Методология конструирования оптимальных систем стохастической стабилизации: Монография / За ред. Л.М. Блохина. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 440 с.
2. Алгоритми і результати синтезу оптимальної робасної системи стабілізації вертольота / Кривоносенко О. П., Тимошенко Н. А. / Матеріали міжнародної наукової конференції «Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту». – Євпаторія, 2011. – С. 400-404.
3. Блохін Л. М., Буриченко М. Ю. Статистична динаміка систем управління: Підручник. – К.: НАУ, 2003. – 208с.
4. Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование / А. А. Красовский. – М.: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1973. – 560 с.

СТРОГОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЛНОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ И ОБЪЕДИНЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЕЙ

Настасенко В.О.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Связь проблемы с основными научными направлениями Работа относится к области квантовой физики, физики волн и физических полей, в частности – к гравитационному полю и электромагнитным полям и возможностям их объединения, а также к основам мироздания и Вселенной в целом, связанных с гравитационной постоянной G и другими фундаментальными физическими константами – постоянной Планка h и скоростью c света в вакууме. Поиску путей решения данных задач посвящены работы многих ведущих ученых мира и их научных школ, занимающихся глобальными проблемами естествознания, поскольку их решение имеет большой теоретический и практический интерес для познания основ материального мира и Вселенной. Они являются актуальными для развития физики и других наук, в условиях постоянной потребности расширения знаний о материальном мире, о Вселенной в целом и о составляющих их физических полях и веществах.

Анализ состояния проблемы и постановка задачи. В настоящее время физические параметры гравитационного поля относятся к малоизученным, поскольку его единственной реально определяемой характеристикой является сила F_G гравитационного взаимодействия физических тел (1), вытекающая из закона всемирного тяготения Ньютона [1]:

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2} (H), \quad (1)$$

где m_1, m_2 – массы двух точечных объектов, (кг), размещенных на расстоянии r (м) между собой; G – гравитационная постоянная [2]:

$$G = 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{K^2 \cdot c^2} \right) \quad (2)$$

Все остальные характеристики гравитационного поля определяют нестрого, а подобно аналогичным параметрам электромагнитного поля, на основе эмпирической аналогии закона всемирного тяготения (1) и закона Кулона (3) для электростатического взаимодействия двух точечных тел [1]:

$$|F_Q| = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{Q_1 Q_2}{r^2} (H), \quad (3)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная:

$$\epsilon_0 = 8,8541878 \dots \cdot 10^{-12} \frac{A^2 c^4}{K^2 \cdot M^3}, \quad (4)$$

Q_1, Q_2 – электрические заряды двух взаимодействующих точек, А·с, r – расстояние между взаимодействующими точками, м.

При этом эмпирическая аналогия законов (1) и (3) подразумевает также волновое строение гравитационного поля, но она не дает строгих оснований для определения его волновых и других вещественно-полевых характеристик, реально вытекающих из структуры этого поля, а также для определения строгих численных значений этих характеристик.

Устранение указанных недостатков является первой целью выполняемой работы. На базе аналогии законов (1) и (3) выдвинута гипотеза о возможности объединения электромагнитного и гравитационного полей. Эта задача возникла еще в XIX веке, в XX веке ее решению посвятили последние годы жизни М. Борн и А. Эйнштейн [3].

В настоящее время она по-прежнему актуальна. Открытые во второй половине XX века слабое и сильное взаимодействия, электрослабое и большое объединения [1], дают основания для успешного решения и задачи суперобъединения, структурная схема которых показана на рис. 1 [4].

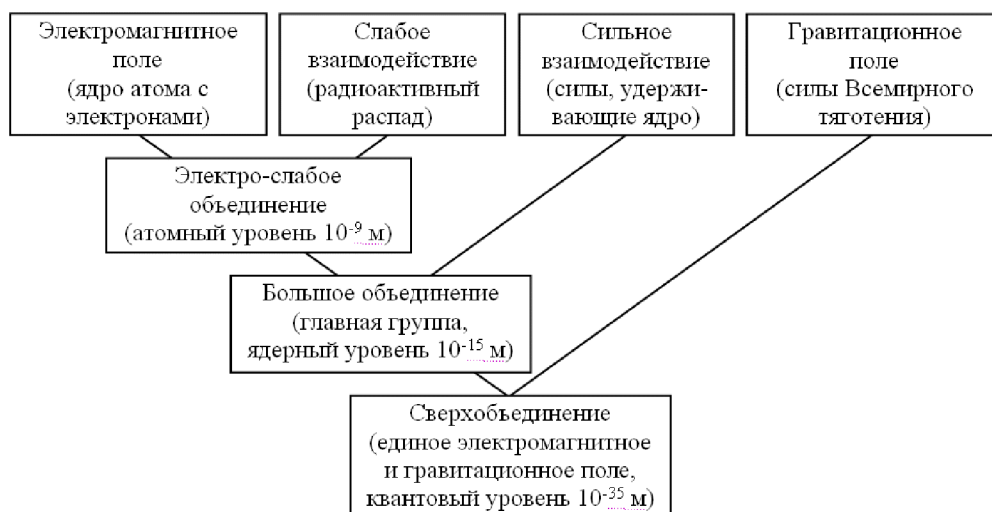


Рисунок 1 – Структурная схема объединения физических полей и взаимодействий

Решение задачи объединения электромагнитного и гравитационного полей со строгим обоснованием вещественно-полевых параметров этого объединения, является второй целью выполненной работы.

Научной новизной выполняемой работы является:

- 1) обоснование новой строгой теоретической базы для определения волновых и вещественных параметров гравитационного поля;
- 2) нахождение на этой базе расчетных зависимостей и определение их численных значений;
- 3) объединение на базе найденных параметров гравитационного и электромагнитного полей.

Исходные положения для достижения поставленных целей. Исходными приняты найденные в 1900 г. М.Планком особые физические величины [1]: – Планковская длина l_p^o (5), Планковское время t_p^o (6) и Планковская масса m_p^o (7), уникальность которых в том, что они получены на базе строгих закономерностей из трех исходных фундаментальных физических констант: гравитационной постоянной G (2), круговой постоянной Планка \hbar (8) и скорости c света в вакууме (9), поэтому они могут быть отнесены к основам материального мира [5]:

$$l_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = \sqrt{\frac{1,054571726 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^3}} = 1,61621 \cdot 10^{-35} \text{ м}, \quad (5)$$

$$t_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = \sqrt{\frac{1,054571726 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^5}} = 5,39109 \cdot 10^{-44} \text{ с}, \quad (6)$$

$$m_p^o = \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} = \sqrt{\frac{1,054571726 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)}{6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}} = 2,17650 \cdot 10^{-8} \text{ кг}, \quad (7)$$

где c – скорость света в вакууме [6]:

$$c = 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right), \quad (8)$$

\hbar – круговая постоянная Планка [6]:

$$\hbar = 1,054571726 (\text{Дж} \cdot \text{с}). \quad (9)$$

На их базе в работе [7] впервые были определены предельно возможные величины волновых параметров (10)...(13), отнесенные к волновым параметрам гравитационного поля:

Амплитуда колебаний: $A_p^o = l_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,61621 \cdot 10^{-35} (\text{М}), \quad (10)$

Период колебаний: $T_p^o = t_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} = 5,39109 \cdot 10^{-44} (\text{с}), \quad (11)$

Частота колебаний: $\nu_p^o = (T_p^o)^{-1} = \frac{1}{t_p^o} = \sqrt{\frac{c^5}{\hbar G}} = 1,85491 \cdot 10^{43} (\text{Гц}), \quad (12)$

Длина несущих волн: $\lambda_p^o = \frac{c}{\nu_p^o} = l_p^o = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} = 1,61621 \cdot 10^{-35} (\text{М}). \quad (13)$

Их связь с волновыми параметрами гравитационного поля была подтверждена в работе [8] через связь Планковских параметров l_p^o, t_p^o, m_p^o с гравитационной постоянной G , вытекающую из ее размерности $\left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)$ (14), которая также была впервые установлена в работе [7], но не использовалась для доказательства этой связи:

$$G = \frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} = \frac{(l_p^o)^3}{m_p^o \cdot (t_p^o)^2} = \frac{(1,61621 \cdot 10^{-35} (\text{М}))^3}{2,17650 \cdot 10^{-8} (\text{кг}) \cdot (5,39109 \cdot 10^{-44} (\text{с}))^2} = 6,67390 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right) \quad (14)$$

Учитывая обоснованную в работе [9] потребность перехода от круговой постоянной Планка \hbar (9), полученной искусственным путем деления постоянной Планка h (15) на число 2π (16) [1], к исходной величине h (15) при описании параметров Вселенной, на этой базе были получены новые, или “естественные” Планковские величины l_p, t_p, m_p (17)...(19):

$$h = 6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}, \quad (15)$$

$$\hbar = \frac{h}{2\pi} = \frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{2 \cdot 3,14159256} = 1,054571726 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}. \quad (16)$$

$$l_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = \sqrt{\frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 6,67396744 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^3}} = 4,05124943 \cdot 10^{-35} (\text{М}), \quad (17)$$

$$t_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = \sqrt{\frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 6,6739647 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^5}} = 13,5135135 \cdot 10^{-44} (\text{с}), \quad (18)$$

$$m_p = \sqrt{\frac{hc}{G}} = \sqrt{\frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)}{6,67396744 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}} = 5,45564754 \cdot 10^{-8} (\text{кг}). \quad (19)$$

Здесь и далее используется уточненная по методике работы [10] величина G (24). В рамках традиционных знаний о материальном мире, применение величин l_p , t_p , m_p в научных исследованиях ограничено сверхплотным (сингулярным) периодом рождения Вселенной [11], результатом которого является возникновение материальной Вселенной и формирование в ней всех исходных физических полей и веществ, с которыми связаны фундаментальные физические константы G , c , h . Учитывая доказанную в работах [12, 5] связь Планковских величин с Планковскими слоями, охватывающими друг за другом сферическое пространство Вселенной, на базе этого в работах [9, 10] величины l_p , t_p , m_p также были связаны с волновыми параметрами (20)...(23):

$$\text{Амплитудой колебаний: } A_p = l_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 4,05124943 \cdot 10^{-35} (\text{М}), \quad (20)$$

$$\text{Периодом колебаний: } T_p = t_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = 13,5135135 \cdot 10^{-44} (\text{с}), \quad (21)$$

$$\text{Частотой колебаний: } \nu_p = (T_p)^{-1} = \frac{1}{t_p} = \sqrt{\frac{c^5}{hG}} = 7,40000000 \cdot 10^{42} (\text{Гц}), \quad (22)$$

$$\text{Длиной несущих волн: } \lambda_p = \frac{c}{\nu_p} = l_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 4,05124943 \cdot 10^{-35} (\text{М}). \quad (23)$$

Однако при этом входящие в зависимости (10)...(14) и (20)...(23) параметры l_p^o, t_p^o, m_p^o и l_p, t_p, m_p , в работах [7, 8, 10] были связаны с волновыми параметрами гравитационного поля априорно, без строгого доказательства этой связи.

Строгое определение волновых параметров гравитационного поля. Для строгого обоснования в данной работе, была использована найденная в работе [10] новая зависимость для определения величины гравитационной постоянной G (24):

$$G = \frac{t_p^2 c^5}{h} = \frac{(13,5135135 \cdot 10^{-44} (\text{с}))^2 \left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^5}{6,62606957 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с})} = 6,67396744 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right), \quad (24)$$

Особенностью зависимости (24) является переход к строгим параметрам скорости света в вакууме c (8) и постоянной Планка h (15) при исключении всех Планковских величин, кроме Планковского времени t_p , которое также может быть выражено в виде строгой волновой характеристики – Планковской частоты ν_p (22), что сводит зависимость (24) к зависимости (25), из которой частота ν_p может быть получена на строгой физической основе в рамках зависимости (26):

$$G = \frac{t_p^2 c^5}{h} = \frac{c^5}{\nu_p^2 h} \quad (25)$$

$$\nu_p = \sqrt{\frac{c^5}{Gh}} = \sqrt{\frac{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{М}}{\text{с}}\right)\right)^5}{6,67396944 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right) \cdot 6,62606957 \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с})}} = 7,40000000 \cdot 10^{42} (\text{с}^{-1}) \quad (26)$$

Выделение в гравитационной постоянной G именно волновой характеристики – частоты ν_p , на строгой физической основе подтверждает ее связь с частотой гравитационного поля, поскольку G является составной компонентой гравитационных сил F_G , входящих в закон Всемирного тяготения (1).

Поскольку найденное значение частоты ν_p (26) совпадает со значением (22), остальные параметры (20), (21), (23), в рамках волновых зависимостей, можно также признать строгими волновыми параметрами гравитационного поля, имеющими также вещественные параметры (17)...(19). Достоверность всех выдвинутых выше научных положений и найденных на их базе полевых и вещественных параметров гравитационного поля подтверждается:

1) размерно-массовые параметры гравитационного поля – законом неопределенности импульса (28) Гейзенберга [1], для скорости ν_p (27):

$$\nu_p = \frac{l_p}{t_p} = \frac{4,05124943 \cdot 10^{-35} (M)}{13,5135135 \cdot 10^{-44} (c)} = 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c} \right), \quad (27)$$

$$m_p \nu_p = \frac{h}{\lambda_p} = 5,45564754 \cdot 10^{-8} (кз) \cdot 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c} \right) = \frac{6,62606957 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot c)}{4,05124943 \cdot 10^{-35} (M)} = 16,3556199 \left(\frac{кз \cdot M}{c} \right), \quad (28)$$

2) частотно-массовые параметры гравитационного поля – волновым законом (29) де Бройля [1], если энергию излучения гравитационного поля связать с полной энергией массы составляющего его вещества, найденной по закону Эйнштейна о связи массы и энергии $E_p = m_p c^2$:

$$\nu_p = \frac{E_p}{h} = \frac{m_p c^2}{h} = 7,40000000 \cdot 10^{42} (c^{-1}) = \frac{5,45564754 \cdot 10^{-8} (кз) \cdot \left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c} \right) \right)^2}{6,62606957 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot c)} \quad (29)$$

Найденная связь массы с волновыми параметрами гравитационного поля (28), (29) является дополнительным, хотя и косвенным, доказательством их верности, поскольку без массы – гравитационное поле не существует.

Объединение гравитационного поля с электромагнитным. Сложность решения задачи объединения гравитационного и электромагнитного полей можно объяснить тем, что до настоящего времени не были известны их волновые параметры, поэтому было неясно, что и как можно объединять.

Исходя из найденных волновых характеристик (20)...(23) можно строго утверждать, что объединить гравитационное поле, можно только с электромагнитным полем, имеющим такие же волновые характеристики. Таким образом, можно сделать вывод, что объединение данных полей возможно только на Планковском уровне. Данный вывод подтверждается:

1) косвенно – численным равенством величин волновой (30), кинетической (31) и потенциальной (32) энергий, в рамках известных законов [1] для их определения:

$$E_p = h \nu_p = 6,62606957 \cdot 10^{-34} (Дж \cdot c) \cdot 7,40000000 \cdot 10^{42} (c^{-1}) = 4,90329148 \cdot 10^9 (Дж), \quad (30)$$

$$E_p = m_p c^2 = 5,45564754 \cdot 10^{-8} (кз) \cdot \left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c} \right) \right)^2 = 4,90329148 \cdot 10^9 (Дж), \quad (31)$$

$$E_p = m_p g_p l_p = 5,45564754 \cdot 10^{-8} (кз) \cdot 2,21846419 \cdot 10^{51} \left(\frac{M}{c^2} \right) \cdot 4,05124943 \cdot 10^{-35} (M) = 4,90329148 \cdot 10^9 (Дж) \quad (32)$$

где g_p – Планковское ускорение свободного падения (33):

$$g_p = \frac{l_p}{t_p^2} = \frac{4,05124943 \cdot 10^{-35} (M)}{(13,5135135 \cdot 10^{-44})^2} = 2,21846419 \cdot 10^{51} \left(\frac{M}{c^2} \right). \quad (33)$$

2) строго – общей для всех этих энергий функциональной зависимостью (34), полученной при подстановке в зависимости (30) – (32) зависимостей (26), (19), (17), (18) для составляющих их Планковских параметров ν_p , m_p , l_p , t_p :

$$E_p = h \nu_p = m_p c^2 = m_p g_p l_p = h \sqrt{\frac{c^5}{hG}} = \sqrt{\frac{hc}{G}} \cdot c^2 = \sqrt{\frac{hc}{G}} \cdot \frac{\sqrt{hG}}{\left(\sqrt{\frac{hG}{c^5}} \right)^2} \cdot \sqrt{\frac{hG}{c^3}} =$$

$$= \sqrt{\frac{hc^5}{G}} = \sqrt{\frac{6,6260695710^{-34} (\text{Дж}\cdot\text{с}) \cdot \left(0,29979245810^9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)\right)^5}{6,6739674410^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг}\cdot\text{с}^2}\right)}} = 4,9032914810^9 (\text{Дж}). \quad (34)$$

Експериментальним підтвердженням єдинства гравітаційного і електромагнітного полів являється зависання кільцевого сверхпроводника, в якому збуджений постійний електричний ток, викликаючий в ньому появу магнітного поля з частотою і амплітудою коливань, протилежних по фазі частоті і амплітуді коливань гравітаційного поля (інакше б ефекта зависання не виникло). В цьому випадку знайдені параметри гравітаційного поля (20) – (23) можна також вважати параметрами постійного електричного струму.

З залежності (28), (30), (31) випливає, що:

$$m_p \nu_p = \frac{h}{\lambda_p}, \text{ или } \frac{E_p}{c} = \frac{h}{\lambda_p}, \text{ или } \frac{h \nu_p}{c} = \frac{h}{\lambda_p}, \quad (35)$$

Остаточно перетворив вираз (35), отримаємо:

$$\nu_p \lambda_p = c = 7,4 \cdot 10^{42} (\text{с}^{-1}) \cdot 4,05124943 \cdot 10^{-35} (\text{м}) = 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right) \quad (36)$$

Оскільки з залежності (26) випливає, що для гравітаційного поля $\nu_p = \text{const}$, тоді при всіх інших довжинах хвиль, крім Планківських λ_p , об'єднання полів неможливо.

Висновки. Знайдені нові фізичні залежності, закони і закономірності строго випливають з відомих фізичних законів і закономірностей і не суперечать їм.

Строге визначення частоти ν_p гравітаційного поля за залежності (26) знайдено вперше, а пов'язані з нею параметри – вперше знайдені в роботі [7], що вносить коренні зміни в представлення про його параметри і в кінцевому підсумку – в загальний рівень наукового пізнання, тому відповідає всім ознакам наукового відкриття [13].

Строге визначення частоти ν_p гравітаційного поля за залежності (26), вперше показало, що вона є фундаментальною фізичною константою.

Строге обґрунтування параметрів об'єднання гравітаційного і електромагнітного полів знайдено вперше в роботі [14] і уточнено за залежностями (29)...(34), які вносять коренні зміни в загальний рівень наукового пізнання, що також відповідає всім ознакам наукового відкриття [13].

Строге постійність частоти хвиль гравітаційного поля $\nu_p = \text{const}$ (26), виключає можливість об'єднання гравітаційного і електромагнітного полів на інших рівнях, крім Планківського, з довжиною хвиль λ_p , що підтверджує знайдену закономірність (36).

ЛИТЕРАТУРА

1. Фізичний енциклопедичний словарь / Под общ. ред. А. М. Прохорова. / Д. М. Алексеев, А. М. Бонч-Бруевич, А. С.Воронов-Романов и др. –М. : Сов. Энциклопедия, 1983. – 928 с.
2. Phys.Web.Ru >> Постоянные | Беспрецедентное измерение гравитационной постоянной (по материалам бюллетеня The American Institute of Physics. Bulletin of Physics News. Number 482. May 3, 2000).
3. Гернек Ф. Альберт Эйнштейн. –М. : Мир, 1984. – 128 с.
4. Ротх Р. Трансцендентальная медитация Махариши Махеш Йоги. –М. : Maharishi Vedic University. 1994. –110 с.
5. Настасенко В. О. Аналіз гранично можливих шаруватих структур // Фізика і хімія твердого тіла. – Івано-Франківськ : Прикарп. нац. ун-т, 2006. – Т.7., № 4. – С.793-797.
6. CODATA Internationally recommended values of the Fundamental Physical Constants

7. Настасенко В. А. Открытие предельно возможных величин волновых параметров // 10-я Юбилейная Междунар. науч. конф. «Теория и техника передачи, приема и обработки информации» : сб. тезисов докладов. Ч.1. – Харьков : ХНУРЭ, 2004. – С. 30-31.
8. Настасенко В. А. Открытие волновых параметров гравитационного поля // V Всеукраїнська наук.-техн.конф. «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об'єктів» : тези наук. доповідей. – Кременчук : КДПУ, 2006. – С. 19-20.
9. Настасенко В. О. Обґрунтування параметрів мінімального кванта простору Всесвіту /Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. – Херсон, ХДМА, 2012. – №.1(6). – С. 285-297.
10. Настасенко В. А. О возможности уточнения значения гравитационной постоянной расчетным путем / Материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Высокопроизводительные вычислительные системы – 2013». –К. : НГУУ «КПИ», 2013. – С. 266-272.
11. Силк Дж. Большой взрыв: Пер. с англ. / Под ред. И. Д. Новикова. –М. : Мир, 1982. – 391 с.
12. Настасенко В. А. Эталон массы в элементах квантовой физики // Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века : сб. трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. –Донецк : ДонГТУ, 2000, Т1. – С. 95-100.
13. Україна. Закони. Цивільний кодекс України. – К. : Школа. 2003. – С.142.
14. Настасенко В. А. Открытие возможности объединения механических и электрических единиц измерения // Машиностроение и техносфера XXI века : сб. трудов XI Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. – Донецк : ДонНТУ, 2004. – Т 2. – С. 261-266.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ И ТРАНСПОРТА ГАЗА

Нефедов Л.И., Шевченко М.В., Кудырко О.Н., Кудырко С.В.
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. В настоящее время проблема обеспечения качества продукции выходит на первый план для всех сфер деятельности предприятий. Современная, отвечающая всем ГОСТам, система управления качеством обеспечит предприятиям рыночную конкуренцию.

Актуальность исследований. Проблема управления качеством рассматривалась многими авторами [1-3], разработаны серии ГОСТов по менеджменту качества [4], определены основные положения в этом вопросе. Однако, выведены только общие закономерности, которые не учитывают особенностей в производстве каждого продукта. Отсутствие методологии управления качеством, недостаточно полная исследованность теории синтеза систем управления и информационных технологий управления качеством позволяет считать актуальной проблему синтеза системы управления качеством добычи, переработки и транспорта газа, которая будет учитывать особенности газа как продукта, поставляемого конечному потребителю.

Постановка задачи. Газ является специфической продукцией, поскольку основой при определении качества является его компонентный состав, кроме того, влияние внешних воздействий создает условия, при которых начальный продукт имеет нестационарную природу и может изменяться случайным образом даже в границах одного разрабатываемого пласта. Бурение и разработка скважин при добыче газа базируется на данных геологоразведки, которые не дают полной исходной информации и могут оказаться неверными. Основным этапом для обеспечения качества газа, подаваемого конечному потребителю является этап переработки, который включает в себя сбор и подготовку газа после добычи [5,6]. Уже на этапе подачи газа на транспорт к конечному потребителю он должен отвечать соответствующим стандартам качества. Неполнота и неточность исходной информации, а также погрешности, возникающие на этапе переработки газа, влияют не только на качество самого продукта, но и на работу всего газодобывающего предприятия. Следовательно, синтез системы управления качеством, обоснование информационных технологий управления качеством и разработка методологии систем управления качеством (СУК) являются первоочередными задачами.

Результаты исследований. В общем случае качество - синтетический показатель, отражающий совокупное проявление многих факторов - от динамики и уровня развития национальной экономики до умения организовать и управлять процессом формирования качества в рамках любой хозяйственной единицы [3]. Одним из основных и немаловажных элементов системы управления качеством будет выступать информационная технология создания системы управления качеством для контроля качества газа на всех этапах от добычи до подачи конечному потребителю. Первым этапом информационной технологии является анализ исходной информации о добыче газа, которая определит необходимые процессы переработки и этапы транспорта газа, а также позволит сформулировать следующий этап - формирование целей и задач СУК добычи, переработки и транспорта газа (ДПТГ). Основой СУК ДПТГ, в свою очередь, будут выступать система мониторинга ДПТГ, которая позволит получать все необходимые сведения об основных показателях качества газа, и система поддержки принятия решений, которая позволит формулировать рекомендации для управления качеством ДПТГ. После этапа формирования целей и задач СУК ДПТГ необходимо декомпозировать процессы добычи, переработки и транспорта газа на подпроцессы, выделив особенности каждого из подпроцессов. Это позволит

выделить и определить основные критерии качества и показатели процессов для системы мониторинга качества. Существующие в данный момент системы мониторинга ориентированы в основном на транспорт и не учитывают особенности добычи и переработки. Следовательно, на следующем этапе, необходимо разработать и реализовать модель синтеза системы мониторинга ДПТГ, которая будет отслеживать и фиксировать в реальном времени в заданных точках выбранные на предыдущих этапах показатели качества и направлять полученную информацию на пункты контроля для ее сбора, а затем на диспетчерский пункт. Обобщенная модель синтеза системы мониторинга обладает большой размерностью, поэтому проводится ее декомпозиция на модели структурной оптимизации, топологической и параметрической оптимизации, следуя основным принципам декомпозиционного подхода, когда каждый предыдущий этап должен сужать область допустимых решений последующего этапа, а результаты, принятые на нижележащих уровнях, учитываются при коррекции решений вышележащих уровней, так как в таком виде ее решение связано с большими вычислительными затратами. При этом каждая из моделей оптимизации структурно-топологического и параметрического синтеза также может быть декомпозирована на модели меньшей размерности.

На следующем этапе необходимо провести оценку и анализ полученных с помощью системы мониторинга результатов, которые позволят оценить качество поступающего после добычи и переработки продукта на транспорт. Следует учитывать, что погрешности системы мониторинга также будут оказывать влияние на качество исходного продукта. В связи с этим, следующим этапом будет оценка и анализ синтезированной системы мониторинга. Обобщение данных этих двух этапов позволит сформулировать основные требования для синтеза системы поддержки принятия решений (СППР), которая позволит формировать и реализовывать основные рекомендации и управляющие воздействия для системы управления качеством ДПТГ. Существует достаточно много определений для СППР, обобщенно можно отметить, что СППР - используются для решения в режиме диалога плохо структурированных задач, для которых характерна неполнота входных данных, недостаточность имеющихся стандартных процедур принятия решений, неясность целей и ограничений. Основные задачи, решаемые в СППР, согласно [7] – ввод данных, хранение данных и анализ данных. Как основу СППР предлагается использовать информационно-справочное обеспечение, которое будет поддерживать диалог и с системой мониторинга. СППР должна содержать ряд модулей, которые обеспечат интерфейс, управление данными, блок моделей, используемых для принятия решений и обеспечивающих, в ряде случаев, сложный многомерный и многокритериальный анализ, а также инструментальные средства моделирования

На следующем этапе необходимо оценить эффективность синтезированных систем (мониторинга и СППР) и оценить результативность их работы, обобщенное значение которой позволит определить и результативность всей СУК.

Развитие газодобывающего промысла, бурение новых скважин и формирование «кустов» позволяет сформулировать необходимость развития систем мониторинга и СППР, соответственно, тем самым будет происходить и укрупнение СУК, развитие новых информационных технологий в области мониторинга, поддержки принятия решений, а также самих процессов добычи, переработки и транспорта газа в определенный момент сформирует этап реинжиниринга. Под развитием при этом понимаем исследование появляющихся новых подсистем, их характеристик и параметров, с целью объединения их с исходной, уже существующей системой в некоторой исходной форме с последующей реализацией. При этом под новыми подсистемами подразумеваются как появляющиеся новые скважины, так и укрупнение самой системы мониторинга и появление новых диспетчерских пунктов (для децентрализованных систем). Под реинжинирингом понимаем исследование (изучение, обследование) и

перестройку исходной системы с целью ее воссоздания в новой форме с последующей реализацией этой новой формы.

Укрупнение первоначальной газодобывающей системы поставит проблему, связанную со старением унаследованных (исходных) систем мониторинга и СППР. Унаследованные системы не смогут обеспечивать такую же эффективность работы и быстродействие как новые, появляющиеся после развития элементы. Следовательно, завершающим этапом в развитии СУК ДПТГ будет этап разработки и реализации модели реинжиниринга системы мониторинга и СППР, а также оценка и анализ этих систем после реинжиниринга.

Все задачи оптимизации принятия решений помимо многокритериальности на всех этапах, являются задачами линейного дискретного программирования с булевыми переменными.

Выводы. Таким образом, предложена информационная технология для создания и функционирования СУК ДПТГ, которая на каждом из этапов будет использовать методы многокритериальной дискретной оптимизации и нечеткой математики, что позволит структурировать процесс принятия решений для повышения качества газа на всех этапах от добычи до доставки конечному потребителю.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кане М. М. Системы, методы и инструменты менеджмента качества : учебное пособие / М. М. Кане, Б. В. Иванов, В. Н. Корешков, А. Г. Схиртладзе – СПб. : Питер, 2008. – 560 с.
2. Шевчук Д. А. Управление качеством : учебник / Д. А. Шевчук. – М. : ГроссМедиа, РОСБУХ, 2008. – 216 с.
3. Мишин В. М. Управление качеством : учебник/ В. М. Мишин. – М. : Юнити-Дана, 2005. – 463 с.
4. Системи управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT): ДСТУ ISO 9001-2009. – К. : Держспоживстандарт України. – [Чинний від 2009-06-22] – 2009. – 26 с. – (Національний стандарт України).
5. Седак В. С. Компьютерные технологии в разработке и эксплуатации региональных систем газоснабжения на примере ОАО ГГО «Харьковгаз» : диссертация канд. техн. наук: 05.13.06 / В. С. Седак. – Харьков, 1999. – 182 с.
6. Андреев Е. Б. Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа : Учебное пособие для вузов/ Е. Б. Андреев, А. И. Ключников, А. В. Кротов, В. Е. Попадько, И. Я. Шарова – М. : ООО «Недра-Бизнесцентр», 2008. – 399 с.
7. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data-mining / Барсегян А. А., Куприянов М. С., Степаненко В. В. и др. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ОБТЕКАНИЯ ТРЕХЭЛЕМЕНТНОГО ПРОФИЛЯ 30P30N

Редчиц Д.А.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепропетровск),

Моисеенко С.В.

Херсонский национальный технический университет (Украина),

Пахомова Ю. А.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепропетровск)

Введение. На сегодняшний день проведение аэродинамических продувок полномасштабных трехмерных конфигураций крыльев, крыло-фюзеляж при числах Рейнольдса соответствующих полетным, весьма затруднительны и дорогостоящи. Результаты, полученные с помощью продувок при низких числах Рейнольдса для многоэлементных профилей, не могут быть экстраполированы для больших чисел Рейнольдса, где вязкие эффекты оказывают существенное влияние. Поэтому в последнее время возрос интерес к численному моделированию турбулентного обтекания профилей, обладающих высокими значениями подъемной силы, при высоких числах Рейнольдса. Опубликовано большое количество статей [1-4], а также проведено ряд конференций и симпозиумов [5, 6], посвященных этой проблеме.

Математическое моделирование турбулентного обтекания многоэлементного профиля является весьма сложной задачей вычислительной гидродинамики. Традиционные численные методы, которые широко используются для описания данного класса течений (уравнения потенциала или Эйлера с уравнением пограничного слоя), довольно эффективны с точки зрения вычислительных затрат. Однако эти подходы не способны учитывать сложную структуру течения, возникающую при обтекании многоэлементного профиля. Для более качественного описания физических явлений необходимо использовать подход, основанный на численном решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, замкнутых дифференциальной моделью турбулентности.

Постановка задачи. Для исследования процессов аэродинамики многоэлементного профиля применяются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса несжимаемой жидкости, замкнутые дифференциальной однопараметрической моделью Spalart-Allmaras (SA).

Результаты и обсуждение. В работе проведено математическое моделирование турбулентного обтекания трехэлементного профиля 30P30N (рис. 1), состоящего из предкрылка, основного профиля и закрылка, в диапазоне углов атаки от 0° до 23.393° . Предкрылок и закрылок отклонены от основного профиля на 30° . Данная конфигурация соответствует профилю крыла самолета на режиме взлет-посадка.

Экспериментальное исследование турбулентного обтекания многоэлементного профиля 30P30N проведено в NASA и опубликовано в работах [3, 4]. В исследуемом диапазоне углов атаки обтекание профиля носит стационарный характер.

Число Рейнольдса, определенное по хорде многоэлементного профиля в сложенном состоянии и скорости невозмущенного потока составляло 9×10^6 . Расчетная сетка состояла из 19 блоков с общим количеством узлов 2.1×10^5 узлов (рис. 1). Первый шаг сетки составлял 1×10^{-6} . Внешняя граница расчетной области находилась на расстоянии 20 хорд профиля. Сгущение узлов проводилось в направлении нормали к поверхности, а также к передним и задним кромкам элементов профиля. Для адекватного разрешения пристеночных эффектов в пограничном слое находилось порядка $50 \div 150$

точек по нормали к поверхности. Безразмерный шаг интегрирования по времени, рассчитанный по длине хорды и скорости невозмущенного потока, равнялся $\Delta t = 0.01$.

Для угла атаки 0° картина течения характеризуется безотрывным режимом за исключением областей, где отрыв потока происходит с острых кромок (внутренняя часть предкрылка и область в хвостовой части основного профиля). Внутри этих областей возникают рециркуляционные течения. Об этом свидетельствуют линии тока (рис. 2 а), а также изолинии модуля скорости (рис. 3 а) построенные возле трехэлементного профиля 30P30N. С увеличением угла атаки размеры отрывной зоны на внутренней поверхности предкрылка уменьшаются (рис. 2 б, в), а в хвостовой части основного профиля остаются практически постоянными.

Для угла атаки 23.393° наглядно видна струя воздуха, образующаяся на верхней поверхности основного профиля. Формирование этой струи обусловлено ускорением потока между предкрылком и носиком основного профиля. Наличие зазора между основным профилем и закрылком приводит к интерференции струйных течений на верхней поверхности закрылка.

Зависимость коэффициентов подъемной силы и силы лобового сопротивления предкрылка, основного профиля, закрылка и профиля в целом приведены на рис. 4. Наблюдается удовлетворительное совпадение между расчетными и экспериментальными данными по коэффициентам подъемной силы и силы лобового сопротивления.

В целом обтекание трехэлементного профиля характеризуется сложными физическими процессами. К ним относится вязко-невязкое взаимодействие потоков, сходящих с внешней поверхности предкрылка и проходящих в зазор между предкрылком и передней кромкой основного профиля. Кроме того, еще более сложная структура течения возникает при взаимодействии потока, сходящего с верхней части основного профиля с пограничным слоем, нарастающим на внешней поверхности закрылка, а также с потоком воздуха, проходящим через зазор между основным профилем и закрылком. В этом случае поток вязкой жидкости, сходящий с верхней поверхности основного профиля, прижимает поток, проходящий через зазор между основным профилем и закрылком, к внешней поверхности последнего. Образование данного типа струйного течения объясняется тем, что поток, сходящий с верхней поверхности основного профиля, обладает меньшей скоростью, а, следовательно, большим давлением, что реализуется в прижимании потока, проходящего через зазор, к внешней поверхности закрылка. Это приводит к безотрывному режиму обтекания многоэлементного профиля при углах, на которых для одиночного профиля наступал бы отрыв.

Полученные результаты хорошо согласуются с имеющимися физическими представлениями о эффекте Коанда, когда струя, набегающая на криволинейную поверхность, отсасывает воздух с этой поверхности и создает разрежение, прижимающее струю к поверхности профиля. Благодаря этому обтекание многоэлементного профиля происходит без срыва потока с несущих поверхностей, за исключением небольших угловых вихрей в областях конструктивного сочленения предкрылка и закрылка с основным профилем.

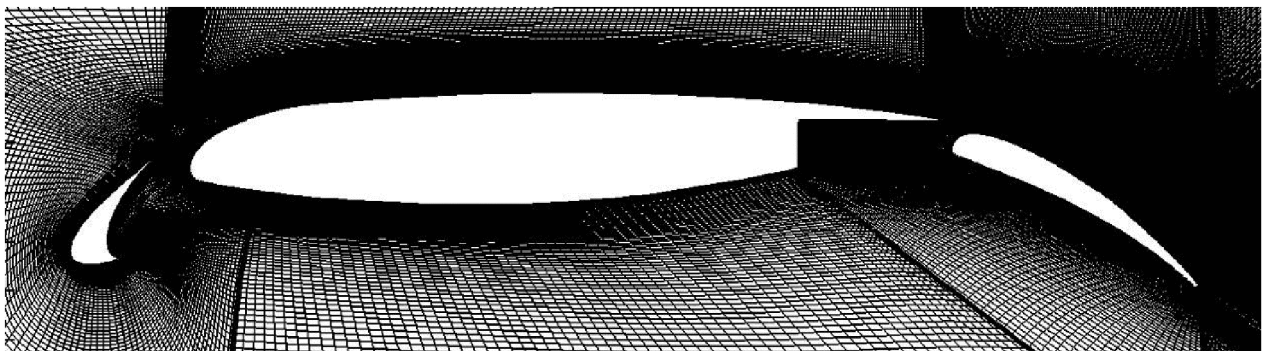


Рисунок 1 – Расчетная сетка вокруг трехэлементного профиля 30P30N

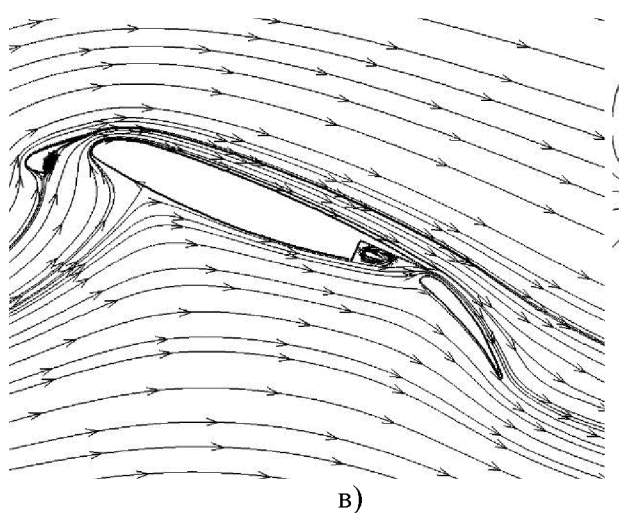
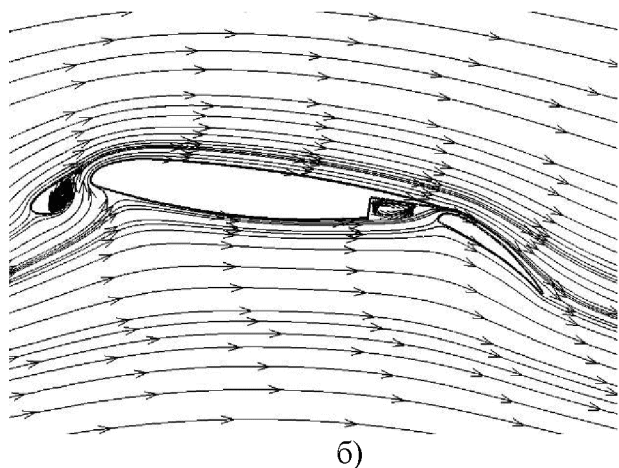
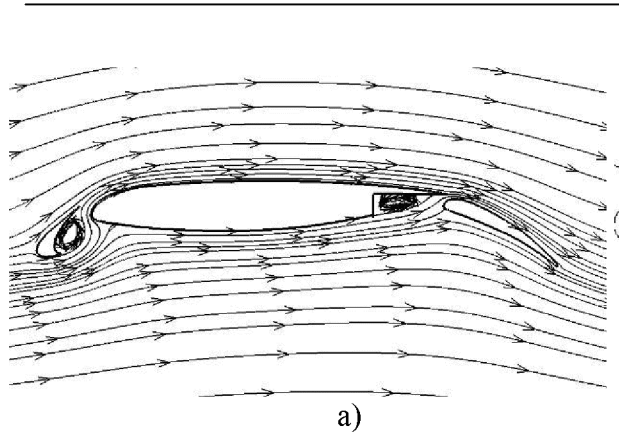


Рисунок 2 – Линии тока возле трехэлементного профиля 30P30N:
а) $\alpha = 0^\circ$; б) $\alpha = 8.109^\circ$; в) $\alpha = 23.393^\circ$

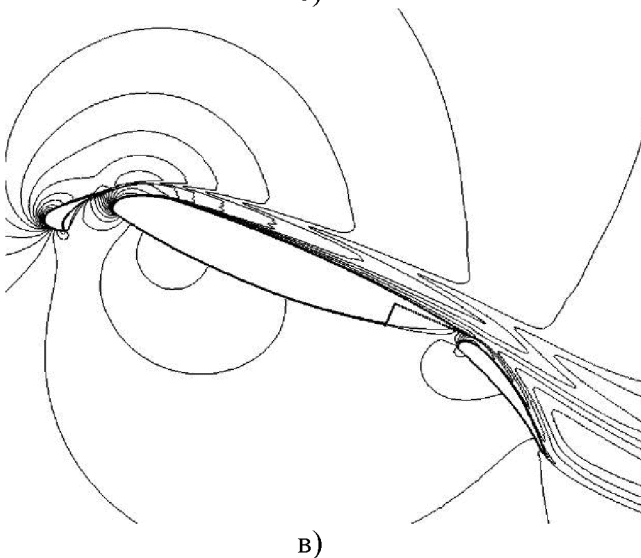
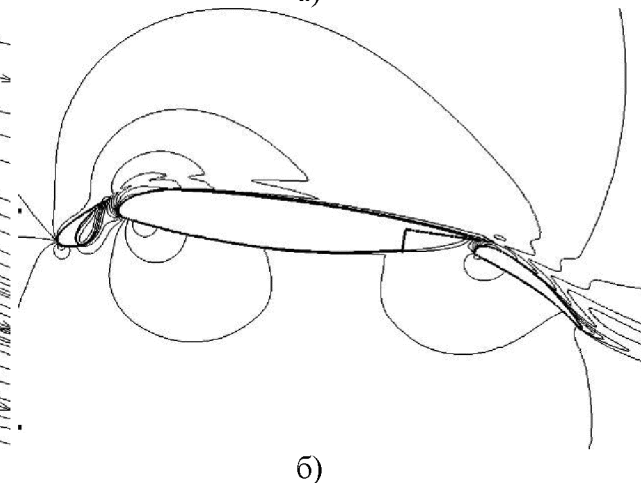
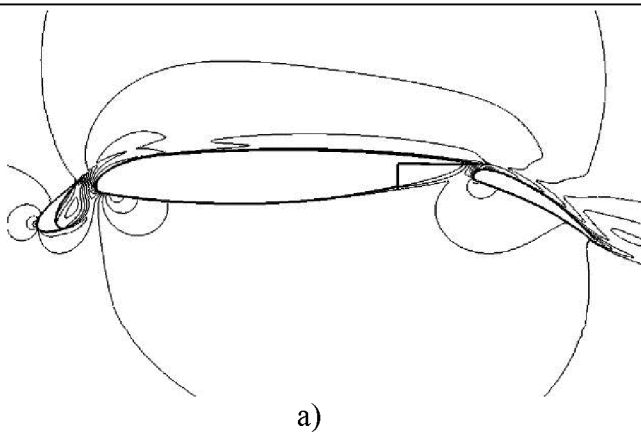


Рисунок 3 – Изолинии модуля скорости возле трехэлементного профиля 30P30N:
а) $\alpha = 0^\circ$; б) $\alpha = 8.109^\circ$; в) $\alpha = 23.393^\circ$

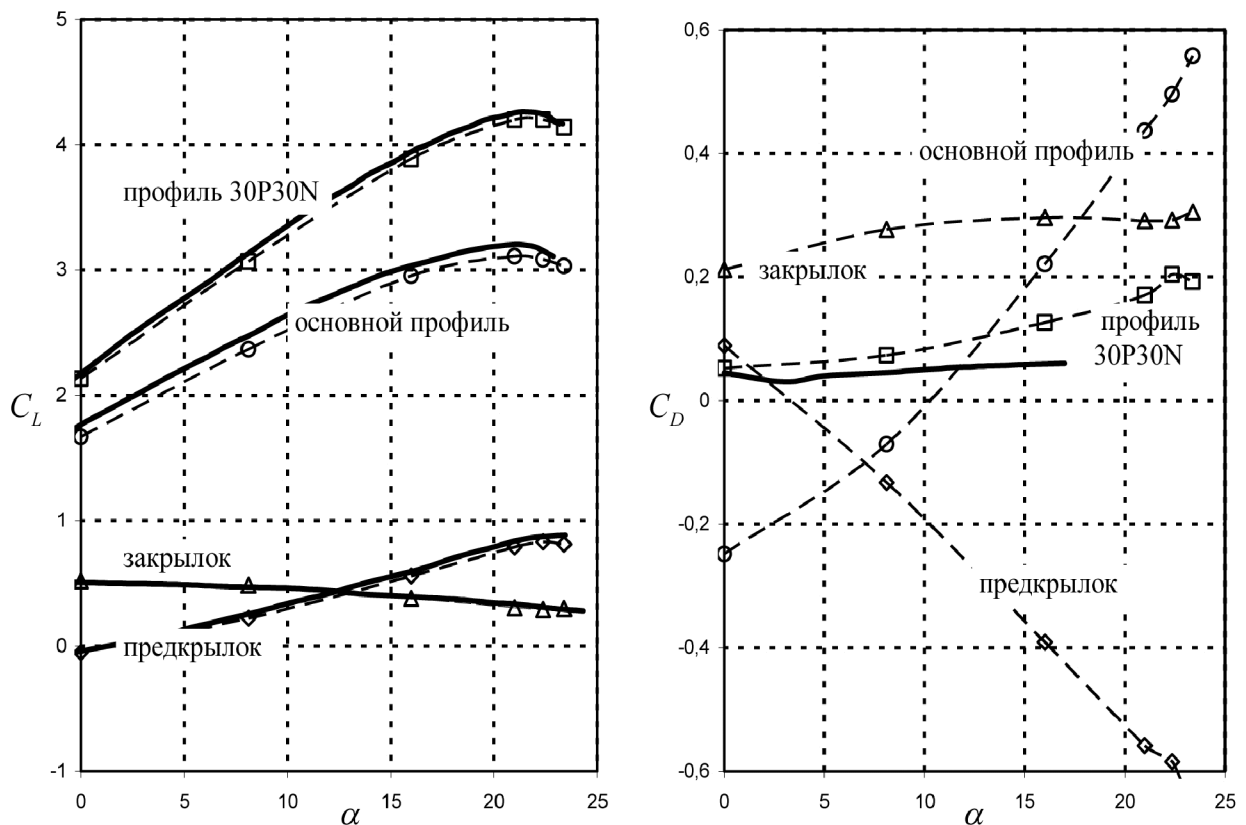


Рисунок 4 – Зависимость коэффициентов подъемной силы (а) и силы лобового сопротивления (б) от угла атаки 30P30N (○ -эксперимент [3]; — -настоящая работа)

Выводы. Разработано программно-методическое обеспечение для численного моделирования аэродинамики тел произвольной формы. Представлены результаты расчета турбулентного обтекания многоэлементного профиля в широком диапазоне углов атаки. В результате проведенных исследований выполнен анализ поля течения вокруг многоэлементного профиля, коэффициентов подъемной силы и силы лобового сопротивления. Выделены физические особенности структуры течения при обтекании многоэлементного профиля 30P30N. Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными других авторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Smith A. High-Lift Aerodynamics / A. Smith// AIAA J. of Aircraft – 1975. – V.12, №2. – P. 23-32.
2. Lin J.C. Separation control on high Reynolds number multielement airfoils / J.C. Lin, S. Robinson, R.J. McGhee // AIAA J. – 1992. – V. 2, №2. – P. 45-66.
3. Valarezo W.O. High Reynolds number configuration development of a high-lift airfoil/ W.O. Valarezo, C.J. Dominik, R.J. McGhee, W.L. Goodman // Paper 10-1, AGARD meeting in high-lift aerodynamics. –1992.
4. Chin V. Flowfield measurements about a multi-element airfoil at high Reynolds numbers / J.C. Lin, S. Robinson, R.J. McGhee // AIAA J. –1993.–V.5, №4.–P. 12-23.
5. AGARD CP-515: Proceedings of the 71st AGARD FDP Symposium on High-lift aerodynamics, Banff, Alberta, Canada. –1992.–P.513.
6. Proceedings of the fifth Symposium on numerical and physical aspects of aerodynamic flows, Long Beach, CA, USA. – 1992. – P.228.

НЕЧЕТКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ, ОСНОВАННАЯ НА ЭВОЛЮЦИОННОМ FCM-АЛГОРИТМЕ

Ремнева В.В.

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Актуальность исследования. Одним из наиболее часто используемых методов интеллектуального анализа данных (DataMining) является кластеризация. Она подразумевает выделение групп объектов, как можно более схожих между собой внутри группы, и как можно более отличающихся в разных группах. Этот вид анализа широко используется в информационных системах при сегментации изображений, работе с базами данных, анализе интернет-документов и т.д.

FCM (Fuzzy C-Means) – один из наиболее популярных алгоритмов нечёткой кластеризации данных. Основной проблемой применения данного алгоритма является необходимость наличия априорной информации для выбора количества кластеров. Для преодоления этого недостатка широко используется подход, который заключается в многократном выполнении кластерного алгоритма для различного априори заданного числа кластеров с последующей оценкой качества полученной кластерной структуры. Очевидно, что применение такого подхода требует значительных вычислительных затрат.

Таким образом, существует потребность в усовершенствовании FCM-алгоритма так, чтобы он позволял автоматически определять количество кластеров в наборе данных. Для решения данной задачи нами разработан метод нечеткой кластеризации, использующий FCM-алгоритм и поисковые возможности генетического алгоритма.

Постановка задачи. FCM представляет собой итерационный алгоритм, который вычисляет нечеткие функции принадлежности для объектов и координаты центров кластеров в соответствии с функциями принадлежности.

Целью FCM-алгоритма является минимизация целевой функции:

$$J(U, V) = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^n (u_j(x_i))^m \cdot d_{ji}^2, \quad (1)$$

где $U = [u_j(x_i)]$ – нечеткое разбиение множества объектов $\{x_i\}$ на основе функции принадлежности $u_j(x_i)$; m – экспоненциальный вес, определяющий нечеткость, размытость кластеров; c – количество кластеров; n – количество объектов; d_{ji} – евклидово расстояние между центром кластера v_j и объектом x_i .

FCM-алгоритм предполагает выполнение следующих шагов:

1. Инициализация начального разбиения $U = [u_j(x_i)]$.
2. Вычисление центров кластеров:

$$v_j = \frac{\sum_{i=1}^n (u_j(x_i))^m \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n u_j(x_i)^m}, \quad 1 \leq j \leq c. \quad (2)$$

3. Вычисление функции принадлежности:

$$u_j(x_i) = \frac{1}{\sum_{k=1}^c \left(\frac{d_{ji}}{d_{ki}} \right)^{\frac{1}{m-1}}}. \quad (3)$$

4. Повторение шагов 2 и 3 до тех пор, пока не будет выполнено заданное число итераций или не будет достигнута заданная точность:

$$|J(U,V) - J'(U,V)| \leq \varepsilon, \quad (4)$$

где $J(U,V)$, $J'(U,V)$ – значение целевой функции на двух последовательных итерациях.

В приведенном алгоритме самым важным параметром является количество кластеров c . Для его определения нами предлагается использовать генетический алгоритм (ГА), основанный на принципах, аналогичных естественному отбору в природе. Он позволяет определить оптимальное количество кластеров в данных одновременно с решением оптимизационной задачи.

Результаты исследования. В качестве хромосомы в предложенном ГА выделяется массив чисел, задающий координаты центров кластеров. В каждой хромосоме количество кластерных центров различно. Так как длина особи является постоянной, оставшиеся гены заполняются такими значениями, которые не могут принимать координаты центров кластеров (например, отрицательными числами). Тогда в хромосоме (25,7; -19; 63,1; 114,7; -4,5) только положительные числа 25,7; 63,1; 114,7 представляют собой координаты трех кластерных центров. Таким образом, в процессе работы ГА число кластеров и соответствующие значения координат центров эволюционируют одновременно.

Основные этапы ГА:

1) случайным образом создается начальная популяция с заданным числом хромосом;

2) вычисляются значения функции принадлежности и обновляются значения центров кластеров в соответствии с формулами (3) и (2);

3) для каждой хромосомы определяется функция приспособленности (фитнесс-функция), в качестве которой выбран индекс Данна. С помощью данного индекса оценивается компактность и делимость кластеров [1]:

$$DI = \min_{1 \leq i \leq c} \left\{ \min_{1 \leq j \leq c} \left\{ \frac{d_{ij}}{\max_{1 \leq k \leq c} d'(k)} \right\} \right\}. \quad (5)$$

где d_{ij} – расстояние между двумя объектами, принадлежащими различным кластерам, $d'(k)$ – расстояние между двумя объектами, находящимися в одном кластере;

4) с помощью метода рулетки выполняется операция отбора родительских особей;

5) проводится односточный кроссовер особей с заданной вероятностью скрещивания P_c ;

6) особи, полученные на предыдущем шаге, подвергаются мутации с заданной вероятностью мутации P_m ;

7) вычисляются значения функции принадлежности и обновляются значения центров кластеров в соответствии с формулами (5) и (4);

8) некоторое количество «элитных» особей с наибольшими значениями функции приспособленности из предыдущей популяции копируется в новую без изменений. Из текущей популяции удаляются «нежизнеспособные» хромосомы с минимальными значениями фитнес-функции.

Шаги 3-8 выполняются конечное число раз до выполнения условия останова ГА. По окончании работы ГА выбирается лучшая хромосома, которая содержит искомое количество кластеров и координаты их центров.

Выводы. Таким образом, предложенный в работе новый метод нечеткой кластеризации на основе генетического и FCM-алгоритмов позволяет автоматически определять количество кластеров в наборе данных в процессе их кластеризации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Dunn J.C. A Fuzzy Relative of the ISODATA Process and Its Use in Detecting Compact Well Separated Clusters / J.C. Dunn // Journal of Cybernetics. – 1974. – Vol. 3. – P. 32-57.
2. Заде Л. А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе // Классификация и кластер / Под ред. Дж. ВэнРайзина : Пер с англ. / Под ред. Ю. И. Журавлева. – М. : Мир, 1980. – С. 208-247.
3. Fuzzy Cluster Analysis: Methods for Classification, Data Analysis and Image Recognition / F. Hoppner, F. Klawonn, R. Kruse, T. Runkler. –Chichester : Wiley Intersciences – 1999. – 289 p.
4. Вятчин Д. А. Нечеткие методы автоматической классификации. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 219 с.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПИСАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Рябенкий В.М., Ушкаренко А.О.

Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина)

Введение. Современные автоматизированные системы управления (АСУ) электроэнергетическими установками – это человеко-машинные системы, в которых с помощью технических средств обеспечивается сбор, накопление, обработка информации, формулирование оптимальной стратегии управления и выдача результатов человеку или группе людей, принимающих решение по управлению. С целью обеспечения возможности взаимодействия человека с компьютером в интерактивном режиме появляется необходимость реализовать в рамках АСУ автоматизированное рабочее место (АРМ), которое представляет собой совокупность различных взаимосвязанных подсистем. Для получения эффективного результата разработки пользовательского интерфейса, используется системный подход, при котором пользователь рассматривается как интеллектуальная часть системы «человек – программный продукт» [1]. При этом должны быть проанализированы вопросы взаимодействия человека с компьютером с точки зрения эргономики, учтены психологические и психофизиологические характеристики пользователя с целью повышения эффективности пользовательского интерфейса [2, 3], а экранные органы управления удовлетворять ряду требований, рассмотренных в работе [1].

Постановка задачи. На ранних этапах проектирования АРМ оператора сложность разработки пользовательского интерфейса обусловлена невозможностью подключения реального оборудования, а в случае наличия такой возможности – небезопасностью искусственного создания всевозможных, в том числе и аварийных ситуаций. Неправильное функционирование подсистемы управления или ее части может принести значительный ущерб. Предложенный в работе [4] подход является одним из наиболее подходящих методов решения этой проблемы, поскольку представляет собой имитационный стенд, реализованный на нескольких компьютерах и содержащий набор основных подсистем автоматизированной системы управления. Недостатком предложенной в работе [4] модели является отсутствие формального описания подсистемы визуализации. Рассмотренный в работе [5] метод синтеза математических моделей логико-динамических процессов контроля и управления может быть расширен и использован для аналитического описания пользовательских интерфейсов программ. Наличие аналитической модели интерфейса пользователя позволит оценить его полноту и непротиворечивость, определить отношения и типы связей между подсистемами управления и визуализации, а также описать функциональные возможности элементов отдельных подсистем и алгоритмы обработки данных.

Основной материал. Пользовательский интерфейс любой сложной системы составляется из комбинации типовых элементов вывода данных в различных формах – текстовой, графической, звуковой. Использование специализированных графических элементов (визуальных метафор) для отображения контролируемых параметров придает информации принципиально новое качество динамичности, т.е. способности к быстрой перестройке и непосредственному ее использованию в решаемых задачах управления. Интерфейс автоматизированного рабочего места оператора электроэнергетической системы в данной работе рассматривается как множество функциональных структур, под которыми понимается закон связи между функциональными элементами процесса деятельности. В работе [4] представлена модель АРМ оператора, разработанная в среде Matlab для моделирования процесса управления и мониторинга параметров судового дизель-генератора, который входит в состав электроэнергетической установки.

На рис. 1 представлений елемент пользовательского интерфейса, выполняющий роль экранного органа управления опорным значением напряжения генератора. Оператор с помощью манипулятора типа «мышь» имеет возможность изменить положение вращательного регулятора. Это действие можно описать выражением $f_1(Mouse^{Core \uparrow \downarrow U})$, в котором Mouse означает тип манипулятора «мышь», Core – задаваемый оператором параметр используется вычислительным ядром микроконтроллера для расчета управляющего воздействия на объект управления (в данном случае систему возбуждения синхронного генератора). Символы $\uparrow \downarrow$ означают, что изменение параметра может происходить как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения значения. Символ U несет информацию про задаваемый параметр – напряжение генератора.

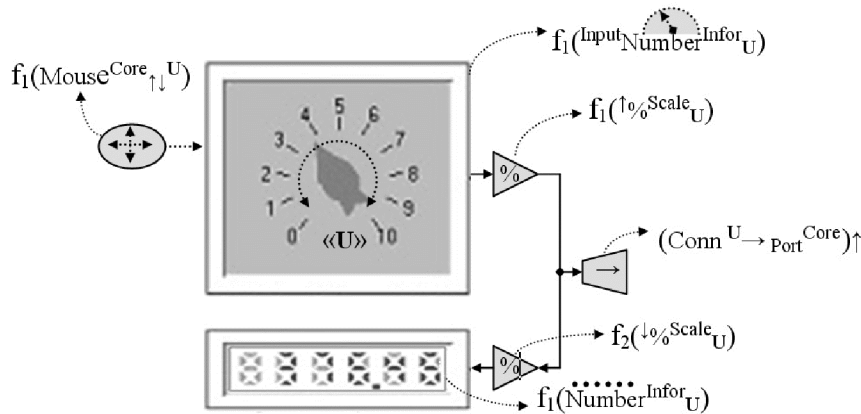


Рисунок 1 – Аналитическое описание элементов пользовательского интерфейса

Установленное с помощью экранного органа управления значение масштабируется. Эта операция описывается выражением $f_1(\uparrow \%Scale_U)$, в котором $\%Scale$ описывает выполнение процедуры масштабирования, символ \uparrow в верхнем индексе означает, что полученное значение увеличивается. Выражение $f_2(\downarrow \%Scale_U)$ описывает операцию масштабирования, однако результирующее значение уменьшается. В данном случае это необходимо чтобы подготовить данные для отображения на виртуальном индикаторе – семисегментном индикаторе, который описывается выражением $f_1(\dots\dots\dots Number.Infor_U)$, в котором Infor означает, что виртуальный объект на экране выполняет функцию отображения информации о значении напряжения генератора (U) с помощью 6-разрядного числового индикатора (Number). Это необходимо для дополнительного контроля оператором процесса ввода и преобразования данных, а также установки параметра с заданной точностью. Масштабирование выполняется для удобства передачи данных между узлами сети с использованием промышленных интерфейсов и протоколов.

Процесс работы оператора с экраным элементом управления (вращательным регулятором) для установки требуемого значения напряжения генератора можно представить в виде:

$$f_1(Mouse^{Core \uparrow \downarrow U}) \rightarrow f_1(Input\ Number^{Infor\ U}) \rightarrow f_1(\downarrow \%Scale_U) \left\{ \begin{array}{l} \rightarrow (Conn^U \rightarrow Port^{Core}) \uparrow \\ \rightarrow f_2(\uparrow \%Scale_U) \rightarrow f_1(\dots\dots\dots Number^{Infor\ U}) \end{array} \right. \quad (1)$$

Выражение $(Conn^U \rightarrow Port^{Core}) \uparrow$ описывает выходную связь (символ « \uparrow ») между экраным элементом управления, с помощью которого выполняется управление напряжением генератора ($Conn^U$), и элементом, представляющим собой входной порт микропроцессорной системы ($Port^{Core}$), выполняющей обработку введенного оператором значения и формирование управляющего воздействия на локальные системы управления.

На рис. 2, представлен элемент управления «линейный индикатор», который используется для отображения информации о величине отдаваемой генератором активной

мощности в виде шкалы (в процентах от номинальной мощности генератора), а на рис. 3 – элемент управления «экранная кнопка», которая представляет собой переключатель с двумя положениями вкл/выкл., и используется для управления нагрузкой.

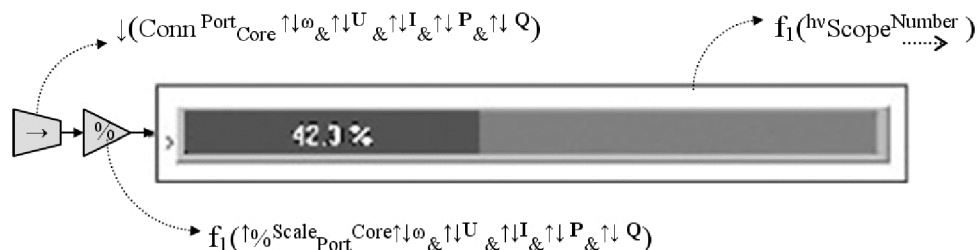


Рисунок 2 – Графический элемент интерфейса «линейный индикатор»

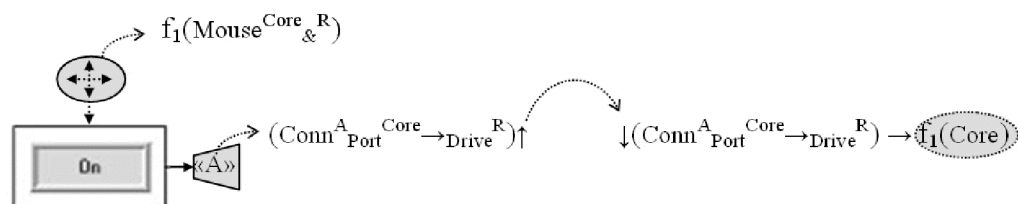


Рисунок 3 – Графический элемент интерфейса «экранная кнопка»

Экранный элемент отображения информации «линейный индикатор» связан (Conn) с выходным портом микропроцессорной системы ($Port_{Core}$). Кроме информации об активной мощности, входная связь также содержит информацию и (&) о частоте (ω), напряжении (U), токе (I), реактивной мощности (Q), значения которых оператор может как увеличивать, так и уменьшать ($\uparrow\downarrow$). Символ « \downarrow » несет информацию о направлении данных и означает, что данные передаются в элемент управления для их отображения. Аналитическая запись $f_1(hvScope^{Number})$ означает, что информацию в виде числового значения (Number) и дискретно изменяющейся шкалы ($\dots\dots>$) оператор получит визуально, через зрительный анализатор ($^{hv}Scope$). Увеличение значения отображаемого индикатором параметра приводит к заполнению рабочей области индикатора системным цветом в направлении слева направо.

Элемент управления «экранная кнопка» позволяет оператору выполнять операции (включение, отключение и т. п.) с отдельными объектами оборудования и группами объектов. Аналитическая запись действий оператора при работе с этим элементом управления содержит информацию о типе нагрузки (активная нагрузка обозначается символом R, индуктивная символом L, активно-индуктивная символами RL и т.д.), типе манипулятора, с помощью которого выполняется управление (Mouse – «мышь»), и подсистему, в которую передается информация о состоянии экранной кнопки (Core – микропроцессорная система управления).

Таким образом, предложенное аналитическое представление экранных элементов управления и действий оператора содержит описание трех основных частей пользовательского интерфейса [1]:

- визуальное (звуковое, тактильное) оформление, отвечающее за представление информации оператору о вводимых и контролируемых параметрах в текстовом, графическом, мнемоническом и других видах;
- функциональные возможности системы, включающие набор возможностей для выполнения профессиональной деятельности;
- техники взаимодействия оператора с системой (мышь, клавиатура, трекбол, джойстик, сенсорный экран и др.)

При этом функциональность системы рассматривается в тесной связи с пользовательским интерфейсом и элементами взаимодействия пользователя с системой.

Рассмотренный подход позволяет создать математическую модель АРМ оператора или его части. Например, измерение активной и реактивной мощности генератора, а также отображение значений этих величин с помощью графических элементов пользовательского интерфейса, можно представить в виде комбинированной структурно-функциональной модели (рис. 4).

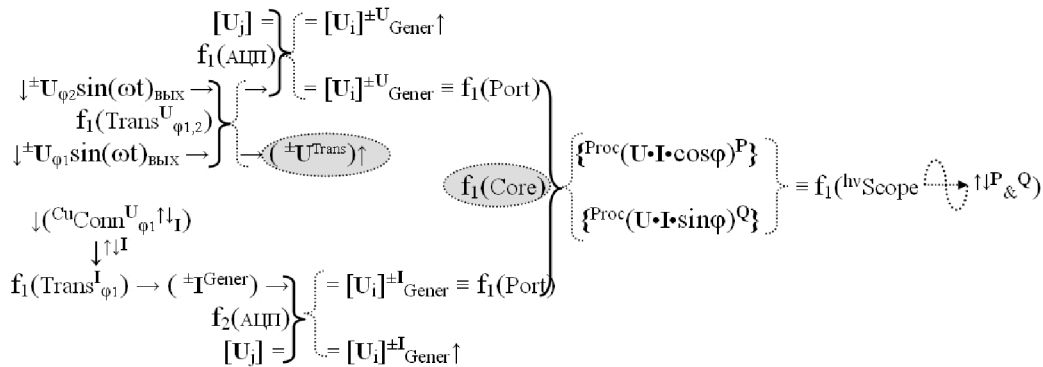


Рисунок 4 – Структурно-функциональная модель процесса измерения мощности

Выводы. Предложенный в работе подход позволяет представить пользовательский интерфейс автоматизированного рабочего места оператора как систему взаимосвязанных единиц с возможными отношениями между ними и типами связи. Это позволит при проектировании человеко-машинных систем определить компонентный и структурный состав интерфейсов автоматизированных рабочих мест, выполнить анализ процессов преобразования информации, рассматривать АРМ оператора со всеми подсистемами АСУ. Использование аналитического описания пользовательского интерфейса позволяет повысить эффективность программного продукта путем полного использования заложенной в программное обеспечение функциональности. Предложенный подход обладает объектно-ориентированным стилем описания и может быть использован как для высокоуровневого проектирования и описания взаимодействия оператора с системой, так и для низкоуровневого проектирования и описания взаимодействия элементов системы на различных уровнях декомпозиции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сергеев С. Ф. Введение в проектирование интеллектуальных интерфейсов : учебное пособие / С. Ф. Сергеев, П. И. Падерно, Н. А. Назаренко. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2011. – 108 с.
2. Обознов А. А. Проектирование пользовательского интерфейса: эргономический подход / А. А. Обознов, А. С. Баканов. – М. : Изд-во «Институт психологии РАН», 2009. – 184 с.
3. Радванська Л. М. Моделі, методи та засоби підвищення ефективності інтерфейсу «користувач – ЕОМ» у системах організаційного управління : автореф. дисс. канд. техн. наук. / Л. М. Радванська. – Херсон : ХГТУ, 1999. – 17 с.
4. Рябенкий В. М. Моделирование микропроцессорных систем управления газодизель-генераторными установками / В. М. Рябенкий, А. О. Ушкаренко, В. И. Воскобоев. // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». – Львів : НУ «Львівська політехніка», 2009. – № 637. – С. 78-82.
5. Рябенкий В. М. Метод синтезу математичних моделей логіко-динамічних процесів контролю та керування / В. М. Рябенкий, А. О. Ушкаренко // Технічна електродинаміка. Тем. випуск. – К., 2011. – Ч.2. – С. 121-125.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АГЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ТРЕНАЖЕРНЫХ СИСТЕМАХ НА ТРАНСПОРТЕ

Соколов А.Е., Соколова О.В.

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. Индивидуализация процесса обучения декларируется как неотъемлемое свойство компьютеризированных систем обучения (КСО)[1,2]. К классу КСО относятся и тренажерные системы. Одним из вариантов достижения данного свойства в таких системах является использование модели обучаемого [3]. При этом обучающая тренажерная система должна обеспечить возможность выбора приемов и способов учебной работы, методов и стратегии обучения, наиболее отвечающих индивидуальным особенностям обучаемого.

В настоящее время для моделирования процесса обучения применяется очень большое количество различных подходов: от теории автоматов до теории нечетких множеств. Однако можно утверждать, что исчерпывающих результатов в этой области не достигнуто. Это связано с большой сложностью и динамичностью объекта управления. При этом предполагается, что процесс обучения представляет собой последовательную совокупность освоения отдельных разделов учебного материала, для каждого из которых формируется информационный поток. Возникает задача определения оптимальной стратегии формирования информационного потока. Каждый этап обучения заканчивается контролем работоспособности, психофизиологического состояния, а также контролем знаний обучающегося, который может иметь различные результаты.

Для решения задачи определения оптимальной стратегии формирования информационного потока в процессе накопления знаний и обучения необходимо иметь математическую модель процесса восприятия информации и накопления знаний. Исходя из концепции описания поведения агента в процессе взаимодействия с внешней средой, рассмотрим множество Ω , элементы которого ω_i соответствуют конкретным объектам или явлениям внешней среды. Каждое событие, явление или объект связан с его представлением в виде сигнала или последовательности сигналов, что определяется соответствием $\Gamma: \omega_i \rightarrow \xi_i$. Явления внешнего мира связаны с определенной причиной, которую можно отождествлять с информацией. В этом случае предположение функциональной связи позволит считать, что представление объекта определяется информацией, определяющей объект. Действительно, при описании явления производится формирование сообщения о существенных особенностях объекта.

С другой стороны, используя для описания процесса накопления знаний и обучения понятие агента, получаем возможность определить «разумность» как стремление к достижению определенной цели. Эта цель может быть поставлена искусственно или существовать естественно, но важно, что в таком случае поведение агента описывается оптимизационной моделью с ограничениями. Конкретная функция цели f_i принадлежит множеству функций цели F . Исходя из такого предположения, можно считать, что каждое сообщение изменяет функцию цели:

$$f_i = f_i(I_i) \quad (1)$$

При этом поведение объекта определяется через определение информации, доставляющей экстремум функции цели при ограничениях, имеющих в задаче:

$$\begin{aligned} I_i^* &\rightarrow \text{extr} f_i; \\ \varphi(I) &\leq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Таким образом, на множестве объектов формируется множество описаний Γ :

$$\omega_i(I) = \xi_i(I) \quad (3)$$

Соответствие Γ в общем случае взаимнооднозначное $\Gamma^{-1}: \xi_i(I) \rightarrow \omega_i(I)$. Действительно, описание позволяет представить объект. Существенной особенностью задачи описания пространства над множеством объектов, является необходимость избежать определения множества Γ , так как единственным важным свойством этого соответствия является обратимость. Таким образом, структура, которой наделено множество объектов, образуется соответствием и его правилами.

Однако, используя свойство однозначности соответствия, определим метрику в данном пространстве, основываясь на предположении аналитичности связи функции цели и информации. Для этого представим функцию цели в виде ряда:

$$f(I) = f(I_0) + \frac{1}{1!} \frac{df}{dI} \Big|_{I=I_0} \Delta I + \frac{1}{2!} \frac{d^2 f}{dI^2} \Big|_{I=I_0} \Delta I^2 \dots + R, \quad (4)$$

где I_0 – наличная информация.

Рассмотрим линейное приближение в предположении, что скорость изменения функции цели пропорциональна наличной информации, что характерно для задачи обучения – мы тем быстрее учимся, чем мы умнее. Тогда можно записать:

$$\frac{df}{dI} = \alpha I. \quad (5)$$

Мера Хартли основана на предположении, что скорость изменения вероятности по информации пропорциональна текущей вероятности, что соответствует задаче обучения. Можно получить связь между функцией цели и информацией в данной задаче:

$$I = I_m \sqrt{\frac{f}{f_m}}. \quad (6)$$

Можно легко доказать, что выражение (6) определяет норму в рассматриваемом информационном пространстве. При определении нормы не учитываются знания полученные ранее. В реальной ситуации существование ранее накопленных знаний ограничивает значение получаемой информации. Следовательно, необходимо рассматривать задачу достижения условного оптимума (2).

Несложно доказать, что аксиомы метрики выполняются, следовательно имеем нормированное метрическое пространство над множеством объектов. Так как основной характеристикой данного пространства является информация, то рассматриваемое пространство целесообразно отнести к информационным пространствам. В общем случае сообщение связано с информацией, лежащей в пределах от нуля до максимальной информации, которую может содержать носитель или сообщение. Таким образом, информационное пространство входных сообщений, рассматриваемое вне задачи накопления информации, линейно.

Однако в задаче накопления информации ситуация изменяется. Действительно, если первое сообщение определяется только количеством информации, связанным с сообщением, то последующие сообщения менее информативны, так как расстояние между накопленной и поступающей информацией падает.

Предположив, что каждый акт подачи сообщения занимает по времени интервал Δt , можем перейти к временной зависимости $I_\varepsilon = I_\varepsilon(i\Delta t)$. Естественно при $\Delta t \rightarrow 0$ можно перейти к непрерывному времени. В таком случае естественно предположить, что скорость изменения информации пропорциональна текущему количеству информации, то есть предположить закон органического роста в процессе накопления информации:

$$\frac{dI_{\varepsilon}}{dt} = \alpha I_{\varepsilon}. \quad (7)$$

Данное предположение позволяет получить математическую модель динамики процесса накопления информации. С другой стороны возможность оценки информативности сообщений и степени накопления информации позволяет оптимизировать соотношение полезной информации и используемого носителя. Действительно, при достижении максимума функции цели достигается максимальное значение информации:

$$I = I_m \sqrt{\frac{f_m}{f_m}} = I_m. \quad (8)$$

Используя известные методы описания динамических систем, и введя в модель входную информацию I_x , представим динамику процесса переходным процессом линейной системы, соответствующей модели (9):

$$\begin{aligned} \frac{dI_{\varepsilon}}{dt} &= -\alpha I_{\varepsilon} + \beta I_x; \\ pI_{\varepsilon}(p) &= -\alpha I_{\varepsilon}(p) + \beta I_x; \\ I_{\varepsilon}(p) &= \frac{(\beta/\alpha)}{(1/\alpha)p + 1}. \end{aligned} \quad (9)$$

Введя соответствующие обозначения, получим передаточную функцию канала накопления информации:

Выводы. Таким образом, математическая модель процесса накопления информации в информационном пространстве представлена линейной динамической системой. Энтропия системы описывает ожидаемую информацию, накопленную в системе, и связана с ожидаемой полезностью накопленной информации. Входная информация тренажерной системы, выполняющая роль управления в модели динамики, может значительно перегружать каналы поступления информации, что требует согласования пропускной способности канала управления с потоком входной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бардачѐв Ю. Н. Интегрированная компьютеризированная система управления университетом на базе Internet / Intranet технологий/ Ю. Н. Бардачѐв, А. Е. Соколов // Вісник Херсонського національного університету. – 2008. – № 1(30). – С. 112-116.
2. Метешкин К. А. Теоретические основы построения интеллектуальных систем управления учебным процессом в вузе/ К. А. Матешкин. – Харьков : Экограф, 2000. – 276 с.
3. Соколов А. Е. Моделирование процесса принятия педагогического решения при компьютеризированном обучении / А.Е. Соколов, Е.О. Махова // Автоматика. Автоматизація. Електротехнічні комплекси і системи. – 2010. – №1(25). – С. 59-61.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ БАЗЫ ПРАВИЛ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКАЗОВ РАБОТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Стрелковская Л.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Актуальность исследования. Предотвращение выхода из строя главных и вспомогательных механизмов судового двигателя – одна из основных многоплановых проблем, которая возникает при обеспечении эффективности и безопасности мореплавания. Одной из причин, из-за которой происходят аварии на судах является чрезмерная нагрузка на детали двигателя, которая возникает из-за ошибки экипажа, допускающего нежелательные, а зачастую предельные режимы работы двигателя. Именно поэтому подбор квалифицированных специалистов является важным этапом в формировании безопасности мореплавания.

Целью работы является формирование базы правил системы нечеткого логического вывода для определения отказов работы судовых дизелей выпускниками морских ВУЗов с использованием метода главных компонент.

Основная часть. Для определения вероятности отказов при работе судовых дизелей судовой механик должен обладать рядом компетенций, которые являются базой его профессионализма. Поскольку первоначальное формирование компетентности происходит в учебном заведении и характеризуется уровнем знаний по всем дисциплинам, которые изучались на протяжении всего процесса обучения, то для определения уровня компетентности выпускника ВУЗа, используя систему нечеткого логического вывода необходимо сформировать базу правил в основе которой лежит определение входных и выходных переменных. Для уменьшения размерности данных входных переменных при этом потеряв наименьшее количество информации используется метод главных компонент.

Нахождение главных компонент заключается в том, чтобы среди всех возможных линейных комбинаций n исследуемых признаков выделить гораздо меньшее число q таких, изменчивость которых в значительной степени описывает изменчивость всего первоначального набора признаков в целом. Полагая анализируемый признак X n -мерной случайной величиной с вектором математических ожиданий $M = (M_1; M_2; \dots; M_n)'$ и ковариационной матрицей $\Sigma = (\sigma_{ij})(i, j = 1, 2, \dots, n)$, определим в качестве класса $F(X)$ допустимых преобразований исследуемых признаков x_1, x_2, \dots, x_n их всевозможные линейные ортогональные нормированные комбинации:

$$F(X): z_i = \sum_{j=1}^n l_{ij} (x_j - \mu_j), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

При этом условие нормировки и ортогональности имеют вид:

$$\sum_{j=1}^n l_{ij}^2 = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n l_{ij} l_{kj} = 0, \quad i \neq k, \quad \text{где } (i, k = 1, 2, \dots, n) \quad (3)$$

Полученные подобным преобразованием n величин $z_1; z_2; \dots; z_p$ и представляют собой главные компоненты. Из них при дальнейшем анализе исключают переменные с минимальной дисперсией, т.е. оставляют q первых главных компонент. Метод главных компонент состоит в определении коэффициентов l_{ij} ($i, j = 1, 2, \dots, n$) в преобразовании (2). Эти коэффициенты представляют собой компоненты собственных векторов матрицы Σ , а собственные числа λ_i этой матрицы равны дисперсиям главных компонент.

Таким образом, первой главной компонентой z_1 исследуемой системы показателей x_1, x_2, \dots, x_p будет такая нормировано - центрированная линейная комбинация этих показателей, которая среди всех прочих подобных комбинаций обладает наибольшей дисперсией. Первая главная компонента получается как линейная комбинация $z_1 = l_1 y$, где l_1 – собственный вектор матрицы Σ , соответствующий наибольшему собственному числу λ_1 этой матрицы; y – центрированный вектор исходных показателей. А k -й главной компонентой исследуемой системы показателей x_1, x_2, \dots, x_p будет такая нормировано - центрированная линейная комбинация этих показателей, которая не коррелирована с $k - 1$ предыдущими главными компонентами и среди всех прочих подобных комбинаций обладает наибольшей дисперсией.

Выводы. Использование метода главных компонент позволяет определить входные переменные для формирования базы правил системы нечеткого логического вывода для определения отказов работы судовых дизелей выпускниками морских ВУЗов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малинич Г. Застосування факторного аналізу в оцінюванні фінансової надійності компаній зі страхування життя / Г. Малинич // Соціально-економічні проблеми і держава. – 2011. – Вип. 2 (5).
2. Єріна А. М. Статистичне моделювання та прогнозування : навч. посіб. / А. М. Єріна. – К. : КНЕУ, 2001. – 170 с.
3. Иберла К. Факторный анализ / К. Иберла. – Статистика, 1980. – 398 с.

***СЕКЦІЯ
ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ***

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ВМІСТУ МОДИФІКАТОРА НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНОЇ МАТРИЦІ

Бень А.П., Сапронов О.О., Букетова Н.М.

Херсонська державна морська академія (Україна),

Яцюк В.М.

Тернопільський національний педагогічний університет

(Україна)

Актуальність досліджень. На сьогодні для захисту від зовнішніх факторів (знакозмінних температур, впливу агресивних середовищ та ін.) металів та конструкцій з них використовують металеві та неметалеві захисні покриття. Проте за рахунок покращених властивостей, наявності сировинної бази зв'язувача і твердника на території України, простоти технології формування і нанесення на поверхні складного профілю найбільш перспективними є використання неметалевих захисних покриттів. Серед них відзначаються покращеними характеристиками покриття на полімерній основі.

Постановка задачі. Слід зазначити, що актуальним завданням в індустрії полімерних матеріалів є пошук нових та вдосконалених відомих методів покращення властивостей епоксикомпозитних покриттів. Серед основних методів підвищення показників адгезійних, фізико-механічних, теплофізичних властивостей та зносостійкості епоксикомпозитів (вплив зовнішніх енергетичних полів, наповнювачів різної фізичної природи і дисперсності) перспективним є використання модифікаторів. Модифікатор при введенні у епоксидний олігомер водночас може бути і каталізатором, що пришвидшує процес гелеутворення. Виходячи з цього, необхідним є проведення досліджень з метою визначення впливу концентрації синтезованого модифікатора на структуру, фізико-механічні та теплофізичні властивості епоксидної матриці, яку надалі можна використовувати для захисних покриттів різного функціонального призначення.

Мета роботи – встановити оптимальний вміст модифікатора для формування покриття з покращеними механічними властивостями.

Результати досліджень. Під час проведення експериментальних досліджень як основний компонент для зв'язувача при формуванні покриття використовували епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Як модифікатор використано 13,3¹ – (1,4-фенілен)біс(2 – хлоропропіонітрил) (ФБХПН), який характеризується реакційною здатністю до взаємодії з макромолекулами епоксидного олігомеру завдяки значній кількості активних груп. Формула сполуки має вигляд: $C_{12}H_{10}Cl_2N_2$.

Епоксидний зв'язувач формували за такою технологією: дозування компонентів, гідродинамічне суміщення модифікатора та епоксидної діанової смоли ЕД-20 до отримання однорідної суміші і наступного повного розчинення впродовж часу $\tau = 2,5 \pm 0,1$ год при температурі $T = 353 \dots 373$ К, охолодження до кімнатної температури, введення твердника ПЕПА, затвердження композиції. Затверджували КМ за попередньо експериментально встановленим режимом.

Оптимізацію вмісту модифікатора у зв'язувачі проводили на основі результатів дослідження адгезійної міцності при відриві (ГОСТ 14760-69), зсуві (ГОСТ 14759-69), залишкових напружень, які визначали консольним методом, руйнівного напруження і модуля пружності при згинанні (ГОСТ 4648-71 і ГОСТ 9550-81 відповідно), теплостійкості (за Мартенсом) (ГОСТ 21341-75). Додатково для визначення природи хімічних зв'язків, які виникають при структуроутворенні модифікованої матриці, використовували метод ІЧ-спектроскопії.

Попередньо проводили дослідження впливу модифікатора ФБХПН на адгезійні властивості та залишкові напруження. Встановлено, що введення у епоксидний олігомер модифікатора за вмісту $q = 0,10$ мас.ч приводить до максимального збільшення показників адгезійної міцності при відриві – $\sigma_a = 25,7$ МПа відносно вихідної матриці

($\sigma_a = 18,5$ МПа.). Це свідчить про взаємодію реакційноздатних макромолекул модифікатора з активними групами олігомеру ЕД-20 і твердника ПЕПА. При цьому відбувається активація процесів хімічної взаємодії на межі поділу фаз «модифікатор – епоксидний полімер» та «модифікована матриця – сталевна основа».

Встановлено, що крива залежності адгезійної міцності при зсуві корелює з динамікою адгезійних властивостей матриці при відриві залежно від вмісту модифікатора. При цьому максимальне значення адгезійної міцності при зсуві $\tau = 12,3$ МПа встановлено при введенні модифікатора ФБХПН за вмісту $q = 0,10$ мас.ч.

Стосовно залишкових напружень було встановлено, що при введенні модифікатора за вмісту $q = 0,10$ мас.ч. залишкові напруження зменшуються відносно вихідної матриці ($\sigma_3 = 2,3$ МПа) і становлять $\sigma_3 = 2,1$ МПа.

Надалі досліджували вплив вмісту модифікатора у епоксидному зв'язувачі на руйнівні напруження при згинанні (σ_{3z}), модуль пружності при згинанні (E) і теплостійкість (T). Введення модифікатора за вмісту $q = 0,10$ мас.ч. приводить до появи максимуму на кривій залежності руйнівних напружень при згинанні – $\sigma_{3z} = 90,0$ МПа.

Дослідження залежності модуля пружності від вмісту модифікатора підтверджує результати досліджень, наведених вище. Встановлено максимум на кривій залежності модуля пружності при згинанні для вмісту модифікатора при $q = 0,10$ мас.ч. ($E = 2,94$ ГПа).

Введення модифікатора за вмісту $q = 0,10 \dots 2,00$ мас.ч. забезпечує формування матеріалу з поліпшеною теплостійкістю відносно вихідної матриці ($T = 338$ К), показники якої становлять $T = 346 \dots 348$ К. При цьому вважали, що доцільно використовувати матрицю із вмістом модифікатора $q = 0,10$ мас.ч., яка характеризується покращеними властивостями у комплексі.

Для підтвердження експериментальних досліджень додатково було проведено ІЧ-спектральний аналіз вихідної і модифікованої ФБХПН матриці. У матеріалах за вмісту модифікатора $q = 0,10 \dots 1,00$ мас.ч. встановлено незначне зміщення смуг поглинання відносно вихідної матриці у діапазоні хвильових чисел $\nu = 466,77 \dots 736,81$ cm^{-1} , що свідчить про підвищену рухливість макромолекул компонентів модифікованого зв'язувача при полімеризації. Зміщення смуг поглинання при $\nu = 767,67$ cm^{-1} у бік більших хвильових чисел на $\Delta\nu = 7,72$ cm^{-1} (відносно вихідної матриці $\nu = 759,95$ cm^{-1}) сприяє утворенню зв'язку С-СІ. Це свідчить про те, що СІ взаємодіє з ароматичними, насиченими (при впливі світла), ненасиченими вуглеводнями (при нагріванні), які входять у склад епоксидної діанової смоли. Тому вважали, утворення зв'язку С-СІ свідчить про взаємодію модифікатора з епоксидним зв'язувачем під час полімеризації та наступного термічного зшивання.

Висновки. Встановлено оптимальний вміст модифікатора $13,3^1$ – (1,4-фенілен)біс (2-хлоропропіонітрилу) у матриці з поліпшеними адгезійними і когезійними властивостями, який складає $q = 0,10$ мас.ч на 100 мас.ч. олігомеру ЕД-20. Така матриця має наступні властивості: адгезійна міцність при відриві – $\sigma_a = 25,7$ МПа, адгезійна міцність при зсуві – $\tau = 12,3$ МПа, залишкові напруження – $\sigma_3 = 2,1$ МПа, руйнівні напруження при згинанні – $\sigma_{3z} = 90,0$ МПа, модуль пружності при згинанні – $E = 2,94$ ГПа, теплостійкість (за Мартенсом) – $T = 346$ К.

Методом ІЧ-спектрального аналізу встановлено перебіг процесів міжмолекулярної взаємодії модифікатора з макромолекулами епоксидного зв'язувача при зшиванні матеріалів. Про це свідчить зміщення смуги поглинання при $\nu = 759,95$ cm^{-1} у бік більших хвильових чисел відносно вихідної матриці та розчеплення смуг поглинання у діапазоні хвильових чисел: $\nu = 2318,44 \dots 2353,16$ cm^{-1} , $\nu = 2819,93 \dots 3035,96$ cm^{-1} та $\nu = 3672,47 \dots 3734,19$ cm^{-1} .

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ВІТРОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Блах І.В., Настасенко В.О.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. В умовах сучасного судноплавства гостро стоить проблема економії палив на базі нафти і природного газу, оскільки в умовах їх вичерпності, воно постійно здорожчає [1].

Серед широкого різноманіття шляхів зменшення витрат традиційних палив в судновій енергетиці, більш доцільними є ті, що можуть природно оновлюватися. Але для відомих палив рослинного і тваринного походження ці можливості обмежені природними ресурсами Землі, а саме – врожайністю.

Найбільш доцільним визнане використання безкоштовних і практично невичерпних енергетичних джерела – вітру, сонця і морських хвиль, які в суднопластві відносяться до нетрадиційної енергетики.

З огляду світового досвіду використання усіх різновидів нетрадиційної енергетики і сучасного рівня розвитку науки і техніки, найбільш простим і розвинутим технічно, інфраструктурно невибагливим і найменш інвестиційно затратним, є використання вітрової енергетики.

Серед них використовуються 3 основні види – 1) традиційні щоглові вітрила, 2) системи летючих вітрил SkySails, що мають прямий принцип попутної дії, 3) системи механічних і електричних вітрових генераторів, що обертаються вітром при попутному і зустрічному принципах дії, які утворюють механічну або електричну енергію.

Однак аналіз показав [2], що жодна з них нездатна повністю замінити традиційні ходові двигуни транспортних суден, тому їх використання потребує подальших досліджень.

Аналіз відомих вітрових енергетичних систем. В сучасних умовах судновій вітрової енергетиці приділяється найбільша увага, в ній основним різновидом до 2008 р. вважались системи щоглових вітрил. В першу чергу це обумовлено тим, що до другої половини XIX століття весь флот був вітрильним, а значна частка вітрильних суден експлуатувалася ще в першій третині XX століття.

Однак аналіз, проведений в даній роботі показує, що використання щоглових вітрил має суттєві недоліки [3]:

1) потребує значної вітрильності, особливо для великотоннажних суден, із розрахунку $\approx 500 \text{ м}^2$ на 1 тис. тон водотоннажності і 1 щогла на 2,5 тис. т. водотоннажності, що веде до потреби використання великої кількості занадто високих (більше 50 м) сильно навантажених щогл і фактично обмежує водотоннажність оснащуваних суден до 10 тис. тон (кількість щогл від 4-х і більше).

2) ускладнює використання палуби для перевезення вантажів;

3) має складну систему такелажу для кріплення і розгортання вітрил;

4) потребує великої кількості екіпажу для управління вітрилами;

5) має значний крен та хитавицю при сильних поривах вітру;

6) має велику залежність від штормової обстановки і обмежені у використанні при швидкості вітру більше 10 м/с;

7) ускладнює маневрування у вузькостях плавання, особливо у каналах, протоках і поблизу узбережжя (тому введення в експлуатацію Суецького каналу на початку XX століття привело до остаточної відмови від вітрильного приводу для руху суден, на користь парового, тобто – механічного).

На початку XXI століття почалися активні роботи по застосуванню на транспортних судах системи «SkySails» німецької фірми Zeppelin [4] з надувним вітрилом типу літаючого крила або повітряного змія, який вільно закріплений канатом на носовій

частині судна і має можливість підйому на висоту до 250 м і руху там попутним вітровим потоком.

Однак система «SkySails» також має свої обмеження і недоліки:

1. При попутному до ходу судна напрямку вітру у секторі $\pm 45^\circ$ тяглова сила зростає на 15...20%, а при більших кутах – суттєво зменшується і відсутня при зустрічному вітрі у секторі $\pm 50^\circ$.

2. Потребують і відносно складних пристроїв для підйому і опускання вітрила.

3. Потребують присутності 3-х членів екіпажу для підйому і опускання вітрила і для його укладки у бункер на носі судна, що збільшує навантаження їх додатковими обов'язками, є небезпечним при штормовій обстановці.

4. Потребують спеціального керування вітрилом, як і оператором, так і автоматизованими системами, з використанням окремого ПК і спеціальних комп'ютерних програм, тому оператор повинен бути додатковим членом екіпажу.

5. Потребують спеціальної підготовки операторів високої кваліфікації, які добре розуміють і здатні передбачити можливі еволюції повітряного змія при його запуску і складанні, що дуже важко реалізувати в сучасному торговому флоті, де екіпажі змінюються, майже кожних півроку.

6. Для спеціальної підготовки членів команди доцільне використання спеціальних тренажерів і навчальних програм для ПК, що потребує значних інвестицій на їх розвиток і обслуговування.

7. Ускладнюють слідкування за вітрилом і керування ним вночі.

8. Унеможливають збільшення тягової сили за рахунок збільшення кількості таких вітрил, оскільки це ускладнює управління ними, особливо – потреби уникнення їх зіткнення, перехрещення та перекручування при зміні дії вітру під час ходу судна, а в першу чергу – при їх підйомі та спуску.

9. Занадто вузький сектор ($\pm 50^\circ$) ефективної дії вітру, що суттєво обмежує умови використання системи, при цьому воно можливе тільки на магістральному шляху судна і неможливе у вузькостях плавання, протоках і каналах та при заході в порти.

10. При відхиленні вітрила від курсу судна (що буває фактично завжди) виникають сили бокової дії, які треба компенсувати поворотом пера руля, що зменшує корисну роботу рушії і двигуна ефективність дії паруса в цілому (на рис. 2.4 – це підтверджується збільшенням сліду піни від руху судна з борту, що протилежний вітрилу).

11. Система ефективна тільки до швидкостей вітру на висоті крила, яка обмежена у 17 вузлів – при більшій швидкості вітру погіршується штормова обстановка, якої суднам рекомендується уникати.

12. Для великотоннажних суден ефективність використання системи зменшується, тому потребується використання вітрил значних розмірів.

13. Для сучасних суден, які переважно ходять зі швидкістю 18 – 24 вузли, дана система практично безкорисна;

14. Суттєвим недоліком також є відносно висока вартість системи.

Проведений аналіз основних видів вітрових енергетичних систем попутного принципу дії, а саме: 1) традиційних вітрильно-щоглових, 2) систем SkySails з вітрилом типу літаючого крила, 3) систем бокових поворотних вітрил, показав основні їх переваги і недоліки. Однак жодна з них нездатна повністю замінити традиційні ходові двигуни транспортних суден, тому вони можуть бути рекомендовані, лише як додаткові. Найбільш доцільним є комбінований варіант використання системи SkySails і бокових поворотних вітрил, які здатні спільно забезпечити від 20 до 40% економії палива для суден, швидкість яких не перевищує 17-18 вузлів.

Висновки. На базі проведеного аналізу запропонована нова концепція розробки суднових вітрових енергетичних систем:

1 Використання зустрічних повітряних потоків, що створюються при русі судна.

2 Застосування для цього барабанних вітрових електроенергетичних установок.

3 Розміщення барабанних вітрових електроенергетичних установок тільки на поверхнях судна, що вже мають зустрічний опір рухомому повітрю.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кемпбел К. Грядущий нефтяной кризис – М. : Группа независимых издателей, 1997. – 210 с.
2. Шурляк В. К. Применение альтернативных видов энергии и альтернативных топлив на морских судах /СПГ как альтернативное топливо для морских судов. Материалы Всероссийского Семинара – С-Петербург, ГМА им.Макарова, 2012. –24 с. www.korabel.ru/filemanager/OTHER/0/0/3.pdf
3. Настасенко В. О. Нова концепція розвитку двигунів внутрішнього згорання – Херсон, ХДМІ, 2011. – 26 с.
4. Zeppelin SkySails, Sales and Service – Germany, Hamburg: 2007 – 32 p.

СУДОВАЯ ЭРГАТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУЗОВОЙ ЛИНИИ

Бобыр В.А.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. Практика работы наливных судов показывает, что при выгрузке в случае превышения нормы стали фрахтователи безоговорочно возлагают ответственность за это на судовладельца. Это связано с тем, что гидравлические характеристики как судовых грузовых насосов, так и берегового трубопровода неизвестны. Поэтому определение их в ходе грузовых операций на танкере в настоящее время является весьма актуальной проблемой.

Вопрос об учете гидравлических характеристик грузовой линии – судовых грузовых насосов и берегового трубопровода для оптимизации грузовых операций с наливными грузами уже рассматривался в литературе [1]. Работа [2] также посвящена оптимизации совместной работы грузовых насосов танкеров. Однако гидравлические характеристики грузовой линии при этом не определялись.

В последнее время для раскрытия неопределенностей – получения новой информации об исследуемом процессе стали использоваться теория технических систем преобразований (ТСП) [3] и энтропийный подход [4].

В ТСП операторами и операндами могут быть люди, судно, груз, окружающая среда и информация, с помощью которых осуществляется требуемое преобразование.

В судовой эргатической системе (СЭС) оператор (люди), судно и окружающая среда являются ее элементами. СЭС реализуется с помощью судовых эргатических функций (СЭФ), как взаимодействия ее элементов друг с другом: оператор – судно, судно – окружающая среда, судно – судно и т.д. Эти взаимодействия направлены на уменьшение энтропии как самой СЭФ, так и ее элементов.

Цель настоящего исследования заключается в обосновании возможности определения гидравлических характеристик грузовой линии в ходе слива груза на танкере. А задача – уменьшить энтропию во взаимодействиях СЭФ судно – береговой трубопровод при сливе груза на танкере, раскрыв неопределенность, связанную с неизвестными гидравлическими этой грузовой линии.

Основная часть. В качестве операнда рассматриваемой нами технической системы преобразований (ТСП) по определению гидравлических характеристик берегового трубопровода выберем информацию, раскрывающую функцию связи гидравлических характеристик судовых грузовых насосов и берегового трубопровода (рис. 1).

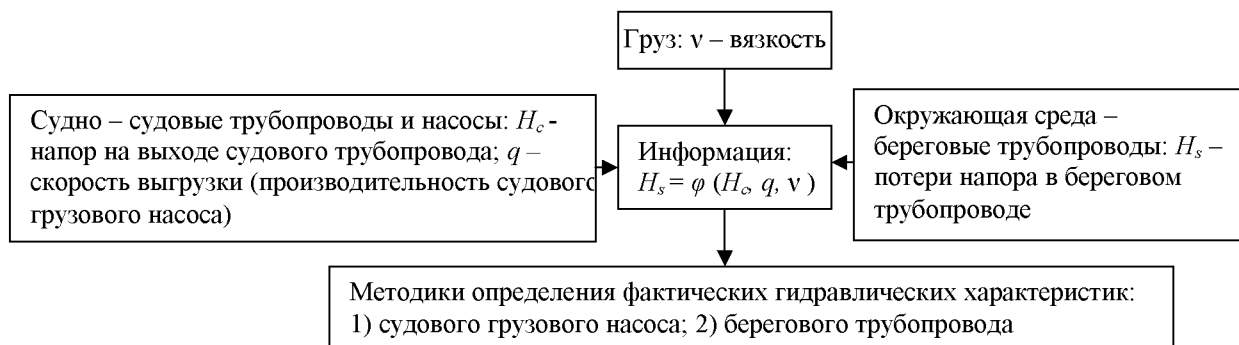


Рисунок 1 – Техническая система преобразований (ТСП) по определению гидравлических характеристик судовых грузовых насосов и берегового трубопровода

В этой ТСП будут взаимодействовать три оператора: судно – его насосы и грузовой трубопровод; окружающая среда – береговой трубопровод и груз. Преобразования, проводимые этой системой, будут идти за счет изменения характера обмена веществом и

энергией между операторами. В результате этого преобразования мы должны получить информацию о гидравлических характеристиках берегового трубопровода.

На крупнотоннажных танкерах в качестве грузовых насосов обычно устанавливается не менее двух центробежных насосов. В сдаточной документации указываются только их номинальные гидравлические характеристики, определенные при постройке судна во время специальных испытаний, объем, методы и порядок которых требуют особых условий, а рабочей жидкостью является вода. При этом не учитывается потеря напора на участке судового трубопровода от грузового насоса до выхода судовой грузовой магистрали. В ходе эксплуатации насосы изнашиваются и их гидравлические характеристики меняются.

На основе [5] совместную гидравлическую характеристику судового грузового насоса и участка судового трубопровода, по которому производится слив груза, в области рабочих диапазонов представим параболой:

$$H_c = aq^2 + bq + c - \Delta H_v, \quad (1)$$

где H_c – напор, развиваемый насосом, м вод.ст.; q – скорость выгрузки насосом $\text{м}^3/\text{ч}$; a, b, c – постоянные размерные коэффициенты параболы, аппроксимирующей работу насоса; ΔH_v – поправка к гидравлической характеристике судового грузового насоса на вязкость груза, его техническое состояние и гидравлическое сопротивление участка грузового трубопровода, по которому производится слив груза, м вод.ст.

Скорость выгрузки определяется по судовым замерам уровней груза в танке h_1 в момент времени t_1 и h_2 в момент времени t_2 :

$$q = \omega(h_2 - h_1) / t_2 - t_1, \quad (2)$$

где ω – объем груза в танке на единицу уровня, $\text{м}^3/\text{м}$, определяется как отношение объема $V, \text{м}^3$ к величине уровня груза в танке $T, \text{м}$.

Методика определения фактической гидравлической характеристики судового грузового насоса в эксплуатационных условиях состоит в следующем:

1. С паспортной гидравлической характеристики насоса для данного режима работы снимается 10-12 пар значений q и H_c .
2. Коэффициенты параболы рассчитываются методом наименьших квадратов.
3. Запускается грузовой насос при закрытой задвижке на выходе судовой грузовой магистрали.
4. После достижения насосом заданных оборотов фиксируется давление на выходе грузовой магистрали.
5. С паспортной характеристики насоса снимается номинальное значение напора при нулевой производительности и заданных оборотах насоса.
6. Разница между этим значением давления и снятым с паспортной характеристики будет поправкой к гидравлической характеристике судового насоса на вязкость груза, его техническое состояние и участок грузового трубопровода насоса – ΔH_v .
7. Такие поправки определяются для грузов с разной вязкостью.
8. Фактическая гидравлическая характеристика судового грузового насоса определяется с помощью уравнений (1) и (2).

Тогда уравнение для исправленного значения гидравлической характеристики судового грузового насоса примет вид:

$$H_{i,j} = aq_{i,j}^2 + bq_{i,j} + c - \Delta H_v, \quad (3)$$

где i – конечное число, характеризующее режим работы насоса, например, на ОБО дедвейтом 116 тыс.т у грузового насоса четыре режима работы: 600, 800, 1000 и

1250 об/мин; $H_{i,j}$ – j -значення напора при i -м режимі насоса, м вод.ст.; $q_{i,j}$ – j -е значення швидкості вилучення при роботі насоса на i -м режимі, що відповідає значенню напора насоса $H_{i,j}$ і визначається по замірам вантажу в танках, м³/ч.

Отже, вимірний інструмент для визначення гідравлічних характеристик берегового трубопроводу – виправлене значення гідравлічної характеристики судового вантажного насоса нами отримано.

Для визначення напора, споживаного береговим трубопроводом, на основі [5] нами пропонується формула:

$$H_s = H + d - h - \Delta h + Rq^2, \quad (4)$$

де H – висхідне рівня вантажу в береговій ємкості над рівнем моря, м; d – середня осадка судна, м; h – рівень вантажу в танку, з якого сливається вантаж судовим насосом, м; Δh – поправка до рівня вантажу в танку на диферент судна, м; R – постійний розмірний коефіцієнт параболы для гідравлічної характеристики даного берегового трубопроводу і заданих умов, як узагальнена характеристика його гідравлічного опору; q – швидкість сливання вантажу, м³/ч.

Швидкість сливання вантажу q в конкретних умовах – при роботі судового вантажного насоса заданому режимі з гідравлічною характеристикою, визначається вираженням (1), і береговим трубопроводом з гідравлічною характеристикою, визначається вираженням (4), отримуємо на основі спільного рішення (1) і (4):

$$(a - R)q^2 + bq + D = 0, \quad (5)$$

де $D = c - \Delta H_v - H - h - d + \Delta h$.

Невідомими в формулі (5) залишаються величини H і R . Умова рівності (3) і (4) відповідає спільній характеристиці роботи судового вантажного насоса і берегового трубопроводу. Тоді постійний коефіцієнт R параболы (4) визначиться з рівняння:

$$R = (aq_{i,j}^2 + bq_{i,j} + c - \Delta H_v - H - d_j + h_j + \Delta h_j) / q_{i,j}^2. \quad (6)$$

де індексами j і $j+1$ позначені параметри двох послідовних замірів вантажу, диферента і осадки судна при роботі судового вантажного насоса в i -м режимі.

Об'єм сучасних нафтяних резервуарів на порядок більше окремого вантажного танка. В зв'язі з цим швидкість зміни рівня вантажу в береговій ємкості на порядок менше швидкості зміни рівня вантажу в танку при сливанні вантажу. Це дозволяє допустити, що за час між двома послідовними замірами вантажу напор, споживаний береговим трубопроводом, буде визначатися параболою (4). Тоді на основі формули (7) отримуємо:

$$H = [(aq_{i,j}^2 + bq_{i,j} + c - \Delta H_v - d_j + h_j - \Delta h_j)q_{i,j+1}^2 - (aq_{i,j+1} + bq_{i,j+1} + c - \Delta H_v - d_{j+1} + h_{j+1})q_{i,j}^2] (q_{i,j+1}^2 - q_{i,j}^2)^{-1}. \quad (7)$$

Методика визначення фактичних гідравлічних характеристик берегового трубопроводу складається в наступному:

1. Вантажний план складається таким чином, щоб в час короткого проміжку часу сливання вантажу можна було виробити тільки з одного (ізолюваного) з найменших по об'єму вантажних танків.

2. При установившійся режимі сливання вантажу з ізолюваного танка вимірюють: 1) рівень вантажу в ньому, 2) диферент і 3) середню осадку судна і фіксують час кожних вимірювань.

2. Измерения уровня груза, дифферента и средней осадки и фиксация времени повторяются несколько раз через каждые 10 - 15 мин.

3. По данным любого из попарных измерений – 1-го и 2-го, 2-го и 3-го, 3-го и 4-го и т.д. по формулам (2), (6) и (7) рассчитывается постоянный размерный коэффициент параболы для гидравлической характеристики данного берегового трубопровода – R .

4. Для каждого попарного измерения – 1-го и 2-го, 2-го и 3-го, 3-го и 4-го и т.д. по формулам (2) и (8) рассчитываются возвышения уровня груза в береговой емкости над уровнем моря – H .

5. По полученным возвышениям уровня груза в береговой емкости рассчитывается их среднеарифметическое значение – H_{cp} .

6. На основе полученных таким образом величин R и H_{cp} по формуле (4) определяется парабола, характеризующая напор, потребляемый береговым трубопроводом.

7. Средняя скорость слива груза q , практически возможная в данных условиях, определяется по формуле (5) учетом полученных значений R и H_{cp} .

Зависимость времени сталии, как эксплуатационного показателя действия экономического закона, от показателей действия естественных законов в СЭФ судно (грузовые насосы) - окружающая среда (береговой трубопровод) можно представить в виде [7]:

$$\tau = V / q_{cp}, \quad (8)$$

где V – общее количество слитого с судна груза, м³; q_{cp} - средняя скорость выгрузки, м³/час.

Величину энтропии СЭФ (8) – ее чувствительность получаем на основе [6] после дифференцирования (2) и (8), подстановок и перехода к конечным приращениям:

$$\Delta\tau = \frac{V}{q_{cp}} \left(\delta V - \frac{\sigma}{T} \sqrt{2} \right), \quad (9)$$

где δV – относительная погрешность определения объема груза на танкере по данным судовых замеров, %; σ – среднеквадратическая погрешность судовых измерений уровня груза в танке, м.

В качестве примера рассчитаем энтропию СЭФ слив груза на танкере, как предел точности судовых измерений груза при оценке сталии на судне ОБО дедвейтом 116 тыс.т. При этом $\delta V = 0,0015$ %; $\sigma = 0,001$ м [7]; $T = 23$ м; $V = 125000$ м³; $q_{cp} = 4560$ м³/час. По формуле (9) получаем $\Delta\tau = 3$ мин. Это значит, что при определении сталии на основе приведенной методики по определению фактической гидравлической характеристики грузовой линии погрешность в оценке сталии не превышает 3 мин.

На основании описанных методик были разработаны алгоритмы и программы для судовой ПЭВМ по выполнению этих расчетов на 10 типов танкеров ОАО «Новошип», которые были внедрены на них в виде стандартов предприятия, как один из элементов системы качества менеджмента.

Выводы. Из изложенного следует, что разработанные методики могут служить основанием как, в первую очередь, для защиты интересов перевозчика при доказательстве его добросовестности в части обеспечения своевременного слива груза на танкере, так и при составлении договоров на перевозку в вопросах нормы сталии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобыр В. А. Сокращение времени и оптимизация грузовых операций с наливными грузами / ЭИ «Морской транспорт» серия «Технология морских перевозок», вып. 3(237). – М. : В/О «Мортехинформреклама» ММФ, 1994. – С. 1-9.
2. Маценко С. В. Исследование гидравлических характеристик грузовых насосов крупнотоннажных танкеров и их оптимизация : дис. на соиск. уч. ст. к.т.н. – Новороссийск : НГМА, 2004. – 203 с.
3. Хубка В. Теория технических систем. – М. : Мир, 1987. – 208 с.
4. Климонтович Ю. Л. Энтропия и информация открытых систем. – М. : ТОО Янус, 1999. – 443 с.
5. Подволоцкий Н.М. Вакуумная разгрузка танкеров. – Л. : Судостроение, 1975. – 192 с.
6. Бобыр В. А. Судовые эргатические функции // Водный транспорт : сб. научн. тр. КДАВТ. – № 3 (18) – 2013. – С. 14-20.
7. Бобыр В. А. Результаты натурных исследований процесса количественного учета наливного груза на танкере / В сб. трудов ЦНИИМФ «Технология перевозок грузов морем», вып. 251. – Л. : Транспорт, 1980. – С. 47-60.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Богдан Ю.А.

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

Вступление. Среди существующих энергетических установок (ЭУ), используемых на водном транспорте, дизельные установки занимают ведущее место исходя из следующих основных достоинств: высокой экономичности, надежности в работе, значительного моторесурса. Даже с учетом преимуществ дизельных ЭУ проблемы, связанные с повышением их эффективности и обеспечением максимальной экономии первичных энергетических ресурсов остаются нерешенными. Основные пути решения указанных проблем состоят в использовании тепловых потерь энергии сжигаемого топлива. Таким образом, дополнительно к генерированию основной механической (электрической) энергии (механической – дизель, электрической – дизель-генератор) одновременно можно производить тепловую энергию (утилизация вторичных энергетических ресурсов дизеля), что существенно повышает коэффициент полезного действия (КПД) установки. Установки с комбинированной выработкой нескольких видов энергии получили название когенерационных установок (КГУ).

Основная часть. Широкое распространение способа комбинированной генерации энергии вызывает необходимость в создании методик расчета тепловой и электрической мощности КГУ на базе ДВС, использование которых позволяет выполнять оценки эффективности КГУ.

Существуют упрощенные методики для оценки вырабатываемой механической (электрической) энергии. При этом отсутствуют методики для определения количества полезной тепловой энергии, которая вырабатывается в утилизационном контуре КГУ. В основу существующих методик положены результаты теплосбалансовых испытаний с последующим составлением внешнего теплового баланса двигателя, где определяются его тепловые потери. Такой подход к определению тепловой мощности является недостаточным, поскольку не дает детального расчета полезной тепловой энергии, вырабатываемой в утилизационном тепловом контуре и тепловых потерь, которые им сопутствуют. Имеются ввиду потери во внешнюю среду в теплообменном оборудовании и дополнительные потери энергии, затрачиваемые на прокачку охлаждающей жидкости.

Приведенная методика, кроме теплового расчета рабочего процесса двигателя, включает определение тепловой мощности утилизационного оборудования и базируется на теплосбалансовых расчетах отдельных модулей КГУ на базе ДВС. Тепловая мощность КГУ на базе ДВС Q_m равна сумме теплоты, которая отводится в каждом из теплообменных аппаратов в ее утилизационном контуре $Q_m = \sum_{i=1}^n Q_i$ и зависит от количества теплообменных аппаратов и их энергетической эффективности.

Расчет электрической мощности КГУ на базе ДВС выполнен на основе расчетов, приведенных в работе С.Е. Кузнецова. Таким образом, фактическую активную электрическую мощность P_e определяют как разницу между подводимой от дизеля к генератору эффективной мощности N_e и суммарной мощности всех потерь P_Σ в синхронном генераторе $P_e = N_e - P_\Sigma$.

Выводы. Разработанная методика определения тепловой и электрической мощности КГУ на базе ДВС позволяет производить оценку эффективности КГУ и дает возможность решения проблем, связанных с экономией и рациональным использованием первичных энергетических ресурсов и оптимизацией разрабатываемых схем КГУ.

Кроме того, получен суммарный КПД КГУ на базе ДВС с учетом теплогидравлической эффективности теплообменной поверхности ТА, который позволяет оценить энергоэффективность КГУ при различных схемах утилизации теплоты и разных конструкциях ТА.

ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ З ПОЛІПШЕНИМИ МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Букетов А.В., Браїло М.В., Скирденко В.О., Акімов О.В., Красенький В.М.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Важливою проблемою на сьогодні є формування полімерних конструкційних матеріалів з поліпшеними властивостями. Водночас властивості матеріалів, у тому числі і полімерних, залежать від багатьох керованих і некерованих факторів, які визначають апріорною інформацією у вигляді результатів дослідження теоретичними та експериментальними методами. Тому актуальним завданням сучасного матеріалознавства є отримання необхідних даних при мінімальній кількості дослідів. Одним із варіантів вирішення даної задачі є використання методу математичного планування експерименту. Застосування математичної моделі дозволяє не тільки зменшити кількість необхідних дослідів, але й підвищити економічність при проведенні експерименту за рахунок зменшення матеріальних затрат і часу на їх проведення.

Мета роботи – методом математичного планування експерименту встановити оптимальний вміст двокомпонентного наповнювача різної фізичної природи і дисперсності для формування покриттів з поліпшеними фізико-механічними властивостями.

Обговорення експериментальних результатів дослідження. Використовуючи активний експеримент досліджували когезійні властивості композитних матеріалів (КМ) з двокомпонентним наповнювачем, що містить різні за природою та дисперсністю частки. Вміст двокомпонентного наповнювача у вигляді основних та додаткових часток вибрано на основі попередніх результатів досліджень когезійних властивостей КМ. У вигляді наповнювача використовували дисперсні частки матеріалів: графіт антифрикційний марки АГ-1500 (вміст $q = 40 \dots 60$ мас.ч.) (ТУ 48-20-4-87) з дисперсністю $63 \dots 80$ мкм і перліт ($q = 10 \dots 30$ мас.ч) (ГОСТ 25226-96) з дисперсністю $5 \dots 10$ мкм. Крок варіювання складає – $\Delta q = 10$ мас. ч.

Відповідно до схеми планування експерименту було проведено 9 дослідів ($N = 9$), кожний з яких повторювали тричі ($p = 3$) з метою виключення системних помилок. Вводили умовні одиниці (x_1 – вміст графіту АГ-1500 і x_2 – вміст перліту)

Математичну модель $y = f(x_1, x_2)$ формували у вигляді рівняння регресії:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2$$

При проведенні експерименту визначали коефіцієнти, внаслідок чого отримали наступне рівняння регресії:

$$y = 31,09 + 1,97x_1 + 1,5x_2 + 0,43x_1^2 - 3,57x_2^2 - 2,63x_1x_2.$$

Для статистичної обробки отриманих результатів експерименту проведено перевірку відтворюваності дослідів за критерієм Кохрена:

$$G = S_{u \max}^2 / \sum_{u=1}^N S_u^2 \leq G_{(0,05; f_1; f_2)}.$$

Тоді розрахункове значення критерію Кохрена при 5 %-ному рівні значущості:

$$G_{розр} = 0,49 / 1,87 = 0,262.$$

Перевірка результатів експерименту за критерієм Кохрена для фіксованої ймовірності $\alpha = 0,05$ підтвердила відтворюваність дослідів. Розрахункове значення критерію Кохрена: $G_{розр} = 0,262$.

Табличне значення критерію Кохрена: $G_{табл} = 0,478$.

Тобто, виконується умова:

$$G_{розр} = 0,262 \leq G_{табл} = 0,478.$$

Надалі визначали значущість коефіцієнтів рівняння регресії, аналізуючи результати

за планом експерименту.

Значущість коефіцієнтів регресії визначали за критерієм Стюдента. При цьому визначали табличний (t_m) і розрахунковий критерій (t_p) критерії Стюдента.

Залежно від ступенів вільності: $f = N(n - 1) = 9(3 - 1) = 18$ визначали табличне значення критерію Стюдента, яке становить $t_T = 2,04$.

Визначали розрахункові значення критерію Стюдента (t_p) і значущість коефіцієнтів: $t_{0p}, t_{1p}, t_{2p}, t_{11p}, t_{22p}, t_{12p} > t_T$.

Причому:

$$t_{ip} = \frac{|b_i|}{S_{b_i}}$$

Враховуючи те, що розрахункові значення критерію Стюдента $t_{0p}, t_{1p}, t_{2p}, t_{22p}, t_{12p}$ є більшими від t_T вважали, що коефіцієнти рівняння регресії є значущими. Значення t_{11p} є меншим від t_T , тому коефіцієнт b_{11} не є значущим. В результаті відкидання незначущих коефіцієнтів отримали наступне рівняння регресії:

$$y = 31,09 + 1,97x_1 + 1,5x_2 - 3,57x_2^2 - 2,63x_1x_2$$

Адекватність отриманої моделі перевіряли за критерієм Фішера:

$$F_p = \frac{S_{u \max}^2}{S_y^2} \leq F_{(0,05; f_{ab}; f_y)}$$

Тоді: $F_p = 2,33$.

$F_{(0,05; f_{ab}; f_u)}$ – табличне значення критерію Фішера при 5 %-ному рівні значущості ($f_1 = N - (k + 1) = 9 - (5 + 1) = 3, f_2 = N(n - 1) = 9(3 - 1) = 18$). Тоді: $F_{(f)} = 2,8$.

Розрахункове значення критерію Фішера є меншим від табличного. Можна вважати, що рівняння адекватно описує склад композиції.

Отже, на основі проведених розрахунків можна стверджувати, що обидва фактори є важливими, тому що значення коефіцієнтів x_1 і x_2 є великими за абсолютною величиною. Однак, на основі результатів експериментальних досліджень доведено, що максимальними показниками руйнівних напружень при згинанні КМ відзначається епоксидний композит з двокомпонентним дисперсним наповнювачем наступного складу: основний наповнювач – графіт антифрикційний марки АГ-1500 (50...60 мас.ч.), додатковий наповнювач – перліт (10...20 мас.ч.). Такий склад композиції доцільно використовувати для формування захисних покриттів з підвищеними експлуатаційними властивостями.

Аналогічно схемі розрахунків математичного планування експерименту за властивістю руйнівних напружень при згинанні, визначали адекватність композиції за властивостями модуля пружності при згинанні та теплостійкості (за Мартенсом). Рівні змінних в умовному і натуральному масштабах та схема планування експерименту вибрано згідно табл. 1 і табл. 2.

Висновки. Методом ортогонального центрального композиційного планування експерименту визначено оптимальний вміст двокомпонентного дисперсного наповнювача у епоксидному композиті з поліпшеним когезійними властивостями. Композицію слід формувати наступного складу: твердник ПЕПА (5 мас.ч.), твердник Telalit 410 (5 мас.ч.), епоксидний олігомер СНS-Ероху 525 (100 мас.ч.), основний наповнювач – графіт антифрикційний марки АГ-1500 (60 мас.ч.), додатковий наповнювач – перліт (10...30 мас.ч.). Такий матеріал має руйнівні напруження при згинанні – $\sigma_{zz} = 28,6...35,6$ МПа, модуль пружності при згинанні – $E = 5,4...6,2$ ГПа і теплостійкість (за Мартенсом) – $T = 349...350$ К.

МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПАСИВНИХ ФІЛЬТРІВ ВИЩИХ ГАРМОНІК

Глазева О.В.

Одеська національна морська академія (Україна).

Бушер В.В.

Одеський національний політехнічний університет
(Україна)

Вступ. Пристрої, що породжують гармоніки, присутні у всіх промислових, невиробничих і побутових секторах. В даний час подібних навантажень стає все більше, відповідно зростає їх доля у вжитку електроенергії. Гармоніки є результатом дії нелінійних навантажень (НН), в яких форма струму, споживаного навантаженням, відрізняється від форми живлячої напруги. Типовим прикладом НН є навантаження, в яких використовується силова електроніка, або є елементи магнітних кіл, в яких виникають явища насичення сердечників (в основному трансформатори). Проходження гармонійних струмів створює гармонійну напругу через опори мережі і, відповідно, викликає спотворення напруги живлення [1, 2].

Актуальність дослідження. Прогресуюче впровадження електроприводу з напівпровідниковими перетворювачами (НП) зумовило важливість і актуальність вирішення проблеми вищих гармонік в електричних мережах. Дія НП на об'єкт регулювання проявляється не лише в викривленні форми напруги, що подається на об'єкт, а також в генеруванні викривлених сигналів в загальну мережу.

Оскільки найбільш вагомим аспектом в проблемі електромагнітної сумісності є генерування НП вищих гармонік струмів і напруги, то важливим є з'ясування причин виникнення вищих гармонік, вивчення методів їх теоретичного розрахунку та експериментальних вимірів, а також вибір схемотехнічних рішень, направлених на поліпшення гармонійного складу сигналів в енергомережах.

Постановка задачі. Технічним об'єктом для дослідження в роботі [3] вибрано потужний підрулюючий пристрій на базі асинхронного двигуна з ТПН судна типу контейнеровоз. Математична модель системи «Суднова мережа – ТПН – АД – Навантаження» в середовищі MATLAB-Simulink дозволила провести виміри фазних струмів та напруг на ділянці «Мережа – ТПН» електроприводу підрулюючого пристрою судна при роботі на типових швидкостях, а також отримати розрахунки гармонійних складових струмів та напруг завдяки підключенню блоку перетворення Фур'є (FFT Analysis). Було показано, що дія ТПН на судову мережу проявляється у вигляді генерування в неї високочастотних гармонік напруги та струму.

Одним з рішень проблеми зменшення викривлень струмів і напруги в судовій мережі є використання пасивних мережевих фільтрів [1, 2].

Запропонуємо методику розрахунку параметрів елементів пасивних фільтрів з використанням гармонійних складових струмів і напруги на ділянці «Мережа–ТПН».

Ідея фільтрації вищих гармонік несинусоїдального сигналу заснована на фундаментальних положеннях теоретичних основ електротехніки та полягає в наступному [2]: кожною гармонікою несинусоїдального сигналу від ТПН в зовнішнє коло посилається деяка енергія. Якщо підключити паралельно з навантаженням по одному коливальному контуру на кожен вищу гармоніку сигналу, то створивши умови резонансу напруги, можливо «відвернути» цю енергію на збурювання коливань в коливальних контурах, що в свою чергу не дозволить цій енергії піти у зовнішнє коло. За рахунок того, що кожен контур містить активний опір, можливо добитися того, щоб ця енергія безповоротно розсіювалася на активному опорі, що буде додатковою перешкодою для попадання вказаної енергії в зовнішнє коло.

Тому індуктивність, ємність і активний опір кожного коливального контуру треба знайти такими, щоб пригнічувана частота була резонансною для даного контуру.

Напруга на вході послідовного контуру має наступний вираз:

$$U(t) = U_0^a \cos(\omega_a t + \varphi_a),$$

де ω_a – частота a -тої гармоніки, φ_a – її початкова фаза, а U_0^a – амплітуда цієї гармоніки.

Диференціюючи за часом рівняння балансу енергії для даного контуру отримуємо:

$$L \frac{d^2 q(t)}{dt^2} + \frac{dq(t)}{dt} R + \frac{q(t)}{C} = U_0^a \cos(\omega_a t + \varphi_a).$$

Це співвідношення є лінійним неоднорідним диференціальним рівнянням другого порядку з постійними коефіцієнтами. Його рішення складається із загального рішення однорідного рівняння, яке описує затухаючі власні коливання, та приватного рішення неоднорідного рівняння, яке описує вимушені сталі коливання.

Загальне рішення однорідного рівняння:

$$q(t) = \exp\left(-\frac{R}{2L}t\right) \cos\left(\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}t + \phi\right)$$

Як видно з цього співвідношення – коефіцієнт затухання власних коливань в контурі, які збуджуються зовнішньою напругою $U(t)$, складає $\tau = \frac{2L}{R}$, а період власних коливань – $\frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}}$.

Зажадаємо, аби власні коливання затухали, наприклад, за $\frac{1}{2}$ періоду вищої гармоніки. Тоді отримаємо параметр $\eta = 2a$ і

$$\eta \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} = \frac{2L}{R}. \quad (1)$$

Приватне рішення неоднорідного рівняння, що описує сталі вимушені коливання має вигляд:

$$q(t) = \frac{1}{\sqrt{\left(\left(\omega_a\right)^2 - \frac{1}{LC}\right)^2 + \left(\frac{R}{L}\omega_a\right)^2}} \frac{U_0^a}{L} \cos(\omega_a t + \varphi_a - \Delta\varphi),$$

$$\text{де } \Delta\varphi = \arctg\left(\frac{\frac{R}{L}\omega_a}{\frac{1}{LC} - \left(\omega_a\right)^2}\right).$$

З цього співвідношення видно, що амплітуда сталих коливань буде максимальною, коли вираз $\left(\left(\omega_a\right)^2 - \frac{1}{LC}\right)^2 + \left(\frac{R}{L}\omega_a\right)^2$ має мінімальне значення.

Таким чином, в разі перетворень отримуємо:

$$\left(\left(\omega_a\right)^2 - \frac{1}{LC}\right)^2 + \left(\frac{R}{L}\omega_a\right)^2 = \left(\left(\omega_a\right)^2 - \left(\frac{1}{LC} - 2\left(\frac{R}{2L}\right)^2\right)\right)^2 + \left(\frac{1}{LC}\right)^2 - \left(\frac{1}{LC} - 2\left(\frac{R}{2L}\right)^2\right)^2.$$

Максимальна амплітуда вимушених коливань досягається за умови:

Максимальна амплітуда вимушених коливань досягається за умови:

$$(\omega_a)^2 - \left(\frac{1}{LC} - 2 \left(\frac{R}{2L} \right)^2 \right) = 0. \quad (2)$$

Таким чином, для визначення трьох параметрів послідовного резонансного кола R, L, C поки маємо два рівняння (1) та (2). Тому необхідне третє рівняння. Його можливо сформулювати з таких міркувань.

Для кожної з частот ω_a можливо визначити амплітуди напруги U_0^a та сили струму I_0^a , які створює ТПН в зовнішньому колі без підключення фільтру. Тоді енергія, яка посиляється в зовнішнє коло за період коливань T_a на частоті ω_a дорівнює:

$$\int_0^{T_a} U_0^a \cos(\omega_a t + \varphi) I_0^a \cos(\omega_a t + \varphi + \Delta\varphi) dt = \frac{U_0^a I_0^a}{2} T_a \cos(\Delta\varphi)$$

Величина цієї енергії повинна не перевищувати значення $E(\omega_a) = \frac{U_0^a I_0^a}{2} T_a$.

Загадаємо, аби така енергія виділялася за період коливань на активному опорі коливального контуру фільтру, налаштованого на дану частоту.

Сила струму в контурі фільтру може бути визначена наступним чином:

$$I(t) = \frac{dq(t)}{dt} = - \frac{\omega_a}{\sqrt{\left((\omega_a)^2 - \frac{1}{LC} \right)^2 + \left(\frac{R}{L} \omega_a \right)^2}} \frac{U_0^a}{L} \sin(\omega_a t + \varphi_a - \Delta\varphi)$$

Тоді енергія, що виділяється на активному опорі контуру розраховується за формулою:

$$E_1(\omega_a) = \int_0^{T_a} I^2(t) R dt = \frac{R(\omega_a)^2}{\left((\omega_a)^2 - \frac{1}{LC} \right)^2 + \left(\frac{R}{L} \omega_a \right)^2} \left(\frac{U_0^a}{L} \right)^2 \frac{T_a}{2}$$

Наступним кроком загадаємо, аби енергія $E(\omega_a)$, яка посилалась в зовнішнє коло, виділялась на активному опорі фільтру, тобто була рівна $E_1(\omega_a)$ і не потрапляла в зовнішнє коло, що і дає нам можливість отримати третє рівняння:

$$\frac{R \left(\frac{\omega_a}{L} \right)^2}{\left((\omega_a)^2 - \frac{1}{LC} \right)^2 + \left(\frac{R}{L} \omega_a \right)^2} U_0^a = I_0^a \quad (3)$$

Вирішуючи систему з рівнянь (1), (2), (3) отримуємо три ошукуванні величини:

$$R = \frac{U_0^a}{I_0^a} \frac{4\pi^2 \eta^2 - 1}{4\pi^2 \eta^2}$$

$$L = \frac{R}{2} \frac{\sqrt{4\pi^2 \eta^2 - 1}}{\omega_a} = \frac{U_0^a}{I_0^a} \frac{(4\pi^2 \eta^2 - 1)^{3/2}}{8\pi^2 \eta^2 \omega_a} \quad (4)$$

$$C = \frac{1}{(\omega_a)^2} \frac{4\pi^2\eta^2 - 1}{4\pi^2\eta^2 + 1} \frac{1}{L} = \frac{1}{\omega_a} \frac{1}{4\pi^2\eta^2 + 1} \frac{8\pi^2\eta^2}{(4\pi^2\eta^2 - 1)^{1/2}} \frac{I_0^a}{U_0^a}$$

Результати досліджень. Використовуючи дану методику проведено розрахунок параметрів пасивних фільтрів для установки потужністю 3 МВт. В розроблену в [3] математичну модель системи «Суднова мережа – ТПН – АД – Навантаження» було включено блоки пасивних фільтрів – Filter Phase A, Filter Phase B, Filter Phase C, та отримано гармонічні складові струмів та напруг.

Таблиця 1 – Розрахунки гармонійних складових фазного струму і напруги на ділянці «Мережа–ТПН» з фільтрами та без фільтрів

		Без фільтрів		З фільтрами				
		$\omega = 40$ рад/с		$\omega = 40$ рад/с				
		Напруга	Струм	Параметри фільтрів			Напруга	Струм
$U_0^1 = 4101$ В	$I_0^1 = 1134$ А	ТНД = 7.73%	ТНД = 7.76%	R	L	C	$U_0^1 = 4108$ В	$I_0^1 = 1119$ А
a	f			ТНД = 5.23%	ТНД = 5.52%			
	Гц	$U_0^a, \%$	$I_0^a, \%$	Ом	мГн	мкФ	$U_0^a, \%$	$I_0^a, \%$
5	250	4.85	5.99	2.927	58.541	6.92	3.49	4.39
7	350	4.21	3.93	3.874	77.466	2.669	2.74	2.64
11	550	2.88	2.06	5.056	101.111	0.828	1.63	1.17
13	650	2.22	1.44	5.575	111.499	0.538	1.05	0.70

Аналіз отриманих розрахунків по напрузі дозволяє зробити висновок, що результатом підключення пасивних фільтрів є зменшення у середньому амплітуди напруги 5-ої та 7-ої гармонік на 1,42%, а 11-ої та 13-ої гармонік – 1,21%. Стосовно струму, маємо аналогічну картину поліпшення гармонійної складової сигналу, а саме зменшення у середньому амплітуди струму 5-ої та 7-ої гармонік на 1,45%, а 11-ої та 13-ої гармонік – 0,82%. Сумарний коефіцієнт гармонік (Total Harmonic Distortion-THD) системи для наведеної швидкості зменшився на 2,5% для напруги та на 2,24% для струму. Аналогічні результати отримані при всіх робочих швидкостях і штатних навантаженнях підрулюючого пристрою ($0,7\omega_n, 0,8\omega_n, 0,9\omega_n$).

Висновки. В роботі вирішено актуальну проблему зменшення впливу вищих гармонічних складових напруги і струму за допомогою пасивних RLC фільтрів, пошук параметрів яких енергетично обґрунтовано. Запропонований метод розрахунку параметрів надає змогу зменшити габарити та вартість фільтрів і одночасно задовольнити вимогам мережі живлення щодо гармонійного складу напруги та струму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воршевский А. А., Гальперин В. Е. Электромагнитная совместимость судовых технических средств /А. А. Воршевский, В. Е.Гальперин. – СПб. : ГМТУ, 2006. – 317 с.
2. Арриллага Дж.и др. Гармоники в электрических системах: Пер. с англ. / Дж. Арриллага, Д. Брэдли, П.Боджер.– М. : Энергоатомиздат, 1990. – 320 с.
3. Дранкова А. О., Бушер В. В., Глазев Д. А. Исследование гармонических составляющих токов и напряжений подруливающего устройства по системе ТПН-АД // Матеріали науково-методичної конференції «Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки» 11.12.2013 – 12.12.2013 – Одеса: ОНМА, 2014. – С. 61-67.
4. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи.– М. : Гардарика, 2002. – 638 с.

АКСІАЛЬНО НЕСИМЕТРИЧНІ ІНСТРУМЕНТИ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО РИХТУВАННЯ

Гнатюк А.В. Шиндерук С.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
(Україна)

Вступ. З кожним роком у світі величезними темпами зростає кількість автомобілів. Україна займає 65 місце у загальносвітовому рейтингу з кількості автомобілів на душу населення, маючи показник 98 машин на 1000 населення. Але разом із збільшенням кількості автотранспортних засобів, зростає і кількість ДТП за їх участю, у яких, тією чи іншою мірою, але обов'язково пошкоджуються панелі кузовних елементів автомобілів. Крім аварійних ситуацій, поява вм'ятин на кузовних панелях автотранспорту обумовлена також і рядом інших причин. Наприклад, град, невдале паркування, камені з-під коліс машин, що їдуть попереду, тощо. Тому операції, які пов'язані з ремонтом і реставрацією кузовних панелей автомобілів, є досить актуальними і користуються все більшим попитом. У зв'язку з цим особливий інтерес викликають методи відновлення кузовів автомобілів, що дозволяють здійснювати зовнішнє рихтування без розбирання кузовних елементів і порушення існуючого захисного покриття [1].

Актуальність досліджень. Найбільш яскравими прикладами є безконтактні магнітно-імпульсні методи відновлення кузовних панелей автомобілів (зовнішнє безконтактне магнітно-імпульсне рихтування). Фактично, впровадження магнітно-імпульсних технологій у ремонт і відновлення кузовів автотранспортних засобів зумовило появу нового наукового напрямку, який можна визначити, як розвиток методів відновлення кузовів автомобілів, основаних на використанні енергії імпульсних магнітних полів [1-3].

Необхідно зазначити, що при роботі з металом традиційними механічними методами (рихтування, видавлювання, штампування), він стає тонким і розтягується. При цьому особливій деформації піддається верхній шар металу, що приводить до порушення самої його структури. Магнітно-імпульсні методи рихтування позбавлені перерахованих недоліків, тому що взаємодія магнітного поля з індуктованим струмом, який збуджується по всій товщині оброблюваного металу, приводить до витягування металу силами притягання, які діють рівномірно по всій його товщині.

Постановка задачі. Метою даної роботи є аналіз впливу азимутальних неоднорідностей на електромагнітні процеси в реальних для практики інструментах зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування.

Результати досліджень. Інструменти магнітно-імпульсного рихтування – це плоскі одновиткові соленоїди. У відомих публікаціях з електродинамічних розрахунків останні є замкнутими круговими контурами, що дозволяє ввести умову аксіальної симетрії та істотно спростити рішення задачі про поле ізольованого витка на поверхні металевого об'єкта. У дійсності виток не може бути замкнутим круговим контуром, оскільки він є елементом, що послідовно під'єднується до кола джерела потужності. Тобто, реально, виток – незамкнутий, він має розріз і функція, що описує азимутальний розподіл збуджуючого струму, зазнає розриву другого роду. Наближення аксіальної симетрії порушується тим більше, чим більше необхідна за конструктивними особливостями відстань між електричними виводами до джерела потужності. Отже, порушення аксіальної симетрії приводить до неадекватності широко застосовуваної симетричної моделі розрахунку, виток – провідний об'єкт. Зрозуміло, що порушення аксіальної симетрії форми джерела поля – індуктора веде до викривлення силової дії на оброблюваний об'єкт.

Розглянемо збудження індуктованих струмів ідеалізованим нескінченно тонким витком. Це наближення дозволить уникнути неоднозначності в інтерпретації розрахункових результатів, які обумовлені кінцевими радіальними розмірами індуктора в

зоні розрізу. Розрахункову модель подано на рис. 1а [2-6].

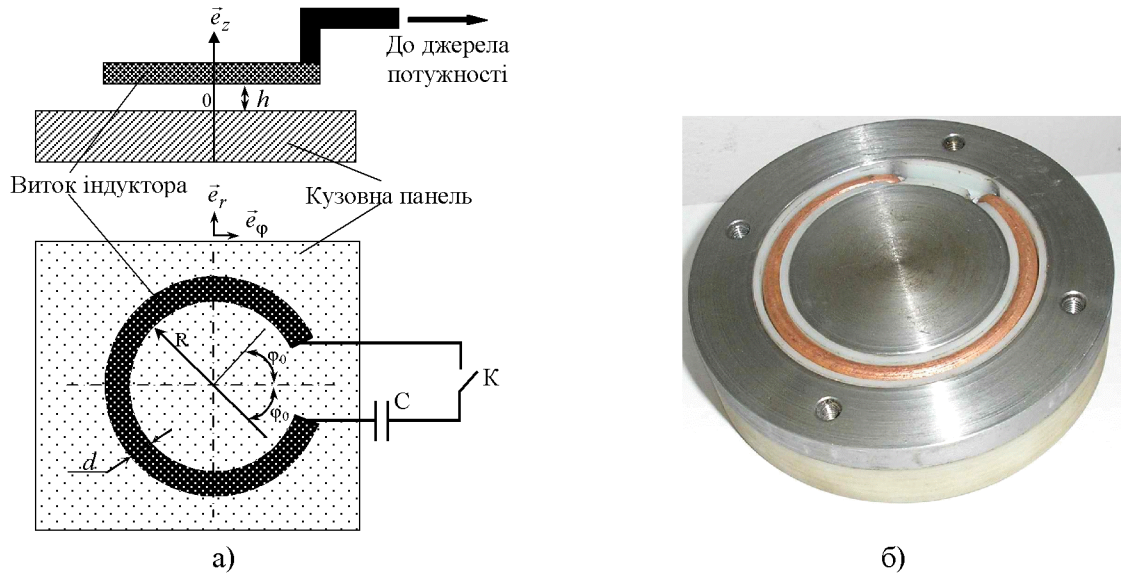


Рисунок 1 – Плоский незамкнений виток над масивним металевим листом: а) розрахункова модель; б) фізична модель

Інтегрування рівнянь Максвелла, складених для розрахункової моделі (рис. 1, а), здійснювалося з використанням інтегрального перетворення Фур'є-Бесселя. Опускаючи проміжні математичні викладки, запишемо остаточні вирази для компонентів густини індукованих струмів у вигляді відносних величин.

Для ідеального провідника (масивний металевий лист або метал з високою електропровідністю)

$$j_{\phi}^{\text{відн}}(\rho, \phi) = \left(\frac{R_1}{R_2 - R_1} \right) \sum_{n=0}^{\infty} F_n(\phi_0) \cos(n\phi) \cdot \left[\int_0^{\infty} f_n(x) (J_{n-1}(x\rho) - J_{n+1}(x\rho)) e^{-x \frac{h}{R_1}} dx \right], \quad (1)$$

$$\text{де } F_n(\phi_0) = \begin{cases} \left(-\frac{2 \cdot \sin(n \cdot \phi_0)}{\pi \cdot n} \right), & n \neq 0, \\ \left(1 - \frac{\phi_0}{\pi} \right), & n = 0, \end{cases} \quad f_n(x) = \frac{1}{(4 \cdot x)} \int_x^{\frac{R_2}{R_1}} y \cdot [J_{n-1}(y) - J_{n+1}(y)] dy.$$

$$j_r^{\text{відн}}(\rho, \phi) = \left(\frac{R_1}{R_2 - R_1} \right) \sum_{n=1}^{\infty} n \cdot F_n(\phi_0) \cdot \sin(n\phi) \left[\int_0^{\infty} f_n(x) \frac{J_n(x\rho)}{\rho} \cdot \frac{e^{-x \frac{h}{R_1}}}{x} dx \right] \quad (2)$$

Повна густина струму, індукованого у металі пластини

$$j_{\text{відн}}\left(\frac{r}{R}, \phi\right) = \sqrt{j_{\phi\text{-відн}}^2\left(\frac{r}{R}, \phi\right) + j_{r\text{-відн}}^2\left(\frac{r}{R}, \phi\right)}. \quad (3)$$

Для тонкостінного провідника у вигляді відносної безрозмірної величини – $J_{\text{відн}} = -\frac{j_{\phi}^{(2)}(t, r, \phi)}{\left(\frac{\tau \cdot R}{8 \cdot d^2}\right) \cdot \frac{dj(t)}{dt}}$, з урахуванням залежностей: $x = \lambda R$, $d\lambda = \frac{1}{R} \cdot dx$, $x \in [0, \infty]$

$$j_{\text{відн}}\left(\frac{r}{R}, \phi\right) = \sqrt{j_{\phi\text{-відн}}^2\left(\frac{r}{R}, \phi\right) + j_{r\text{-відн}}^2\left(\frac{r}{R}, \phi\right)}. \quad (3)$$

$$J_{\text{відн}} = \int_0^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} F_n(\phi_0) [J_{n+1}(x) - J_{n-1}(x)] e^{-x \frac{h}{R}} \left(\left(1 - e^{-x \frac{d}{R}} \right) / x \right) \times \left[J_{n+1}\left(x \frac{r}{R}\right) - J_{n-1}\left(x \frac{r}{R}\right) \right] \cos(n\phi) dx. \quad (4)$$

Для виконання конкретних оцінок прийємо: $R = 0,025$ м, $h = 0,0025$ м, $d = 0,001$ м. Результати цих обчислень оформлені у вигляді об'ємних епюр (рис. 2, 3). Графічні залежності надані у відносних одиницях з нормуванням на амплітуду індукваного струму в аксіально-симетричній системі. Провали на епюрах відповідають розривам у витку.

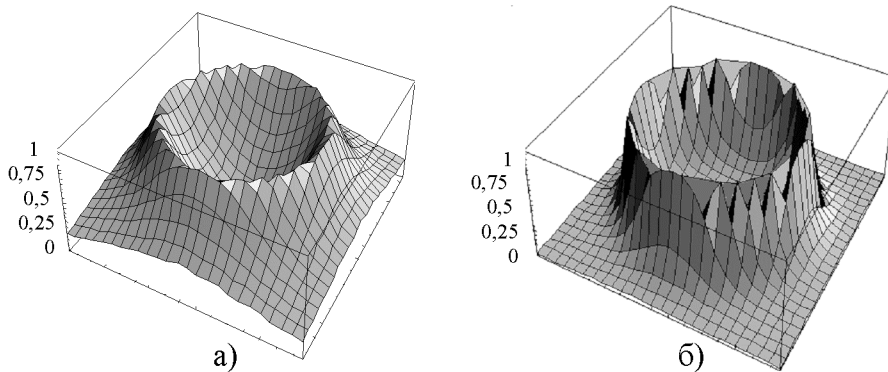


Рисунок 2 – Об'ємні епюри амплітудно-просторового розподілу модуля густини струму, індукваного аксіально-симетричним витком (без розриву): а) у металі тонкостінного листа; б) на поверхні ідеального провідника

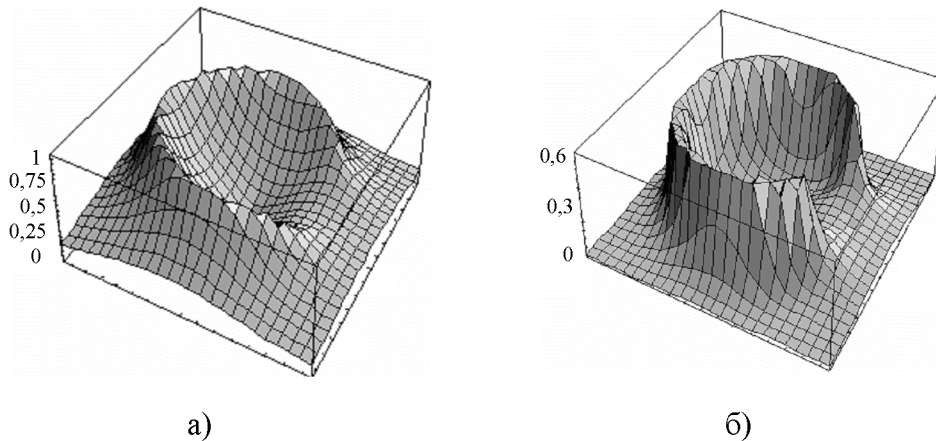


Рисунок 3 – Об'ємні епюри амплітудно-просторового розподілу модуля густини струму, індукваного витком з розривом, $\theta = 0,2$: а) у металі тонкостінного листа; б) на поверхні ідеального провідника

Проведені обчислення дозволяють зробити такі висновки.

1. Проникнення діючого поля крізь метал тонкостінного листа у підсумку призводить до розтікання індукваного струму в поперечному напрямку від зони безпосередньо під витком індуктора.

2. При збільшенні ширини розрізу у випадку тонкостінного листового металу амплітуда індукваного струму безпосередньо під витком індуктора спадає суттєво менше, ніж у випадку ідеального провідника.

3. Фізично цей факт можна пояснити тим, що із зростанням електропровідності індукований струм все більш концентрується під витком, і порушення його аксіальної симетрії відбивається на амплітуді вихрових струмів більшою мірою, ніж у випадку низької електропровідності, коли зниження цієї амплітуди вже мало місце за рахунок дифузійних процесів і супровідного розтікання струму в поперечних напрямках.

Аналогічно до проведеного аналізу для систем – тонкий круговий виток з розрізом

над тонкостінним листом металу і над масивним металевим листом, проведено аналіз для системи «виток з розрізом між двома тонкостінними металевими листами».

Висновки. Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

– проведено аналіз впливу азимутальних неоднорідностей на електромагнітні процеси в реальних для практики інструментах зовнішнього магнітно-імпульсного рихтування;

– визначено, що наявність розрізу у витку індукторної системи приводить до викривлення аксіальної симетрії у розподілі збуджуваних сил притягання, ефект має місце вже при величині розрізу 1% від довжини окружності витка;

– встановлено, що при низьких робочих частотах діючих полів повинно мати місце виключно притягання заданих ділянок кузовних панелей, спрямоване до робочої поверхні індуктора – інструмента;

– встановлено, що збільшення розрізу, найчастіше необхідне через конструктивні особливості, суттєво викривляє картину розподілу діючих сил, і провали в розподілах при величинах розрізів 10...30% зростають у квадратичній залежності.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гнатов А. В. Анализ электродинамических процессов в цилиндрических индукторных системах – инструментах магнитно-импульсной рихтовки : монография / А. В. Гнатов. – Х.: ХНАДУ, 2013 – 292 с.

2. Гнатов А. В. Расчет электромагнитных процессов в индукционной индукторной системе с массивным экраном конечной толщины / А. В. Гнатов // Електротехніка і електромеханіка. – Х. : НТУ «ХП». – 2009. – №5. – С. 59–62.

3. Гнатов А. В. Электромагнитные процессы в индукторной системе с тонким круговым витком с разрезом над тонкостенным листом металла / А. В. Гнатов // Електротехніка і електромеханіка. – Х. : НТУ «ХП». – 2012. – № 5. – С. 51–55.

4. Гнатов А. В. Тонкий круговой виток с разрезом над тонкостенным листом металла / А. В. Гнатов // Електротехніка і електромеханіка. – Х. : НТУ «ХП». – 2012. – № 6. – С. 47–50.

5. Гнатов А. В. Индукционная индукторная система с круговым витком с разрезом между двумя тонкостенными металлическими листами / А. В. Гнатов // Електротехніка і електромеханіка. – Х. : НТУ «ХП». – 2013. – № 1. – С. 61–64.

6. Батыгин Ю. В. Цилиндрический виток индуктора с разрезом как инструмент для магнитно-импульсной обработки металлов / Ю. В. Батыгин, А. В. Гнатов // Электричество. – М., 2011. – № 12. – С. 53–59.

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ТОПОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ СУДОВОГО КОТЛА

Дулдиер А.П.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение норм по эмиссии парниковых газов для морских судов определяет круг современных задач по исследованию эффективности сжигания топлива.

В судовых котельных установках уровень эмиссии продуктов горения в топочном пространстве определяется качеством распыления топлива и последующим смешением с воздухом, как на номинальном режиме, так и на режимах частичной нагрузки.

Для обеспечения необходимых условий режимов работы в топочных устройствах используется структурная схема процесса с двумя явно выраженными зонами горения: рециркуляции (стабилизирующей) и диффузионной (турбулентной).

Возникновение значительного недожѳга топлива в этих топочных устройствах, определяется как параметрами стабилизации в зоне рециркуляции, так и параметрами, влияющими на состояние фронта пламени.

Уменьшить уровень эмиссии продуктов неполного сгорания можно за счет обеспечения требуемых полноты сгорания в зоне рециркуляции и условий стабилизации пламени. Однако при этом возникает задача обеспечения необходимой полноты сгорания в зоне заранее не перемешанного топлива с воздухом. В этой зоне характеристики процесса зависят от параметров в областях, примыкающих к стехиометрической поверхности, которая, в свою очередь, определяет положение и параметры области с высокой температурой и повышенным уровнем эмиссии продуктов неполного горения. Следовательно, необходим компромисс по распределению расходов воздуха и топлива в зону рециркуляции и диффузионную (основную) зоны для того, чтобы обеспечить общую необходимую полноту сгорания на всех режимах работы котельной установки.

В условиях эксплуатации решение этой задачи возможно за счет использования необходимых схем управления судовыми топочными устройствами.

Управление горением как двухзонным процессом – сложный процесс, требующий большого объема информации об эмиссии продуктов неполного горения в пламени:

- скалярных характеристик обозначенных зон;
- диапазона распределения энергии в выбранных областях;
- свойств процесса, которые могут использоваться для решаемой задачи.

Этот объем информации можно значительно уменьшить при использовании феноменологической модели процесса горения. Следовательно, есть необходимость в разработке модели, описывающей процесс сгорания топлива с учетом уровня эмиссии продуктов сгорания.

Решения поставленной задачи возможно с использованием двух уже известных моделей турбулентного процесса горения:

- первой, основанной на понятии поверхностного горения во фронте пламени;
- второй, в рамках которой процесс рассматривается в объеме гомогенной смеси топлива и воздуха.

Как известно, в рассматриваемых моделях процесс горения топлива (выделение тепла) происходит в зоне фронта пламени. Следовательно, фронт пламени является поверхностью, разделяющей свежую и сгоревшую смесь топлива и воздуха. Такой подход основан на использовании модели горения в тонком слое. В рамках этой модели можно учитывать реальное распределение воздуха и топлива, а также температуры, как во фронте пламени, так и во всем объеме процесса горения.

На рис. 1 представлено поле возможного расположения фронта в топочном объеме.

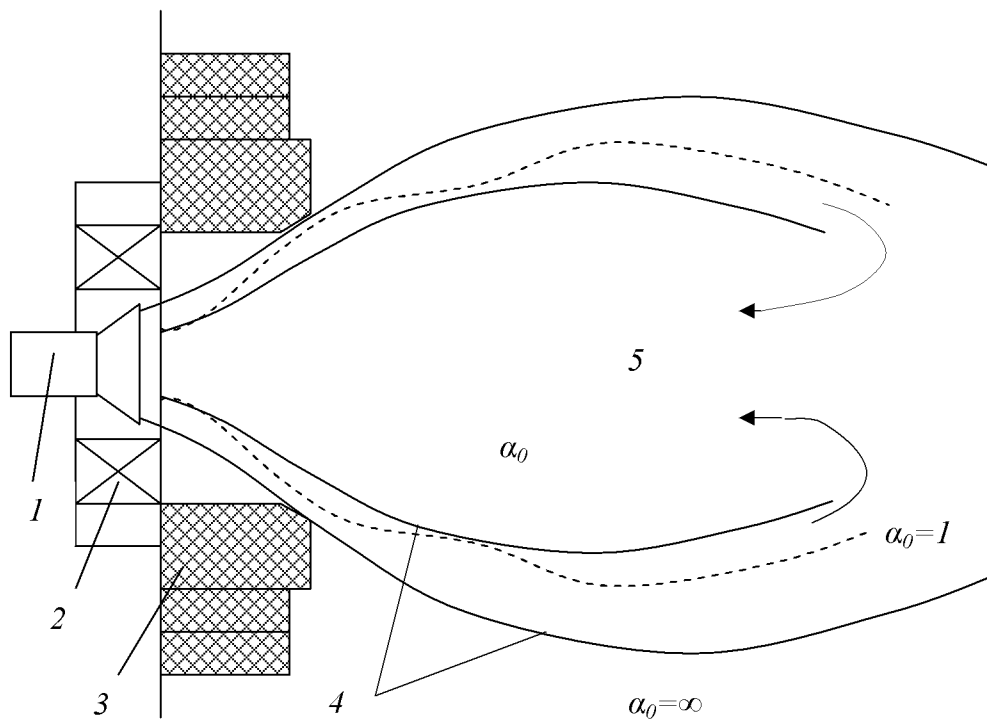


Рисунок 1 – Схематическое расположение фронта пламени в двухзонной модели сгорания: 1– форсунка, 2 – воздухонаправляющее устройство, 3 –топочное устройство, 4 – границы зоны турбулентного диффузионного смешения, 5 – зона рециркуляции

В зоне рециркуляции формирует ядро диффузионного пламени с коэффициентом избытка воздуха α_0 , который формирует параметры стабилизации гомогенной смеси. В этой области горения могут существовать два различных типа фронта пламени с $\alpha_0=1$. Первый – диффузионный фронт, формирование которого определяется условиями смешения топлива и окислителя. Следовательно, состояние и положение диффузионного фронта пламени зависит от взаимодействия процессов смешения (турбулентной диффузии топлива и воздуха), кинетики химических реакций и радиационного теплообмена. Второй – гомогенный, который образуется при горении заранее перемешанной смеси топлива с воздухом. В этом случае состояние и положение фронта пламени зависит от скорости химических реакций. В обоих случаях недожег топлива связан с разрушением фронта пламени из-за разрыва поверхности турбулентными вихрями топливовоздушной смеси. В решаемых ранее задачах процесс возникновения недожега в таких моделях не учитывался. Для проведения расчетов разработана феноменологическая модель [1], основанная на решении уравнений для массовой доли восстановленного топлива z [2,3], ее вариации и степени сгорания топлива, которая позволяет определять положение фронта пламени, возможные пределы его существования и выгорание топлива.

Получено хорошее согласование сопоставления данных результатов расчетов для основных режимов топочного устройства Тиромастер-3, различающихся значением расходов топлива и коэффициента избытка воздуха, подаваемого в зону горения, с данными экспериментальных исследований, проведенных на судовой котельной установке KW-100. Тем не менее, требуется дальнейшее тестирование и развитие модели с учетом влияния различных технологических процессов на полноту сгорания топлива.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дулдиер А. П., Бурденко А. Ф. Математическая модель турбулентного диффузионного горения в топке котла // Судовые энергетические установки : науч.-техн. сб. – Одесса : ОГМА, 2000. – Вып. 5. – С. 28-30.
2. Кузнецов В. Р., Лебедев А. Б., Секундов А. Н., Смирнова И. Л. Расчет турбулентного диффузионного факела горения с учетом пульсаций концентрации и архимедовых сил // Изв. АН СССР МЖГ. – 1977. – №1. – С. 30-40.
3. Кузнецов В. Р., Сабельников В. А. Турбулентность и горение. – М. : Наука, 1986. – 287 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПАРАХ ТРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Заблоцкий Ю.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Протекающие в насосных элементах топливной аппаратуры (ТА) процессы трения и изнашивания оказывают решающее влияние на продолжительность безотказной работы всей топливной системы и эксплуатационных характеристик двигателя.

Процессы трения в ТА протекают в сложных условиях, связанных с тем, что:

- насосные элементы топливной аппаратуры МОД совершают возвратно-поступательное движение с числом двойных ходов в минуту – 20...250;
- скорость скольжения изменяется от 0 до 1,2 м/с по сложному закону;
- смазочная среда – тяжелые топлива с вязкостью до 100 сСт, находящиеся при температуре 85...100 °С;
- температура деталей топливной аппаратуры – 50...200° С;
- нормальная удельная нагрузка в узлах трения в плоскости скольжения колеблется в пределах 0,2...20 кПа [1].

В топливных насосах высокого давления (ТНВД) и распылителях форсунок прецизионные детали, перемещающиеся относительно друг друга и топливо, находящееся в зазоре между ними, образуют, так называемую, триаду трения металл – смазочный слой топлива – металл [2].

В процессе работы детали ТА изнашиваются, по мере чего возрастает радиальный зазор между втулкой и плунжером, а также местные зазоры, одновременно ухудшается процесс подачи топлива и смесеобразования, падает гидравлическая плотность триады трения.

Актуальность исследований. Изменение геометрического профиля плунжерных пар ТНВД приводит к повышенному износу этих элементов, снижению их надежности и повышению расхода топлива. В связи с этим, были и остаются актуальными теоретические и экспериментальные исследования, направленные на повышение эксплуатационной надежности ТА судовых дизелей. Перспективными в этом направлении являются методы и средства, позволяющие повысить долговечность ТА за счет управления триботехническими процессами, протекающими на ее рабочих поверхностях.

Постановка задачи. В соответствии с вышеизложенным, основной задачей исследования являлось разработка модели взаимодействия рабочих поверхностей ТА в условиях динамических и кинематических нагрузок с учетом эффектов гидродинамического и граничного трения.

Результаты исследований. Во время работы ТНВД на плунжер, совершающий возвратно-поступательное движение, действуют неуравновешенные радиальные силы, возникающие в результате перепада давления топлива, переменной скорости относительного перемещения трущихся поверхностей и конструктивных особенностей деталей плунжерной пары. Во время активного хода плунжера перепад давления топлива оказывает наибольшее влияние на возникновение неуравновешенных радиальных сил и на его смещение в отверстии втулки. Во время холостого хода плунжера перепад давления топлива практически отсутствует. Кроме того, при относительном перемещении между трущимися поверхностями деталей триады трения возникает гидродинамическое давление слоя топлива. Гидродинамическое давление, неравномерно распределенное по поверхности трения, также приводит к смещению плунжера в отверстии втулки и к перераспределению радиальных зазоров. При нарушении соосности между плунжером и втулкой и при наличии отклонений от цилиндрического профиля деталей, создаются условия для неравномерного их изнашивания.

Анализ условий работы типового узла трения топливной аппаратуры показывает, что на него действует сила P_t , обусловленная сжатием топлива и не лежащая на одной оси с движущей силой P_d , что, в свою очередь, наряду с конструкционными особенностями, приводит к нарушению соосности плунжера и возникновению неуравновешенных радиальных сил P_r , вызывающих повышенный износ плунжера.

Рассмотрим влияние перепада давления топлива и некоторых конструкционных параметров деталей ТНВД на нарушение их соосности, пренебрегая при этом силами инерции, силой тяжести плунжера и топлива, а также шероховатостью поверхностей трения. Предположим также, что в кольцевом зазоре имеет место ламинарный поток жидкости.

Допустим, что плунжер правильной цилиндрической формы расположен соосно неподвижно в отверстии втулки и перепад давления жидкости ΔP по длине сопряжения остается постоянным и изменяется линейно, т.е.

$$\Delta P = P_1 - P_2,$$

где P_1 и P_2 – высокое и низкое давление топлива.

В случае правильной цилиндрической формы деталей плунжер займет концентрическое положение относительно отверстия втулки, и в этом случае суммарные радиальные давления P_{r_1} и P_{r_2} будут одинаковы по величине и равны, т.е.

$$P_{r_1} = P_{r_2} = \pi r l \frac{P_1 - P_2}{2},$$

где r – радиус плунжера.

В случае если наблюдается искажение цилиндрической формы плунжера и втулки, а макрогеометрические отклонения деталей топливной аппаратуры образуются как в процессе изготовления, так и в результате неравномерного изнашивания при эксплуатации, давление топлива на плунжер будет неравномерным и вызовет смещение и перекос в отверстии втулки.

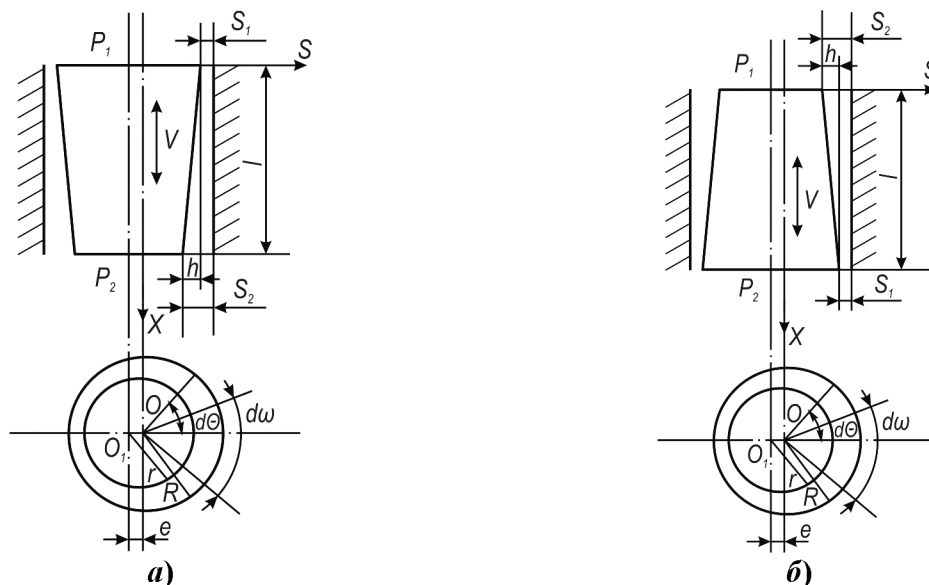


Рисунок 1 – Схема сопряжения втулки и плунжера

При размещении в отверстии втулки конусного плунжера, наибольшее основание которого расположено со стороны верхнего торца головки, сечение зазора и давление жидкости в зазоре по длине сопряжения будут переменными рис. 1, а. Для элементарного зазора (щели) длиной dx , высотой по радиусу S и шириной по дуге окружности $d\omega$ справедливо тождество, связывающее градиент давления с градиентом расхода топлива, протекающего в единицу времени через сечение, перпендикулярное потоку, т.е.

$$\frac{dp}{dx} = -\frac{12z}{S^2} \cdot \frac{dg}{d\omega},$$

где $\frac{dg}{d\omega}$ – объем жидкости, протекающей через площадь зазора с шириной дуги, равной $d\omega$; S – радиальный зазор, $S = R - r$, R – радиус втулки.

Элементарная радиальная сила, действующая на конусный плунжер, ось которого смещена относительно оси отверстия втулки на величину эксцентриситета e и наибольшее основание конуса расположено со стороны верхнего торца головки, определяется по формуле (рис. 1а)

$$dP_{r_1} = 2rl \left[P_1 - \frac{\Delta P(S_1 + h + e \cos \theta)}{2S_1 + h + 2e \cos \theta} \right] \cdot \cos \theta d\theta,$$

где e – эксцентриситет; θ – угол; $d\omega = r d\theta$.

Полная величина неуравновешенной радиальной силы P_{r_2} , действующей на конусный плунжер с наибольшим основанием, расположенным со стороны верхнего торца головки, определяется по уравнению

$$dP_{r_2} = \frac{\pi r l \Delta P}{4e} \cdot \left[1 - \frac{2S_1 + h}{\sqrt{(2S_1 + h)^2 - 4e^2}} \right].$$

Возникающие неуравновешенные радиальные силы вынуждают конусный плунжер с наибольшим основанием, расположенным со стороны верхнего торца головки, занять равновесное положение в зазоре. Однако, в результате действия неуравновешенных радиальных сил плунжер будет смещаться в зазоре и перекашиваться относительно оси втулки. С увеличением эксцентриситета и перекаса будет возрастать сопротивление перемещению плунжера. Смещение плунжера будет происходить только в пределах наименьшего зазора, т.е. зазора между отверстием втулки и наибольшим размером диаметра плунжера.

Элементарная неуравновешенная радиальная сила dP_r , действующая на конусный плунжер, ось которого смещена относительно оси отверстия втулки на величину e и наименьшее основание расположено со стороны верхнего торца головки (см.рис.1, б) и определяется по уравнению

$$dP_{r_2} = 2rl \cdot \left[P_1 + \frac{\Delta P(S_2 - h + e \cos \theta)}{h} \right] \cdot \cos \theta d\theta.$$

Полная величина неуравновешенной радиальной силы P_r , действующей на плунжер, наименьшее основание конуса которого расположено со стороны верхнего торца головки, определится по формуле

$$P_{r_2} = \frac{\pi r l e \Delta P}{h}.$$

Неуравновешенная радиальная сила в этом случае также будет перемещать плунжер в равновесное положение в зазоре, а вследствие неравномерного распределения этих сил по длине, сопряжения будет происходить перекашивание плунжера.

При расположении плунжера с наименьшим основанием конуса со стороны верхнего торца головки смещение и перекас оси плунжера будет совершаться в пределах наибольшего зазора по длине сопряжения.

Так как действие неуравновешенной радиальной силы происходит во время рабочего хода плунжера, то имеется основание допустить, что под влиянием этой силы

плунжер будет перемещаться в радиальном направлении в течении каждого двойного хода.

Сближению поверхностей деталей пары трения противодействует возникающее при этом сопротивление слоя топлива.

Степень сближения зависит от конфигурации трущихся поверхностей деталей плунжерной пары, скорости перемещения, вязкости топлива и величины зазора.

С уменьшением длины поверхности трения гидродинамическое давление понижается пропорционально квадрату длины.

На участках выемок, впадин, наружного топливоподающего канала, топливных отверстий, в верхней и нижней мертвых точках движения плунжера гидродинамическое движение не возникает и плунжер на этих участках приходит в непосредственный контакт с втулкой под действием неуравновешенной радиальной силы, возникающей от перепада давления топлива. В данном случае имеет место трение приграничной смазки.

При граничной смазке поверхности сопряженных тел разделены слоем топлива толщиной 0,1...0,5 мкм. Наличие граничного слоя или граничной пленки снижает силу трения по сравнению с трением без смазки в 2...10 раз и уменьшает износ сопряженных поверхностей в $10^2...10^4$ раз. Прочность граничной пленки топлива во многом зависит от природы топлива и наличия в нем активных молекул примесей.

Топлива, используемые в судовых МОД представляют собой механическую смесь различных углеводородов, которые имеют включения органических кислот, смол, а также поверхностно-активных веществ.

В связи с этим, топлива, как и смазочные масла, образуют на металлических поверхностях граничную фазу квазикристаллической структуры толщиной до 3...5 мкм, обладающую прочной связью с поверхностью и продольной когезией. При наличии относительно толстой смазочной прослойки между поверхностями трения переход от ориентированной структуры смазки к неориентированной совершается скачком.

Выводы. Таким образом, исходя из анализа причин, вызывающих смещение и перенос плунжера в зазоре и создающих нарушение условий жидкостного трения, следует, что интенсивность изнашивания деталей плунжерных пар и распылителей форсунок обуславливается рядом факторов и прежде всего особенностями конструктивных параметров плунжера и втулки, величиной радиального зазора, вязкостью топлива, перепадом давления, скоростью относительного перемещения трущихся поверхностей, засоренностью топлива абразивом, его природой и фракционным составом, жесткостью втулки и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомин Ю. Я., Никонов Г. В., Ивановский В. Г. Топливная аппаратура судовых дизелей: справочник. – М. : Машиностроение, 1982. – 168 с.
2. Мацкевич Д. В., Заблоцкий Ю. В. Определение смазочной способности дизельных топлив // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2011. – № 28. – Одесса: ОНМА. – С. 145-153.

ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ПРИВІД-ГЕНЕРАТОРНИЙ АГРЕГАТ КОМБІНОВАНОГО ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСУ

Ищенко І.М., Черненко В.В., Клементьєва О.Ю.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Транспортні судна складають біля 90% загального тоннажу морського та річкового флоту. Універсальні вантажні судна – це судна для перевезення генеральних вантажів, контейнерів, навалювальних вантажів, колісної техніки. Аналіз статистичних даних показує, що значення потужності суховантажних, нафтоналивних СЕЕС подвоюється через кожні 7-10 років. Зараз на суховантажних універсальних судах морського плавання потужність електростанцій у середньому складає вже близько 2000 кВт. За рахунок економії електроенергії СЕЕС, можна отримати істотну економію нафтопродуктів на судах.

Для суховантажних універсальних судів питання економічності і удосконалення можуть бути вирішені шляхом автоматизації СЕЕС з використанням пристроїв і систем регулювання, управління, контролю і захисту; використанням дизель-генераторів, що працюють переважно на стоянці і якірному режимах і застосуванням систем використання енергії ГЕУ в ходовому режимі; стабілізацією напруги і частоти генераторів; розподілом активного і реактивного навантаження між паралельно працюючими генераторними агрегатами; включенням резервних і аварійних джерел електроенергії; автоматичним включенням генераторів на паралельну роботу; захистом генераторів, електричних якорів і СЕЕС від режимів, що можуть пошкодити це обладнання; перемиканням живлення приймачів; контролем роботи СЕЕС; дистанційним управлінням СЕЕС.

Доцільність використання на судах валогенераторів обумовлено деякими причинами: більш високий ККД головних двигунів, можливість стабілізації навантаження двигунів при змінному навантаженні електричної мережі, а також специфічних режимів роботи ГД з недонавантаженням для деяких типів суден (риболовецькі траулери, буксири, судна льодового плавання). Валогенератор повинен забезпечувати постійну частоту обертання генератора незалежно від навантаження ГД і частоти його обертання.

Мета дослідження. Провести аналіз і визначити основні характеристики валогенераторної установки на основі диференціального привід-генераторного агрегату комбінованого пропульсивного комплексу.

Основна частина. На сучасних судах використовують приводи валогенераторів від вільного валу дизеля. При цьому генератор розміщений горизонтально між підвищуючим редуктором і носовим торцем двигуна. Еластична демпфіруюча гумова муфта встановлена на вхідному валу редуктора зі сторони двигуна, а двигун з'єднаний з валогенератором проміжним валом, котрий проходить через захисний щит носового торця. Часто між носовим торцем двигуна і гнучкою муфтою встановлюється опорний підшипник.

Пропульсивна система з низькообертвовим двигуном і валогенератором встановлюється на судах, які вимагають високих маневрених якостей, наприклад на човникових танкерах, призначених для доставки вантажу зі сховищ при родовищах або безпосередньо від нафтодобувних платформ. Допоміжна пропульсивна установка здатна приводити ВРШ, використовуючи валогенератор як електродвигун, коли головний двигун зупинений і роз'єднаний з гвинтом, а електроенергія подається від дизель-генераторів. На валопроводі після редуктора укріплюється муфта, за допомогою якої роз'єднують гвинт і головний двигун в порту, тому головний двигун може використовуватися для виробництва електричної енергії без обертання гвинта. Ця муфта працює від тиску гідромастила, яке надходить від силового блока управління ВРШ.

Коли муфта роз'єднана, упор гвинта передається через вбудований в муфту упорний підшипник на упорний підшипник двигуна. Для досягнення високого ККД гвинта в режимі допоміжної пропульсивної установки використовується двошвидкісний тунельний редуктор, який забезпечує зниження обертів гвинта.

Валогенератори мають низку переваг перед дизель-генераторами: менші габарити, низька початкова вартість, низькі витрати на монтаж і на обслуговування, великий термін служби і низький рівень шуму.

В залежності від типу валогенератора, який використовується, вони можуть мати деякі недоліки: при зупиненому двигуні електрична енергія не виробляється (якщо немає на валопроводі муфти), необхідна підвищена потужність головного двигуна, знижується ККД гвинта і двигуна (якщо ВРШ працює при $n = \text{const}$), складний валопровід.

На сучасних суднах застосовуються ВГ різних схем і конструкцій, але на основі проведеного аналізу [1-3] різних систем з валогенераторами, в тому числі і з планетарними передачами, як агрегатів комбінованого пропульсивного комплексу, нами було обрано диференційний синхронно-асинхронний агрегат, схему якого наведено на рис. 1.

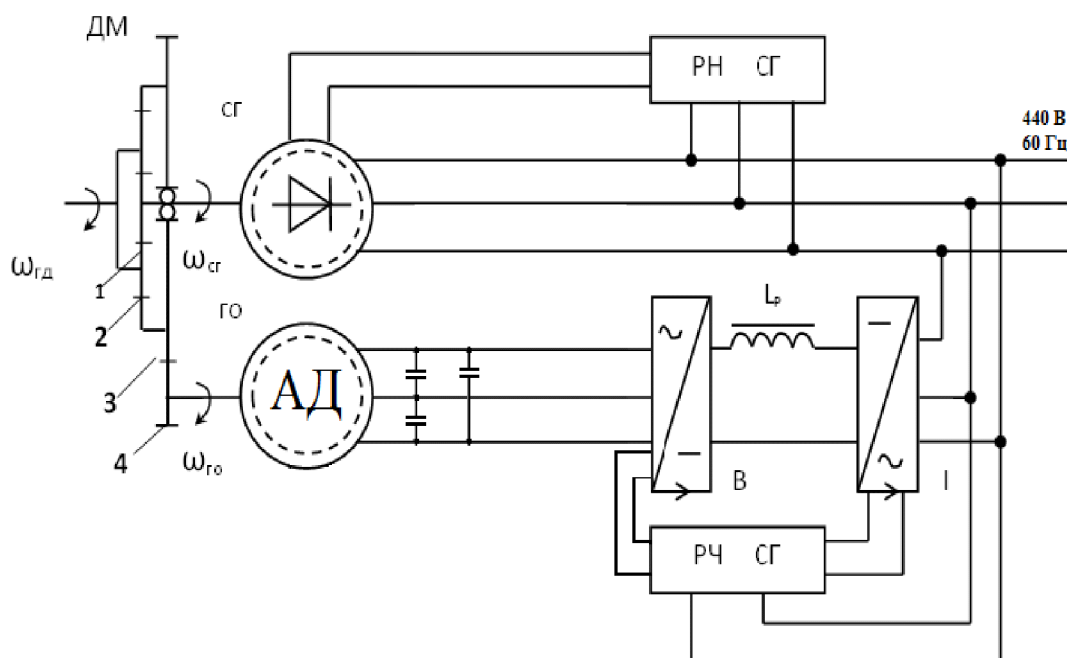


Рисунок 1 – Принципова електрична схема агрегату:

ДМ – диференціальний механізм; СГ – безконтактний трифазний основний синхронний генератор; АД – генератор опори; В – випрямляч; І – нвертор; РН – регулятор напруги; РЧ – регулятор частоти; апаратури захисту і управління

В якості генератора опори обираємо асинхронну машину (двигун АД), який може працювати як генератор, а також як двигун. Це надає схемі багато можливостей. Потребуючи живлення з суднової мережі АД може розігнати синхронний генератор (СГ) до підсинхронної частоти. Це дає можливість використати СГ як привід гвинта замість головного двигуна. У схемах, що містять диференціальні механізми, водило, як правило, з'єднується з валом приводного двигуна. У нашому випадку це може бути вал ГД або валопровід. При цьому практично не має значення з сонячною чи коронною шестернею буде з'єднано вал основного синхронного генератора.

Відомо, що для отримання повної визначеності руху валів диференціального механізму необхідно відповідно задати напрям руху двох його зовнішніх валів. Так як необхідно забезпечити постійну частоту напруги на виході синхронного генератора, тобто його постійну частоту обертання (постійну частоту обертання сонячної шестірні), то відповідно повинні бути задані частоти обертання водила і коронної шестірні. Отже,

регулювання частоти обертання сонячної шестірні при заданому законі руху вали (вала ГД) може бути досягнуто відповідною зміною частоти обертання коронної шестірні шляхом зміни моменту генератора опори, сполученого з нею. Таким чином, стабілізація частоти обертання вала основного синхронного генератора, а отже, і частоти напруги змінного трифазного струму на виході диференціального синхронного привід-генераторного агрегату при зміні частоти обертання вала ГД забезпечується відповідною зміною частоти обертання генератора опори за допомогою регулювання його механічного моменту зміною величини активної потужності, що передається від генератора опори через випрямляч і інвертор в мережу змінного струму.

В сталому режимі роботи активні потужності генераторів повинні бути перерозподілені між собою таким чином, щоб на всьому діапазоні частот обертання ГД при різних величинах навантаження на виході диференціального синхронного привід-генераторного агрегату наведені механічні моменти основного синхронного генератора і генератора опори були рівні між собою. Цього, на нашу думку, можна досягнути наступними шляхами:

- зміною величини напруги постійного струму на вході інвертора при постійному значенні кута випередження;
- зміною кута випередження інвертора при постійному значенні напруги на його вході;
- зміною напруги на виході генератора опори при використанні некерованого випрямляча;
- зміною напруги на виході керованого випрямляча допомогою зміни кута управління;
- при змішаному управлінні.

Висновки. Застосування диференційного привід-генераторного агрегата дозволяє відносно легко вирішити задачу пуску ВГУ в режимі двигуна, а також забезпечити стабілізацію частоти обертання при роботі в режимі генератора.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пахомов Ю. А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания / Ю. А. Пахомов. – М. : ТрансЛит, 2007. – 528 с.
2. Григорьев А.В. Современные и перспективные судовые валогенераторные установки / А. В. Григорьев, В. А. Петухов. – СПб. : Изд-во ГМА им. адм. С.О. Макарова, 2009. – 176 с.
3. Жийкин В. Б. Теория и устройство корабля / В. Б. Жийкин. – СПб., 2002. – 336 с.

ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Коробко В.В., Московко А.А.

Национальный университет кораблестроения им. адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Вступление. Термоакустические аппараты (ТАА) это сравнительно новый вид тепловых машин (ТМ). Основные особенности термоакустических тепловых машин (ТАТМ) - это отсутствие механических подвижных элементов, возможность работы от внешних источников тепловой энергии, в том числе от возобновляемых и вторичных. В ТАТМ осуществляется прямое преобразование тепловой энергии в механическую энергию акустических волн большой интенсивности. Распространению ТАТМ препятствуют их низкая энергонасыщенность, сложность непосредственного получения механической энергии.

Цель работы. В ТАТМ преобразование тепловой энергии в механическую происходит непосредственно при взаимодействии поверхности теплообменников с рабочим телом – газом. Отсюда очевидна необходимость детального исследования процессов тепломассообмена, которые протекают в элементах ТАТМ.

Постановка задачи. В резонаторах ТАТМ имеет место осциллирующее движение рабочего тела, которое связано с наличием мощных акустических волн. В результате этого колебательные движения среды являются доминирующим механизмом, формирующим гидродинамическую ситуацию как в резонаторе, так и в теплообменниках ТАТМ. Амплитудные значения этих осцилляций достигают значительных величин, что ставит под сомнение правомерность использования моделей, полученных для случая ультразвуковых колебаний. Процессы тепломассообмена и гидродинамики в условиях ТАТМ недостаточно изучены, что усложняет разработку таких аппаратов. Исследованию теплообмена в элементах ТАТМ посвящена данная работа.

Анализ предыдущих исследований. В [1, 2] показано, что суммарное количество теплоты, вовлечённое в термоакустические преобразования в объёме матрицы (стека) определяется, как

$$Q_{TAD}^{HEX} = \frac{1}{4} \Pi \delta_k \frac{\beta T_m p_1 u_s}{(1 + \text{Pr})(1 + \varepsilon_s) \Lambda} \left(\Gamma \frac{1 + \text{Pr}^{1/2} + \text{Pr}(1 + \varepsilon_s)}{1 + \text{Pr}^{1/2}} - \left(1 + \text{Pr}^{1/2} - \frac{\delta_v}{y_0} \right) \right) - \Pi (y_0 k + L k_s) \frac{dT_m}{dx}, \quad (1)$$

при этом термоакустический двигатель (ТАД) генерирует акустическую энергию

$$\dot{W}_{TAD} = \frac{1}{4} \Pi \delta_k L_s (\gamma - 1) \varpi (p_{s1})^2 / \rho_m a^2 (1 + \varepsilon_s) \left(\Gamma / \left(1 + \text{Pr}^{1/2} \right) \Lambda - 1 \right) - \frac{1}{4} \Pi \delta_v L_s \omega \rho_m u_{s1}^2 / \Lambda. \quad (2)$$

В свою очередь суммарные потери акустической энергии в резонаторе ТАТМ можно оценить, как

$$\dot{W}_{diss} = \frac{1}{4} \frac{(p_1^s)}{\rho_m C^2} \delta_k \frac{(\gamma - 1)}{(1 + \varepsilon_s)} \omega + \frac{1}{4} \rho_m (u_1^s) \delta_v \omega. \quad (3)$$

где, Π, L – периметр и длина стека; T_m, p_m, ρ_m, c_p – теплофизические параметры, соответственно – средняя температура, давление, плотность, теплоёмкость;

$\delta_s = \sqrt{2\lambda_s / \rho_s c_s \omega}$ – толщина пограничного слоя в материале стека; $\delta_k = \sqrt{2\lambda_k / \rho_m c_p \omega}$ –

толщина теплового пограничного слоя в газе; $\delta_v = \sqrt{2\nu / \omega}$ – толщина вязкостного пограничного слоя; $\Lambda = 1 - \delta_v / y_0 + \delta_v^2 / 2y_0^2$ – масштабный фактор; $T_{crit} = p_1 \omega / \rho_m c_p u_s$ –

критический температурный градиент; $\varepsilon_s = \rho_m c_p \delta_K / \rho_s c_s \delta_s$ - отношение теплофизических параметров; $\Gamma = \nabla T_m / T_{crit}$ - относительный градиент температуры.

Важно отметить, что зависимости для Q_{TAD}^{HEX} и \dot{W}_{TAD} были получены для стека, так как именно в этом элементе происходят основные преобразования энергии. При этом температурный градиент ∇T_m считается заданным. Недостатком такого подхода является то, что температуры теплообменников и первичных теплоносителей не учитываются. Эта модель не рассматривает процессы подвода теплоты к рабочему телу ТАТМ, что является существенным пробелом, так как недостаточный тепловой поток от теплообменников может существенно ограничивать ее возможную производительность [3, 4] рис. 1.

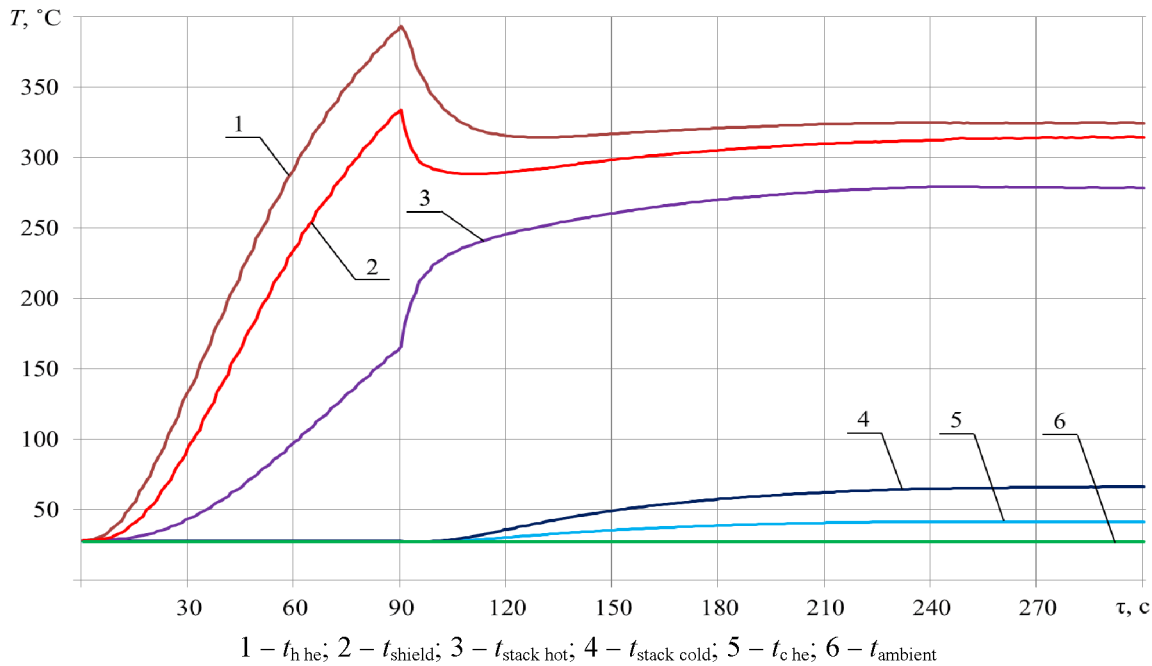


Рисунок 1 – Изменение температур теплообменников и стека при запуске ТАД

В этой связи перспективным может быть подход к анализу процессов в ТАТМ, предложенный в [5], который позволяет построить феноменологическую математическую модель ТАТМ. Считаем, что в элементах ТАТМ применим обобщённый закон теплообмена, согласно которому количество теплоты, подведённое рабочему телу (рис. 2), пропорционально разности температур тепловых резервуаров - источника тепловой энергии и окружающей среды

$$Q \propto \Delta(T_H - T_L)^n. \tag{4}$$

Показатель степени в этом выражении может принимать различные значения. Так в случае теплового потока с теплопроводностью будем иметь $n=1$, в других условиях этот показатель будет иным. Так как работа ТАТМ связана с колебательными процессами с угловой частотой ω , можно считать [4], что теплообмен между рабочей средой внутри резонатора и источниками тепловой энергии (теплообменниками) в условиях ТАТМ подчиняется обобщённому закону теплообмена в комплексной форме $Q \propto \Delta(T)^n$, поэтому показатель n можно представить в виде

$$n = n_1 + n_2 j. \tag{5}$$

Осреднённые по времени значения температуры рабочего газа в резонаторе T_{H0} и T_{L0} отличаются от температур тепловых резервуаров T_H и T_L , так как согласно второму закону термодинамики выполняется условие $T_H > T_{H0} > T_{L0} > T_L$.

В свою очередь, мгновенные значения температуры газа, связанные с высокочастотными пульсациями давления в акустической волне, могут быть выражены в комплексном виде, как

$$T_{HC} = T_{H0} + T_1 e^{i\omega t}; \quad (6)$$

$$T_{LC} = T_{L0} + T_2 e^{i\omega t}, \quad (7)$$

где T_1 и T_2 величины первого порядка малости; $i = \sqrt{-1}$; ω – угловая частота.

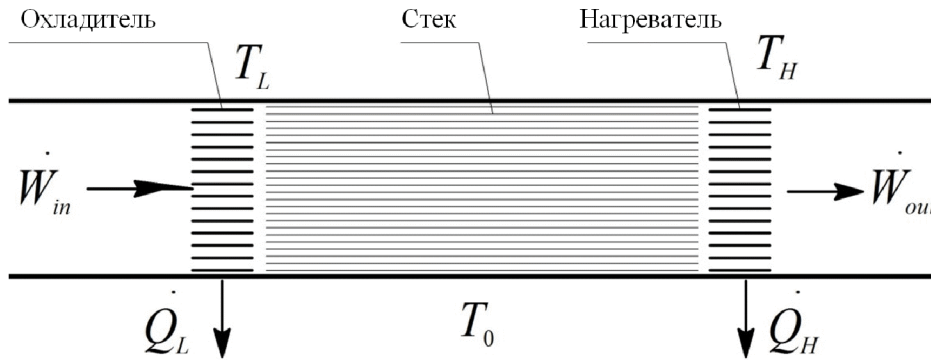


Рисунок 2 – Принципиальная схема термоакустического двигателя

Для осреднённых по времени значений \dot{Q}_{HC} и \dot{Q}_{LC} можем записать

$$\dot{Q}_{HC} = \alpha_1 F_{HEX}^H (T_H^n - T_{H0}^n), \quad (8)$$

$$\dot{Q}_{LC} = \alpha_2 F_{HEX}^L (T_{L0}^n - T_L^n), \quad (9)$$

где $n = n_1 + n_2 i$ – комплексный показатель степени в законе теплообмена; α_1 и α_2 – усреднённые коэффициенты теплоотдачи нагревателя и охладителя; F_{HEX}^H – площадь теплообменной поверхности нагревателя; F_{HEX}^L – площадь теплообменной поверхности охладителя; n_2 – мнимая часть показателя $n = n_1 + n_2 i$, которая связана с терморелаксационными процессами в теплообменниках.

Допустив, что существующий уровень теплоперетоков непосредственно между источниками теплоты есть величина постоянная (q), можем записать, что

$$\dot{Q}_H = \dot{Q}_{HC} + q \quad \text{и} \quad \dot{Q}_L = \dot{Q}_{LC} + q. \quad (10)$$

В ТАТМ также имеют место потери энергии, связанные с внутренней необратимостью, которые обусловлены гидравлическими потерями и другими процессами. Очевидно, что поток тепловой энергии во внешнюю среду от термодинамически необратимой ТАТМ – \dot{Q}_{LC} , будет большим, чем поток от обратимой – \dot{Q}_{LCID} .

Для оценки этого фактора введём коэффициент

$$\phi = \dot{Q}_{LC} / \dot{Q}_{LCID} \geq 1. \quad (11)$$

Обозначив отношение температур рабочей жидкости как

$$x = T_{L0} / T_{H0} . \quad (12)$$

Можем записать, что $\dot{Q}_{LC} = \phi x \dot{Q}_{HC}$. Теперь для модели внутренне необратимого ТАД с комплексным представлением процессов преобразования энергии можно получить следующие выражения

$$T_{H0}^n = \frac{\alpha_1 F_{HEX}^H f \phi x T_H^n + k_2 T_L^n}{\alpha_2 x^n + \alpha_1 x F_{HEX}^H / F_{HEX}^C \phi} ; \quad (13)$$

$$\dot{Q}_{HC} = \frac{\alpha_1 F_{HEX}^H (x^n T_H^n - T_L^n)}{x^n + \phi x F_{HEX}^H / F_{HEX}^C \alpha_1 / \alpha_2} \text{sgn}(n_1) \quad (14)$$

$$\dot{Q}_{LC} = \phi x \frac{\alpha_1 F_{HEX}^H (x^n T_H^n - T_L^n)}{x^n + \phi x F_{HEX}^H / F_{HEX}^C \alpha_1 / \alpha_2} \text{sgn}(n_1) . \quad (15)$$

Согласно первому закону термодинамики мощность ТАД можно определить как:

$$P' = \dot{W}_{out} - \dot{W}_{in} = \dot{Q}_H - \dot{Q}_L = \dot{Q}_{HC} - \dot{Q}_{LC} . \quad (16)$$

Или с использованием 14 и 15 и вводя соотношение $\delta = \alpha_1 / \alpha_2$, получим:

$$\dot{W} = \dot{Q}_{HC} - \dot{Q}_{LC} = \frac{\alpha_1 (F_{HEX}^H + F_{HEX}^C) F_{HEX}^H / F_{HEX}^C (1 - \phi x) [T_H^n - (T_L / x)^n]}{(1 + \phi) \alpha_1 F_{HEX}^H / \alpha_2 F_{HEX}^C x^{1-n}} \text{sgn}(n_1) . \quad (17)$$

Данное выражение, в отличие от (2) в явном виде включает в себя параметры, характеризующие интенсивность процессов теплообмена между рабочим телом ТАТМ и теплообменниками, а также температуры источников тепловой энергии, что позволяет более полно учитывать их влияние на этапах проектирования термоакустических аппаратов.

Выводы. Экспериментальные исследования показали, что при работе ТАТМ возможны случаи, когда внутренние теплообменники не обладают требуемой производительностью и их производительность является лимитирующим фактором для мощности ТАТМ. Существующие математические модели ТАТМ построены без учёта возможной производительности теплообменных аппаратов. Использование предлагаемого подхода позволяет оценить потенциальную мощность, которую могут развить ТАТМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Swift G.W. Thermoacoustic: A unifying perspective for some engines and refrigerators / G.W. Swift // American Institute of Physics. – 2002. – 300 p.
2. Swift G. W. Thermoacoustic Engines / G.W. Swift // Journal of the Acoustical Society of America. – Vol. 84, No. 4, 1988. – pp. 1145–1180.
3. Коробко В. В. Особенности теплофизических процессов в термоакустических тепловых машинах [Электронный ресурс] / В. В. Коробко // Вестник НУК. – № 1, 2011. – Режим доступа: <http://goo.gl/WxFjc>.
4. Коробко В. В. Исследование процессов теплообмена и гидродинамики в элементах термоакустических двигателей / В. В. Коробко // Авиационно-космическая техника и технологии–2013.–№ 8(105).– С. 123-130.
5. Wu C. Effect of heat transfer law on finite time exergoeconomic performance of heat engines [Текст] / C. Wu, L. Chen, F. Sun // Energy, The Int. J., vol. 21(12), 1996. – P. 1127-1134.

ЕЛЕКТРОТЕРМОМЕХАНІЧНА ТЕОРІЯ ЗНОШЕННЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАР ТЕРТЯ

Криштопа С.І.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна)

Вступ. При оцінці енергонавантаженості металополімерних пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів не завжди розглядають різні типи контактів їх взаємодії, які і визначають енергетичні рівні робочих шарів елементів тертя. Крім того, в процесі гальмування на поверхнях тертя формуються механічні, електричні, магнітні, теплові і хімічні поля, які необхідно розглядати спільно.

Актуальність досліджень. Бурхливий розвиток нанотрибології за останнє десятиріччя вимагає вдосконалення методів розрахунку енергонавантаженості металополімерних пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів. При цьому необхідно розглядати поверхневі шари пари «накладка – метал» [1], оскільки тільки в них відбувається ряд перетворень механічного, електромагнітного, теплового і хімічного характеру [2], які істотно знижують не тільки ефективність, але і сприяють планомірному руйнуванню поверхневого шару полімерної накладки [3]. Робоча поверхня останньої знаходиться в метастабільному стані в інтервалі температур вище допустимою для її матеріалів, що істотно позначається на її електронних властивостях, і як наслідок, на зносо-фрикційних характеристиках [4].

Постановка задачі – оцінка навантаженості поверхневих шарів металополімерних пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів, виходячи з їх фізико-хімічного стану.

Електротермомеханічна теорія зношення металополімерних пар тертя. Гальмівні механізми є одним з найбільш важливих і відповідальних вузлів транспортних засобів, від технічного стану яких в значній мірі залежить безпека руху. При тривалому процесі гальмування великотоннажних транспортних засобів на поверхнях тертя гальмівних барабанів виникають великі перепади температур і високі температурні градієнти, які є основною причиною передчасного виходу з ладу металополімерних пар тертя. При цьому робочі поверхні гальмівних барабанів під впливом великих перепадів температури піддаються крихкому руйнуванню з подальшим тріщиноутворенням або пластичною деформацією.

При контактній-імпульсній взаємодії мікрорівнів поверхонь тертя металополімерних пар гальмівних пристроїв елементи тертя знаходяться в електротермомеханічному напружено-деформованому стані, при цьому відбувається розподіл електричних і теплових полів біля зони контактної взаємодії. На макрорівні (зовнішні параметри) – це експлуатаційні параметри (швидкість ковзання; податливість елементів пари тертя і її контактного стику; коефіцієнти статичного і динамічного взаємного перекриття; питомі навантаження; динамічні коефіцієнти тертя; гальмівний момент; температури: спалаху, поверхневі, об'ємні та ін., які визначаються з урахуванням відомих умов взаємодії і мікроформи поверхонь тертя.

На мікрорівні (внутрішні параметри) – це фактично імпульсно діючі: нормальні сили; питомі навантаження; деформації і внутрішні напруження; електричні і теплові струми і поля, які породжувані ними; температури в приповерхневих шарах і ін., які визначаються на підставі теорії єдиного поля взаємодії.

На нанорівні – розглядаються умови рівноваги на енергетичних рівнях при роботі полімерної накладки (її робочого поверхневого шару) в зоні температур, нижче і вище допустимої для її матеріалів; потенційні бар'єри в умовах рівноваги при контактній-імпульсній взаємодії термоелементів мікротермобатарей в парах тертя; контакти між мікрорівнями металевих елементів тертя і напівпровідниковими плівками полімерної

накладки; переходи типу $p-n$ в мікротермобатареях металевого елемента тертя і напівпровідникових плівок полімерних накладок; взаємодії електричних і теплових полів і ін.

Трибоекфет при терті мікрровиступів робочих поверхонь викликає виникнення «термічних» центрів. Вони володіють більш високим енергетичним рівнем. В результаті цього більш розігріті локальні ділянки полімерної поверхні тертя завдяки термічному розширенню і податливості підводяться над рештою поверхні і починають сприймати все навантаження, що прикладається до фрикційного вузла. Так продовжується до тих пір, поки зношення цієї ділянки поверхні не зумовить зниження його рівня. Після чого знову відбувається перерозподіл навантаження, яке виявляється прикладеним вже до інших, менш зношених ділянок поверхні.

Знос мікрровиступів поверхні тертя супроводжується не тільки перерозподілом навантаження, але відбувається і переполяризація через зміну напрямку мікротермострумів. Все це впливає на інтенсивність процесів нагрівання і вимушеного охолодження елементів тертя фрикційного вузла. Руйнування матеріалу при терті обумовлено контактнo-імпульсною взаємодією, що супроводжується сумісною дією механічного, електричного і теплового навантаження. Це викликає зростання поверхневих температур і температурних градієнтів, що призводить до значних термічних напружень в металевому елементі тертя. Теплові напруження, що виникають в елементах пари тертя гальм, є наслідком теплового удару, який викликаний швидким збільшенням температури. Це супроводжується структурними змінами в матеріалах пари тертя.

Розглянемо теплові процеси як результат дії електротермомеханічного навантаження на гальмівний барабан (рис. 1).

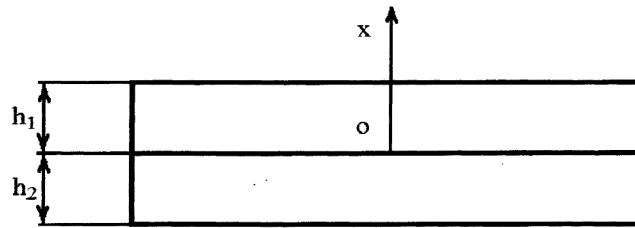


Рисунок 1 – Схема розрахункової моделі обода гальмівного барабана

В процесі гальмування теплові хвилі не мають достатнього часу, щоб глибоко проникнути вглиб циліндричного обода барабана. В цьому випадку можна вважати, що температура в поверхневих шарах змінюється за товщиною як в напівнескінченному тілі з джерелом тепловиділення потужністю Q . Згідно цього одновимірне рівняння теплопровідності має вигляд

$$\frac{\partial \Delta \vartheta}{\partial t} = a \frac{\partial^2 \Delta \vartheta}{\partial x^2} \quad (1)$$

де $\Delta \vartheta$ – перепад температур барабану до і після гальмування; t – поточна координата часу або тривалість гальмування; a – коефіцієнт температуропровідності матеріалу барабана; x – безрозмірна товщина обода барабана.

Рівнянню (1) повинні задовольняти наступні початкові і граничні умови:

$$\left. \begin{aligned} A_{r1} \lambda \frac{\partial \Delta \vartheta}{\partial z} - A_{r2} \sigma' \Delta \vartheta + Q; \\ \Delta \vartheta(x, 0) = 0 \end{aligned} \right\} \text{при } x = 0. \quad (2)$$

Ввівши позначення, переходимо до безрозмірних координат:

$$\Delta \vartheta = \frac{\vartheta(x, t) - \vartheta_{cp}}{\vartheta_{cp}}; \quad \bar{x} = \frac{x}{b}; \quad \bar{t} = \frac{at}{b^2} = Fo; \quad k = \frac{A_{r2}}{A_{r1}}; \quad Q = Qb / A_{r1} \lambda \vartheta_{cp}; \quad Bi = \sigma' b / \lambda,$$

де $\mathcal{G}(x, t)$; \mathcal{G}_{cp} – температури: поточна; середовища; Fo – критерій Фур'є; A_{t1} , A_{t2} – поверхні: полірована теплопоглинаюча і матова охолоджувана; Q – кількість теплоти, що виділилася під час тертя; Bi – критерій Біо; λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу обода шківа; b – ефективна глибина проникнення теплоти; k – динамічний коефіцієнт взаємного перекриття; σ' – коефіцієнт тепловіддачі між поверхнями шківа і повітрям.

Диференціальне рівняння (1), початкові і граничні умови (2) можна записати у вигляді:

$$\frac{\partial \bar{\Delta \mathcal{G}}}{\partial t} = a \frac{\partial \bar{\Delta \mathcal{G}}}{\partial x^2}; \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \bar{\Delta \mathcal{G}}}{\partial \bar{x}} - kBi \bar{\Delta \mathcal{G}} + Q; \\ \bar{\Delta \mathcal{G}}(\bar{x}, 0) = 0 \end{aligned} \right\} \text{при } \bar{x} = 0, (z = 0). \quad (4)$$

Переходячи до узагальненого параметра, диференціальне рівняння (3) можна представити у вигляді:

$$4z \frac{\partial^2 \bar{\Delta \mathcal{G}}}{\partial z^2} + (2+z) \frac{\partial \bar{\Delta \mathcal{G}}}{\partial z} = 0. \quad (5)$$

Вирішити рівняння (5) можна наступним чином:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial \bar{\Delta \mathcal{G}}}{\partial z} &= c_1 e^{-\frac{1}{4}z} z^{-\frac{1}{2}}; \\ \frac{\partial \bar{\Delta \mathcal{G}}}{\partial \bar{x}} &= \frac{2\bar{x}}{\bar{t}} \cdot \frac{\partial \bar{\Delta \mathcal{G}}}{\partial z} = \frac{2c_1 e^{-\frac{1}{4}z}}{\sqrt{\bar{t}}}; \\ \bar{\Delta \mathcal{G}} &= c_1 \int e^{-\frac{1}{4}z} z^{-\frac{1}{2}} dz + c_2. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Рішення (6) повинне задовольняти умовам (4) при $z=0$:

$$\frac{2a}{\sqrt{\bar{t}}} - kBi \left[\left(a \int e^{-\frac{1}{4}z} z^{-\frac{1}{2}} dz \right)_{z=0} + c_2 \right] + Q = 0; \quad (7)$$

при $z = \infty$; $\bar{\Delta \mathcal{G}} = 0$.

Рішенням диференціального рівняння (6), яке задовольняє умовам (7), буде:

$$\bar{\Delta \mathcal{G}} = \frac{\bar{Q}}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi \bar{t}}}} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}} \right) \right] = \frac{\bar{Q}}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi \bar{t}}}} \operatorname{erfc} \left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}} \right), \quad (8)$$

де $\operatorname{erfc} \left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}} \right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int e^{-\frac{1}{4}z} z^{-\frac{1}{2}} dz = 4 \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^U e^{-U^2} dU$ – інтеграл Гауса.

При повторно-короткочасному режимі гальмування процес носить періодичний характер: до наступного гальмування може відбуватися охолодження пари тертя до початкової температури або вона залишається вище початкової, причому від гальмування до гальмування поверхнева температура збільшується. Час охолодження, як правило, у декілька разів перевищує час гальмування. Для таких умов визначення перепаду температури в процесі охолодження ободу шківів представляє особливий інтерес. Для цього випадку рівнянню (1) повинні задовольняти наступні граничні умови:

при $x = z = 0$,

$$A_{11}\lambda \frac{\partial \Delta \bar{\vartheta}}{\partial \bar{x}} - A_{12}\delta' \Delta \bar{\vartheta} = 0; \quad (9)$$

при $z = \infty$, $\left(\bar{t}\right) = 0$

$$\Delta \bar{\vartheta}(\bar{x}, 0) = \Delta \bar{\vartheta}_H. \quad (10)$$

Підпорядковувавши рішення (6) граничним умовам (9), остаточно одержуємо:

$$\Delta \bar{\vartheta}_0 = \Delta \bar{\vartheta}_H \left[1 - \frac{kBi}{kBi + \frac{1}{\sqrt{\pi \bar{t}}}} \operatorname{erfc} \left(\frac{\bar{x}}{2\sqrt{\bar{t}}} \right) \right]. \quad (11)$$

Рішення проблеми руйнування при терті в тонкому поверхневому шарі, який обумовлений дислокацією і дифузійним механізми пластичності в широкому інтервалі температур, навантажень і швидкостей, пов'язано з труднощами теоретичного і експериментального характеру. Це, з одного боку, викликано суперечливими результатами досліджень стану мікроступів поверхонь тертя, а з другого боку, визначається відсутністю в літературі критичного аналізу і відповідності різних методів досліджень реальним умовам експлуатації.

Висновки. Таким чином, проілюстрована поведінка пар тертя металополімерних матеріалів під час електротермомеханічного тертя. Аналіз електротермомеханічного стану поверхневих і приповерхневих шарів металевих і полімерних елементів тертя в умовах їх градієнтного навантаження дозволить оптимізувати вибір конструктивних параметрів і матеріалів елементів тертя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вольченко Д. А. Научные основы управления износо-фрикционными свойствами металлополимерных пар трения тормозов для предотвращения термостабилизационного явления: дис. ... докт. техн. наук: 05.02.04 / Вольченко Дмитрий Александрович. – Киев, 2012. – 424 с.
2. Основы трибологии / Под ред. Чичинадзе А. В. – М. : Машиностроение, 2001. – 664 с.
3. Киндрачук М. В. Нанотрибология при контактно-термическом взаимодействии в металлополимерных парах трения тормозных устройств / М. В. Киндрачук, Д. А. Вольченко, Н. А. Вольченко, С. И. Криштопа, Д. Ю. Журавлев // Проблемы тертя та зношування: наук.-техн. зб. НАУ – Київ: НАУ, 2012. – Вип. 58. – С. 5-16.
4. Барабанно-колодочные тормозные устройства : Монография / А. А.Петрик, А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, Д. А. Вольченко. – В 2-х томах. Том 1. – Краснодар, 2006. – 263 с.

ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА УМЕНЬШЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И СМАЗКУ ДЕТАЛЕЙ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СУДОВЫХ УСТАНОВОК

Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Галкин С.А., Котыло А.В.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Вступление. Известно, что отрицательное влияние остаточных напряжений на работоспособность механизмов наиболее четко проявляется в узлах трения. При магнитном упрочнении узлов трения изучалось воздействие магнитного поля на металлические детали узла трения скольжения, а также на компоненты углеводородной смазки. Было показано, что за счет омагничивания компонентов смазки (или СОЖ) улучшается микродинамика взаимодействия фаз. Охлаждение узла повышается, а скорость разрушения поверхностей трения деталей снижается. При магнитной обработке повышается качественно-количественная характеристика адгезии компонентов смазки. В основном повышается равномерность, и прочность закрепления на поверхностях трения поляризованных магнитным полем молекул и полуколлоидных частиц. При этом магнитный поток уменьшает действие атомно-молекулярных сил поверхности микротрещин. МИО также пассивирует действия электронных и механических сил, «расклинивающих» кристаллиты материала детали за счет жидкостного эффекта дробления (эффект Ландау-Дерягина). Изучение механизма повышения равномерности и прочности закрепления компонентов смазки на поверхности трущихся стальных деталей показало, что вследствие МИО, эти процессы ускоряются в 2...3 раза. Вследствие этого стабилизируется шероховатость поверхности тел вращения, упрощается прирабатываемость деталей подшипников трения скольжения. Механическая и термическая стойкость металлов в зоне трения возрастает в 1,5...2,0 раза, а ресурс механизма увеличивается не менее чем на 50%. Вышеизложенное было подтверждено электрокинетическими и энергетическими исследованиями узлов трения скольжения. В опытах определялось влияние напряженности магнитного поля на относительное изменение в зоне трения скольжения электрокинетического потенциала ($\Delta\zeta$), разности микропотенциала, при разрушении материала образца (ΔU) а также величины износ (ΔC) стальной заготовки. Режим МИО: напряженность поля –300-750 кА/м, время импульса 0,5...2,0 с, число циклов 1...10.

Магнитная обработка образцов стали 40ХН, Р6М5 и латуни ЛЖМЦ проводилась на установке «Импульс». Измерение электрокинетического потенциала в зоне износа материалов пары трения (дзета-потенциал) проводили методом электрофореза на приборе Дерягина.

Потенциал скольжения определялся в зоне пленочного полужидкого и жидкого трения. В качестве смазывающего вещества применялись олеиновая кислота и углеродные масла в соотношении один к одному. Разность микропотенциалов в рабочей зоне измерялась микропотенциометром PS 2340-85 при помощи платинового электрода.

Величина износа определялась взвешиванием, микрометрическим замером диаметра образца и замером шлейфа при помощи микроинтерферрометра Линника, а также путем контроля выхода изношенных частиц по фракции минус 0,1 мм.

Результаты исследований. Опыты показали, что скорость износа детали сопровождается пропорциональным изменением величины электрокинетического потенциала вокруг вращающегося образца. При этом величина разрушения практически прямо пропорциональна увеличению абсолютного значения разности потенциалов Δ между разностью энергетического уровня поверхности металла при форсированном разрушении (U_1) и потенциалом при стабилизации износа поверхности (U_2). Химические исследования показали, что потенциал-определяющими ионами, (и микрочастицами),

влияющими на интенсивность износа материала являются: атомы железа для трущихся пар из углеродистых и малолегированных сталей и бинарные агрегации атомов многовалентных легирующих элементов в латунях и бронзах.

При обработке образцов трущихся пар магнитным полем напряженностью 100...500 кА/м износ поверхности деталей снижался на 50...70% (по сравнению с неупрочненным). Увеличение стойкости за счет МИО сопровождалось пропорциональным снижением (в 1,5...1,7 раза) разности потенциалов и увеличением электрокинетического потенциала, поверхности стального вала подшипника трения скольжения, работающего в условиях жирнокислотной смазки.

Изучения влияния разрушающих и упрочняющих сил в узле трения на характер износа деталей при магнитной обработке проводилось на образцах стали, 45, 40ХН, 9ХВГ и Р6М5. Образцы исследовались при равновесном состоянии (без обработки), после термообработки (закалка в масле), после МИО и после закалки с последующей магнитной обработкой их полем 300...500 кА/м (время импульса 1,5 с, три цикла, выдержка после МИО 24 часа). В опытах определялось влияние концентраций поверхностных напряжений (по микропрофилю царапин на поверхности образцов, а также по способу сжатия разрезанного кольца) на износостойкость стальных цилиндров диаметром 10 мм. Разрушение пар образцов велось истиранием их на машине трения МТ-82. Путем взвешивания образцов определялось относительное влияние на разрушение механических сил. Действие электронных сил определялось при помощи понтеромоторного метода, а химических – путем измерения натяжения мыльных пленок по способу Ребиндера при помощи торсионных весов. Влияние электромагнитных сил на остаточные напряжения при равновесном состоянии материала образца изучалось при помощи ядерного парамагнитного резонанса. На основании сравнения опытных данных строились относительные диаграммы вклада каждой из составляющих вышеуказанных сил на разрушение образцов конкретной стали. Сравнение велось до получения времени истирания цилиндрического образца на величину 2,0 мм. Опыты показали, что как в равновесном состоянии стали, так и в перенапряженном состоянии ее образцов, например, после термообработки, решающим фактором, определяющим скорость и характер разрушения стального изделия, являются величина механических сил. Электронные и электромагнитные компоненты в первую очередь, реагируют на внешнее магнитное поле соленоида установки при МИО образца. Поэтому, после упрочнения и выдержки изделия в спокойном состоянии величина их снижалась наиболее значительно, в 5...7 раз.

Концентрации напряжений в образце из сплава ВК6 после МИО уменьшились на 32%. Таким образом, опыты подтвердили, что при помощи МИО изделий полем малой и средней напряженности можно устранить большую часть остаточных напряжений как у ферро-, так и у парамагнитных изделий. При этом как объемная, так и локальная магнитная обработки существенно уменьшает величину механических и электронных связей, обуславливающих перенапряженное состояние кристаллитов или зерен материала при существующей технологии изготовления изделий.

В опытах (рис.1.) изучалось влияние магнитной обработки на изменение микропрофиля царапин алмазным карандашом стальных образцов. Исследования подтвердили как локальность перемещения намагниченных зерен, так и существование магнитного уплотнения (магнитного наклепа) в приповерхностной зоне деталей.

Выводы. Изложенные выше положения объясняют целый ряд процессов, проходящих при динамическом взаимодействии деталей машин, т.е. когда изменяется температура среды. Известно, что при трении деталей в отсутствие смазки износ материалов сопровождается значительным повышением температуры. Действие химических и атомно-молекулярных сил поверхности трущихся тел также связано с локальностью остаточных напряжений. На практике для снижения величины теплового эффекта трущихся деталей применяют смазку или СОЖ. Адгезия компонентов масляной смазки на поверхности деталей обусловлена химическим средством

органических молекул ПАВ с конкретными атомами поверхности детали машины (или любого твердого тела).

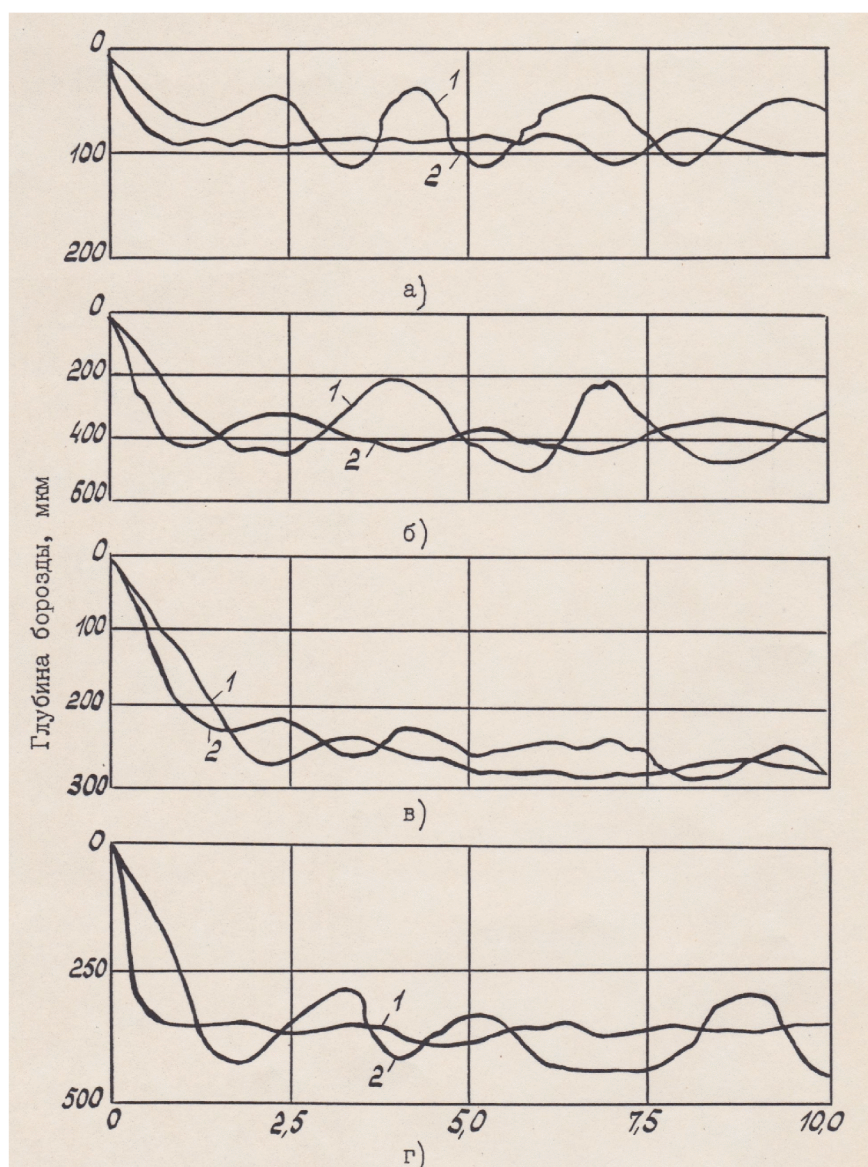


Рисунок 1 – Изменение микропрофиля поверхности образца: длина образца, мм: а – Р6М5, б – 40ХН, в – 5ХВ2, г – сталь 45, 1 – без обработки 2 – после МИО

Величина теплопередачи и охлаждения узла трения зависит не только от внешних факторов, но и в первую очередь от значения электрического потенциала поверхности подшипника скольжения. На теплоперенос влияет также скорость диффузии капелек вещества в области жидкого трения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малыгин Б. В., Бень А. П. Магнитное упрочнение изделий (Теория и практика): Монография. – Херсон : Изд. ХДМИ, 2009, – 350 с.
2. Кравченко Б. А., Митряев К. Ф. Обработка и выносливость высокопрочных материалов. – Куйбышев : Куйбышев. книж изд-во, 1968. – 131 с.
3. Биргер И. А. Остаточные напряжения. – М. : Машгиз, 1963. – 232 с.
4. Бень А. П., Малыгин Б. В., Врублевский Р. Е. Устройство магнитно-импульсной обработки металлических изделий с автоматизированным выбором режимов МИО // Науковий вісник ХДМІ. – № 2 (5)/2011. – С.284-290.
5. Чернышев Г.Н., Попов А.Л., Козинцев В.М., Пономарев И.И. Остаточные напряжения в деформируемых твердых телах. – М. : Наука, 1996. – С. 96-102.

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ В СУДО- И МАШИНОСТРОЕНИИ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ

Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Галкин С.А., Котыло А.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. Опыт работы предприятий, применяющих МИО в течение 1991...2011гг. показал, что экономию следует определять по снижению затрат на металлорежущий инструмент, уменьшению технологического времени обработки, а также повышению оперативности (ритмичности) работы всех участков завода.

Результаты исследований и их обсуждение. Общая экономия для завода, внедрившего МИО определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\Sigma} = (1)_i + (2)_i + \mathcal{E}_{\text{осн}} + \mathcal{E}_{\text{т}} - \mathcal{Z}_{\text{т}}, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}_{(1)}$ – экономия на инструменте (сверла, резцы, фрезы, пилы, ножи гильотин и др.); $\mathcal{E}_{(2)}$ – экономия на переточке каждой группы инструмента; $\mathcal{E}_{\text{осн}}$ – экономия на оснастке, электроэнергии, зарплате и вследствие удешевления работы заточных участков и вспомогательных цехов; $\mathcal{E}_{\text{т}}$ – экономия на технологическом времени выпуске основной продукции (за счет интенсификации и оперативности работ), на повышении производительности труда, качества сборки, улучшения работы смежных цехов и др. – основная составляющая; $\mathcal{Z}_{\text{т}}$ – общие затраты на внедрение технологии магнитной обработки.

В качестве примера рассмотрим экономию при внедрении МИО режущего инструмента на одном из судоремонтных заводов Украины.

Предусматривалось упрочнять сверла, развертки, фрезы, резцы и ножи гильотинных ножниц.

Экономия равняется:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{и}} + \mathcal{E}_{\text{р}}, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\text{и}}$ – экономия на стоимости инструмента, его повторных заточках, подготовки и технологической оперативности; $\mathcal{E}_{\text{р}}$ – экономия на ремонтных работах.

По данным практики повышение стойкости режущего инструмента в среднем равно 50%.

$$\mathcal{E}_{\text{и}} = \mathcal{E}_{\text{ки}} + \mathcal{E}_{\text{нг}}; \quad \mathcal{E}_{\text{ки}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2; \quad (3)$$

где \mathcal{E}_1 – экономия на снижение числа единиц инструмента (резцы, сверла, фрезы); \mathcal{E}_2 – экономия на повторной заточке инструмента; $\mathcal{E}_{\text{нг}}$ – экономия на ножах гильотин.

Расход инструмента за год составляет 4000 единиц; стоимость инструмента 50000 грн.

Экономия на инструменте составляет

$$\mathcal{E}_1 = 50000 \cdot 0,4 = 20000 \text{ грн}$$

Определяем число повторных заточек инструмента до и после МИО. В условиях завода среднее число n повторных заточек инструмента для сверл – 30, а для фрез и резцов – 10, стоимость одной заточки сверла – 1 грн., фрезы и резца – 5 грн. Усреднив затраты (по пропорции групп инструмента) получим, что стоимость повторных заточек единицы инструмента $C_1 = 3$ грн.

Число работающих единиц инструмента ($P_{\text{и}}$) равно

$$P_{\text{и}} = N \cdot n \quad (4)$$

где $N = 40000$ – годовой расход инструмента, $n = 20$ число переточек;

$P_{\text{и}} = 40000 \times 20 = 800,000$ единиц.

При коэффициенте повышения стойкости инструмента $K_c = 1,5$ число переточек после магнитоупрочнения уменьшится в 2 раза.

Годовая экономия на переточке инструмента равна

$$\mathcal{E}_{п.и.} = C_1 \cdot P_{п.и.} = 3 \cdot 4000 = 12000 \text{ грн.} \quad (5)$$

За счет повышения оперативности производства, увеличения ритмичности работы инструментального и ремонтно-механического цехов будет сэкономлено

$$\mathcal{E}_r = q_1 \cdot n_1 \cdot K_1 \cdot H_1, \quad (6)$$

Где $q_1 = 1000$ грн/час – часовая стоимость повышения эффективности производства; $n_1 = 3$ – число групп инструмента; $K_1 = 0,5$ – нормативный коэффициент; $H_1 = 5000$ – число часов работы предприятия в году.

Тогда $\mathcal{E}_r = 1000 \cdot 3 \cdot 0,5 \cdot 5000 = 75$ тыс. грн./год.

Определим эффект от упрочнения ножей гильотинных ножниц применительно к работе механического участка.

Для расчета воспользуемся ранее описанной схемой.

Экономия на упрочнении ножей гильотинных ножниц равняется

$$\mathcal{E}_{нг} = \mathcal{E}_{r(1)}. \quad (7)$$

Расход ножей гильотин за год $\mathcal{E}_r = 200$ единиц;

Стоимость ножа $C_r = 1000$ грн, коэффициент повышения стойкости $K_c = 2$.

Тогда $\mathcal{E}_{нг} = 1000 \cdot 200 / 2 = 1000,00$ грн.

Экономия на повышении оперативности заготовительного участка, применяющих упрочненные ножи \mathcal{E}_r равняется

$$\mathcal{E}_{нг(0)} = q_2 \cdot n_2 \cdot K_2 \cdot H_2. \quad (8)$$

Из опыта работы находим, что $q_2 = 108$ грн/ч; $n_2 = 2$; $K_2 = 0,75$; $H_2 = 4000$.

Тогда $\mathcal{E}_r = 108 \cdot 0,75 \cdot 2 \cdot 4000 = 648000$ грн.

Выводы. МИО в десятки раз экономичнее, безопаснее и экологически полезнее традиционных способов упрочнения. Внедрение технологии в горном машиностроении, при минимальном повышении долговечности машин на 10..20%, уменьшит капитальные вложения в отрасль. Также экономический эффект от внедрения определяются не только по затратам на инструмент или оборудование, а и по экономии технологического времени выпуска основной продукции, повышения качества сборки, производительности труда и улучшение работы смежных отраслей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малыгин Б. В., Бень А. П. Магнитное упрочнение изделий (Теория и практика) : монография. – Изд. ХДМИ, 2009. – 350 с.
2. Кравченко Б. А., Митряев К. Ф. Обработка и выносливость высокопрочных материалов – Куйбышев :Куйбышев. книж изд-во, 1968. – 131 с.
3. Григорьев С. Н. Методы повышения стойкости режущего инструмента. – М. : Машиностроение, 2011. – 250 с.
4. Малыгин Б. В. Магнитное упрочнение ножей для гильотинных ножниц. // Вестник машиностроения. – №3. – 1987.
5. Малыгин Б. В. Магнитное упрочнение инструмента и деталей машин – М. : Машиностроение, 1989. – 112 с.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НАЧІПНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ, ЕКСПЛУАТОВАНОГО НА ТЕРИТОРІЯХ З УХИЛОМ

Мачуга О.С.

Національний лісотехнічний університет України
(Україна, м. Львів)

Вступ. Елементи конструкцій начіпного обладнання технологічного транспорту в лісозаготівлі, сільському господарстві, дорожньому будівництві зазнають додаткового навантаження, викликаного рухом і роботою на територіях з ухилом. Несиметричний зовнішній силовий вплив, викликаний технологічним обладнанням та дією дотичних складових опорних реакцій ґрунту та сил ваги окремих частин механізму, викликають складний напружено-деформований стан елементів стержневих елементів начіпного обладнання: згин та звичайне або стиснене кручення, який суттєво залежить від опорних реакцій начіпного обладнання, які запропоновано визначати методами механіки стержневих систем. Сформульовано математичний вираз поставленої задачі, проілюстрований на прикладі розрахунку кріплення стріли – маніпулятора лісозаготівельного комбайна.

Актуальність досліджень. Прогнозування несучої здатності та довговічності начіпного обладнання спеціалізованої мобільної техніки, яка використовується у лісозаготівлі та під час транспортування зрубаної деревини - харвестери та форвадери [1], сільському господарстві – зокрема штангові чи вентиляторні обприскувачі [2], дорожньому будівництві (екскаватори, грейдери та інш.) та в інших типах машин, що пересуваються горбкуватою негоризонтальною ґрунтовою поверхнею з одночасним виконанням операцій виробничої функції, пов'язується із визначенням напружено-деформованого стану елементів конструкції цього обладнання та його кріплення до основного механізму. Для наближення розрахункових схем до реального навантаження розглядуваного обладнання слід враховувати додаткові силові фактори, викликані асиметричністю роботи начіпного обладнання та можливістю руху механізму в довільно орієнтованому напрямі до ухилу поверхні руху.

Постановка задачі. Розглянемо самохідний тривісний колісний механізм, який рухається площиною з ухилом α до горизонту зі швидкістю v уздовж осі, що утворює кут β з висхідною лінією площини руху. Виробнича функція виконується начіпним обладнанням, змонтованим на стрілі – маніпуляторі. Для харвестерів – лісозаготівельних комбайнів таким обладнанням може бути харвестерна (процесорна) головка, для форвадерів – навантажувальні кліщі. Напрямок стріли відведено від напрямку руху на кут γ (див. рисунки 1 та 2 в роботі [3]). Вважатимемо в загальному випадку раму харвестера шарнірно зчленованою.

Наслідуючи роботу [3] запровадимо декартову систему координат $Oxyz$ з площиною xOy , яка співпадає з горизонтальною площиною, вісь z – перпендикулярна до неї. Осі координат $y_1 z_1$ утворюються повертанням осей yz на кут α навколо осі Ox так, що координатна площина xOy_1 співпадає з площиною руху харвестера, вісь z_1 утворює кут α з віссю z . Вісь координат y_2 утворюються шляхом повороту осі y_1 на кут β навколо осі Oz_1 так, що напрям руху розглядуваного механізму співвісний з y_2 . Двосекційний шарнірний маніпулятор з вагою секцій G_{M1}, G_{M2} утримує технологічне обладнання вагою G_T , зблоковане з оброблюваним вантажем вагою G_{CT} . Сили ваги $G_{M1} \div G_{CT}$ направлені вертикально вниз, сили T_i , ($i = 1 \div 6$) – тангенційні (дотичні) складові реакцій ґрунту на рушій, діють в площині руху харвестера xOy_1 . Маніпулятор може виконувати обертовий рух та одночасно розкладатись або складатись навкруг приєднувального шарніра до шасі харвестера, що відповідним чином впливає на розподіл опорних реакцій кріплення стріли

з вантажем.

Задача полягає у визначенні нормальних та дотичних складових опорних реакцій кріплення стріли з вантажем $R_j^M, T_j^M, j=1 \div 3$ (див. рис. 1) та розподілу внутрішніх силових факторів за довжиною елементів маніпулятора (стріли харвестера). Вважаючи маніпулятор стержневою конструкцією з елементами, що мають незамкнену конфігурацію поперечного перерізу (наприклад швелер, тавр тощо), слід крім традиційних силових факторів – згинаючий момент M , перерізуюча сила Q , крутний момент K – ввести в розгляд згинно-крутні бімоменти B , які спричиняють виникнення стисненого кручення поперечного перерізу профілю балки. З метою спрощення постановки задачі із розгляду вилучено розтягуючі зусилля уздовж осей секцій маніпулятора, згинаючі моменти та перерізуючі сили, як фактори, що неістотні для напруженого стану розглядуваної структури.

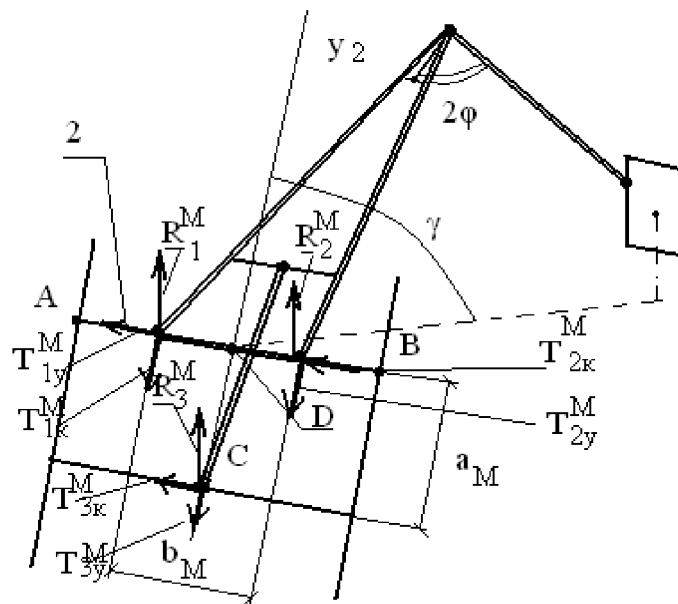


Рисунок 1 – Схема кріплення маніпулятора до рами, точка С – основа гідроциліндра на допоміжній балці кріплення

Сформульована вище задача в загальному випадку є статично невизначеною, оскільки число невідомих опорних реакцій становить 9, а кількість рівнянь рівноваги просторової системи сил – 6.

Визначення опорних реакцій кріплення маніпулятора дозволить будувати епюр зазначених вище внутрішніх силових факторів, що виявить області їх концентрації та дозволить знайти максимальні нормальні та дотичні напруження у їх околах. За необхідності, шляхом зміни характеристик стержневих конструкцій в проблемних ділянках, можливо знизити рівень напружень у них до допустимих значень.

Результати досліджень. Розглянуто плоскопаралельну систему сил, що складається із нормальних складових реакцій $R_j^M, j=1 \div 3$, які є перпендикулярними до площини руху, та проєкцій на нормаль сил ваги частин маніпулятора, головки та стовбура. Для цієї системи сил записано рівняння рівноваги сил на спільну вісь та два рівняння рівноваги моментів сил відносно осей АВ та CD; підймальним моментом стріли маніпулятора під час його розкладання-складання знехтувано. З розв'язку цієї системи рівнянь отримано наступні вирази:

$$R_1^M = \frac{G_{MCT}}{2} \cdot \cos \alpha + M_G \cdot \left(\frac{\cos \gamma}{2 \cdot a_M} - \frac{\sin \gamma}{b_M} \right) \quad R_2^M = \frac{G_{MCT}}{2} \cdot \cos \alpha + M_G \cdot \left(\frac{\cos \gamma}{2 \cdot a_M} + \frac{\sin \gamma}{b_M} \right),$$

$$R_3^M = -\frac{M_G}{a_M} \cdot \cos \gamma,$$

де $G_{MCT} = G_{M1} + G_{M2} + G_F + G_{CT}$

$$i M_G = \sin \varphi \cdot \cos \alpha \cdot \left[\frac{L_{M1}}{2} \cdot G_{M1} + \left(L_{M1} + \frac{L_{M2}}{2} \right) \cdot G_{M2} + (L_{M1} + L_{M2}) \cdot (G_F + G_{CT}) \right].$$

Кожну із дотичних складових реакцій опор, які у загальному випадку є довільно орієнтовані в площині руху, розкладено, як вказано вище, на дві компоненти: одна є паралельна до напрямку руху механізму ($T_{1y}^M, T_{2y}^M, T_{3y}^M$), інша – орієнтовна уздовж колової осі ВА ($T_{1k}^M, T_{2k}^M, T_{3k}^M$), тобто перпендикулярна до напрямку руху (рис. 1). Приймаючи незначні обмеження: $T_{1k}^M = T_{2k}^M$, $T_{1y}^M = T_{2y}^M$, $T_{1y}^M + T_{2y}^M = T_{3y}^M$, отримаємо із трьох рівнянь рівноваги плоскої системи сил решта три невідомі дотичні складові реакції. Тоді:

$$T_{1k}^M = T_{2k}^M = \frac{M_G}{2a_M} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot (\cos \beta \cdot \sin \gamma - \sin \beta \cdot \cos \gamma) + \frac{M_\omega}{2 \cdot a_m} - \frac{G_{MCT}}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta,$$

$$T_{3k}^M = -\frac{M_G}{a_M} \operatorname{tg} \alpha (\cos \beta \sin \gamma - \sin \beta \cos \gamma) - \frac{M_\omega}{a_m}, \quad T_{1y}^M = T_{2y}^M = -\frac{G_{MCT}}{4} \sin \alpha \cos \beta.$$

Для тестового прикладу – харвестера Valmet 911.3 побудовано графіки залежностей величин R_2^M, T_{2k}^M від кута γ за деяких значень кутів α, β (рис. 2) для повністю розкладеної стріли ($\varphi = 90^\circ$) у випадку $a_M = b_M = 1 \text{ м}$.

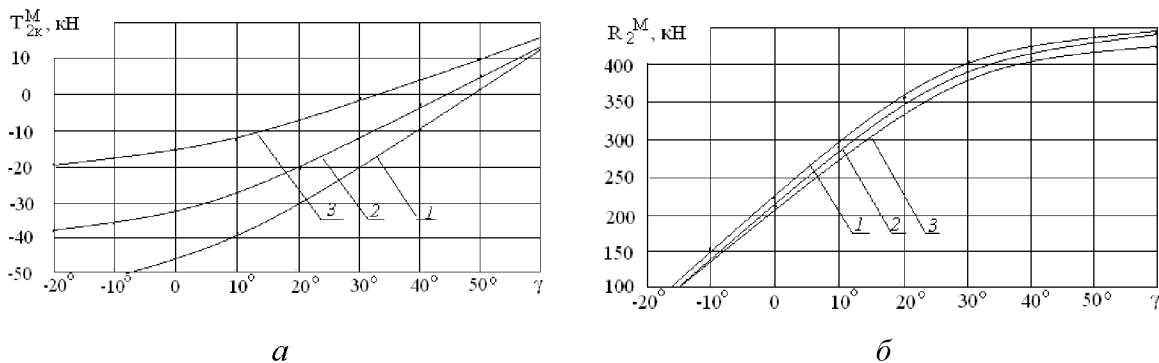


Рисунок 2 – Залежності дотичних та нормальних реакцій кріплення стріли маніпулятора для $\beta = 60^\circ$; 1 – $\alpha = 10^\circ$, 2 – $\alpha = 15^\circ$; 3 – $\alpha = 20^\circ$

Висновки. Опорні реакції суттєво залежать від положення маніпулятора та ухилу поверхні руху α , що вказує на важливість запропонованого підходу. Це дозволяє зокрема визначати внутрішні силові фактори в секціях маніпулятора для його розрахунку, а також з достатньою для розрахунку рами харвестера точністю визначати зовнішні силові фактори, що діють на неї.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мачуга О. С., Вареницький А. Я. Технологічний транспорт лісозаготівлі – харвестери та форвадери: структурні схеми керування, робочі параметри. – В кн.: Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT - 2010): Матеріали другої міжнародної науково – практичної конференції (Херсон, 25 – 27 травня 2010 р.). Том 2. – Херсон: Видавництво ХДМІ, 2010. – С. 310-313.
2. Рыбак Т. И. Методы оценки несущей способности и долговечности машин для химической защиты в растениеводстве. – К.: Наукова думка, 1985. – 232 с.
3. Мачуга О. С. Особливості експлуатації лісозаготівельних комбайнів на лісосіках з ухилом. – В кн.: Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT - 2013): Матеріали п'ятої міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 28–30 травня 2013 р.). Том 2. – Херсон: Видавництво ХДМА, 2013. – С. 207-210.

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОПОРЦІЙНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО КЕРУВАННЯ

Мищук Д.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. В процесі роботи сучасної будівельної машини з гідроприводом виникає необхідність у швидкому регулюванні зміни швидкості в межах тривалого часу. В будівельних маніпуляторах, екскаваторах та гідравлічних кранах існує нагальна необхідність здійснювати регульоване переміщення робочого обладнання з метою підвищення ефективності використання даного виду техніки. Для вирішення розглянутих проблем пропонується використовувати гідравлічне пропорційне керування. Без застосування пропорційного гідравлічного керування вказані задачі розв'язують за допомогою регульованого керування гідронасосом, що потребує застосування керованого гідронасоса або керованого гідромотора.

Актуальність дослідження. Використовуючи традиційні гідророзподільники для регулювання зміни напрямку потоку робочої рідини в механізмах будівельних машин при необхідності виконання керування за заданими законами руху робочого органа, в гідросистему додатково встановлюють переливний клапан, регулятор потоку робочої рідини та механічну систему приводу золотників робочого гідророзподільника. При цьому, внаслідок того, що будівельна машина працює за різних умов навантаження, це призводить до зміни умов роботи системи керування машиною. Така неоднозначність та непостійність роботи машини впливає на її ефективність.

Пропорційне гідравлічне керування дозволяє пристосовувати систему керування будівельною машиною до зовнішніх умов. Технічні переваги пропорційного керування полягають перш за все в контрольованих переходах перемикачів, плавному керуванні заданими величинами та в скороченні кількості гідравлічних пристроїв для визначення задач керування так як більшість задач керування вирішується на програмному рівні за рахунок програмування електронного блока керування пропорційного гідророзподільника.

Розробкою та впровадженням пропорційних гідророзподільників в будівельну техніку займаються такі закордонні компанії як Bosch Rexroth [1, 2], Brevini Hydraulics [3], Hydrocontrol [4], Sauer Danfoss та інші. Дослідженнями пропорційного керування займалися такі дослідники як Феллінгер О. [5], Шмітт А., Кретц Д. [6], Шольц Д [7] та інші.

Мета роботи. Провести аналіз існуючих систем пропорційного гідравлічного керування та встановити особливості їхнього застосування на будівельній техніці.

Результати дослідження. Сполучною ланкою між гідросистемою будівельної машини та електронікою становлять регульовані електромагніти, функції яких полягають у дистанційному та безступінчастому переміщенні золотників гідророзподільника, тим самим змінювати напрям, витрату та тиск робочої рідини в гідросистемі будівельної машини. В залежності від практичного застосування розрізняють:

- електромагніти регульовані по переміщенню;
- електромагніти регульовані по силі.

Для пропорційної зміни вихідної величини сили та переміщення використовують лише електромагніти постійного струму.

В основі конструкції пропорційних електромагнітів (рис. 1) присутні котушка з магнітопроводом 1, штовхач 2, упор 3, якір 4, гільза 5 та кільце з немагнітного матеріалу 6.

Основним недоліком електромагнітів є гістерезис, що створює «прилипання» якоря електромагніту до металевих намагнічених частин корпусу і тим самим відбувається

запізнення вимкнення електромагніту. На практиці використовують два способи зменшення гістерезису. Перший спосіб полягає в накладенні на сигнал керування електромагнітом додаткового сигналу, який змінюється з великою частотою і малою амплітудою (створюються вібрації) [7]. Другий спосіб базується на застосуванні керування шляхом широтно-імпульсної модуляції, при якій величина струму в котушці залежить від ширини імпульсу. За відомими експериментальними даними у пропорційних електромагнітах, що використовуються для управління гідروпідсилювачів типу РП, частота сигналу осциляції складає 150...200 Гц, а амплітуда 50...100 мА [5].

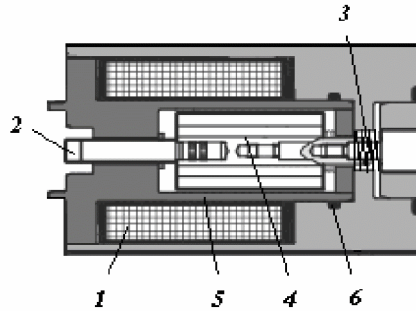


Рисунок 1 – Конструкція пропорційного електромагніту

Сила, що створює електромагніт, залежить від багатьох факторів, до яких належать матеріал магнітопроводу, тип котушки, конструкція та ін. [8]. Силу, яку розвиває пропорційний електромагніт можна визначити за формулою [8]:

$$P_e = K_1 \frac{\mu_m f_{em} n_{em}^2 i_{кер}^2}{2x} K_2 K_3, \quad (1)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує розмірність величин; μ_m – магнітна проникність повітря, що дорівнює $1,26 \cdot 10^{-6}$ Гн/м; f_{em} – площа поверхні якоря, m^2 ; n_{em} – число витків у котушці; $i_{кер}$ – струм у обмотці електромагніту; x – координата, що визначає положення якоря електромагніту; K_2 – коефіцієнт, що враховує залежність сили електромагніту від переміщення якоря і визначається за залежністю:

$$K_2 = (thx)^2 e^{b_1(1 - \frac{x_{max} - x}{x_{max}})}, \quad (2)$$

де K_3 – коефіцієнт, який ураховує залежність сили електромагніту від струму:

$$K_3 = e^{-[1 - b_2(\frac{i_{max} - i_{кер}}{i_{max}})]}, \quad (3)$$

де b_1 та b_2 – сталі коефіцієнти для даної конструкції електромагніту; x_{max} та i_{max} – максимальні значення відповідно переміщення якоря й струму в котушці.

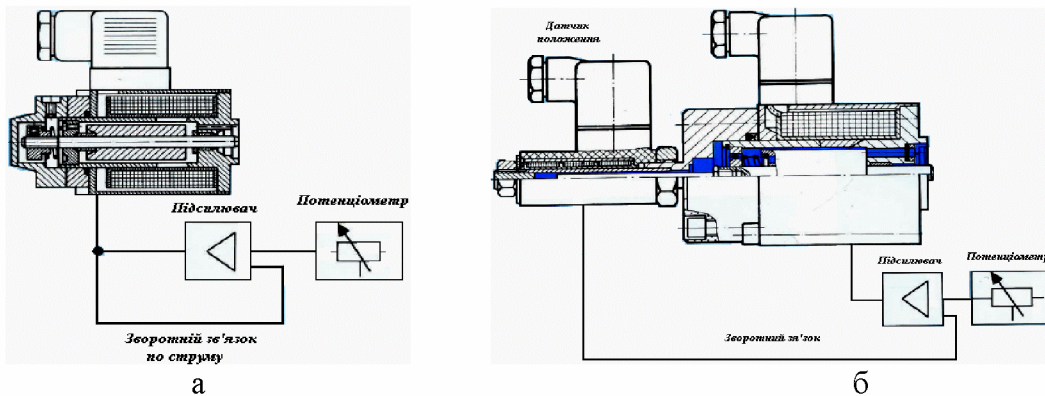


Рисунок 2 – Схема підключення пропорційного електромагніту регульованого по силі (а) та регульованого по переміщенню

Керування електромагнітами регульованими по силі (рис. 2а) здійснюється шляхом зміни величини струму $i_{кер}$, що призводить до зміни тягової сили електромагніту при незначному переміщенні якоря.

В електромагнітах регульованих по силі електромагнітна сила, що створюється, підтримується постійної величини на всьому діапазоні переміщення навіть при зміні опору електромагніта. Така особливість даного пристрою притаманна внаслідок зворотного зв'язку по силі струму, що комутується на спільному вході електромагніту, тобто підсилювач подає на електромагніт таку величину струму, яка пропорційна зовнішньому навантаженню. Величина переміщення якоря в такому електромагніті буде пропорційною величині навантаження на йому. Електромагніти з регулюванням по силі зазвичай мають незначні габаритні розміри, що зумовлено незначними переміщеннями якоря електромагніта (1,5...3 мм).

Керування електромагнітами регульованими по переміщенню (рис. 2б) також здійснюється шляхом зміни величини струму $i_{кер}$, проте положення якоря контролюється через замкнутий контур регулювання й утримується незалежно від протидіючої сили, якщо така сила буде діяти в дозволеному діапазоні. Переміщення якоря таких електромагнітів в залежності від конструктивного виконання становить 3...5 мм. Зворотний зв'язок керування в такому типі електромагніту встановлюється через датчик переміщення, який додатково встановлюється та визначає переміщення якоря. Отож величина струму керування в такому типі електромагніта пропорційна переміщенню якоря.

Пропорційні гідравлічні розподільники застосовують для зміни напрямку руху робочої рідини в гідросистемі та величини об'ємних витрат. За характером дії на робочий золотник гідророзподільника пропорційні розподільники бувають прямої та непрямої дії.

Пропорційними гідравлічними розподільниками прямої дії здійснюють керування за допомогою пропорційних електромагнітів, які безпосередньо виконують переміщення золотників гідророзподільника. Зазвичай такі гідророзподільники встановлюються на монтажну плиту та обладнуються з'ємними електромагнітами (рис. 3)

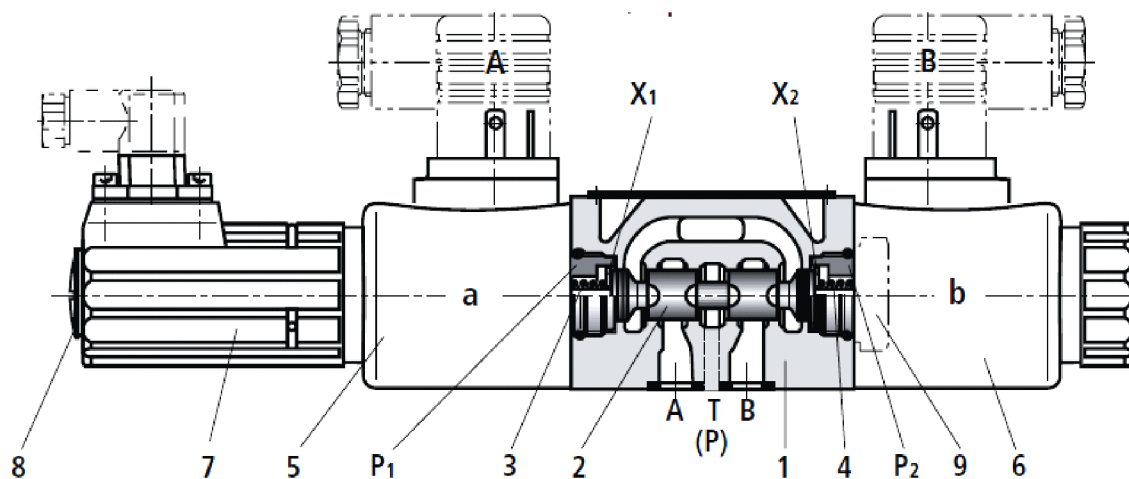


Рисунок 3 – Пропорційний гідророзподільник прямої дії Rexroth Bosch типу 4WRE з електричним зворотним зв'язком

Конструктивно пропорційні гідророзподільники прямої дії (рис. 3) складаються із корпусу 1, керованого золотника 2 з притисковими пружинами 3 та 4, шайб пружин X1 та X2, електромагнітів 5 та 6 з аналоговою характеристикою «струм – переміщення», торцевих трубок P1 та P2 з виконаною на їхній поверхнях різьбою, датчика переміщення 7 та механізму центрування 8. Розподільник може бути обладнаний двома або одним електромагнітом. У випадку, коли розподільник обладнують лише одним

електромагнітом, то на місці іншого встановлюють заглушку 9, а розподільник перетворюється в регульований клапан.

Працює подібний гідророзподільник наступним чином: при вимкнених електромагнітах 5 та 6 золотник 2 утримується в центральному положенні під дією пружин 3 та 4. При подачі на один з пропорційних електромагнітів струму, наприклад на магніт 6 (b), відбувається переміщення золотника 2 вліво, пропорційно електричному вхідному сигналу, що призводить до відкриття каналів В та А. Вимкнення електромагніта 6 призведе до переміщення золотника 2 в центральне положення за рахунок пружини 3. Розглянутий гідророзподільник (рис. 3) обладнано індуктивним датчиком переміщення 7. Датчик визначає дійсне положення золотника та передає електричний сигнал електронній системі керування гідророзподільником, де порівнюється отриманий сигнал із заданим та вносяться відповідні корективи. Гістерезис такого розподільника складає $\leq 1\%$.

Характеристики пропорційних гідророзподільників зазвичай представляються у вигляді графіків (рис. 4), на яких побудовано залежності витрат робочої рідини через розподільник в залежності від величини струму та втрати робочого тиску в розподільнику.

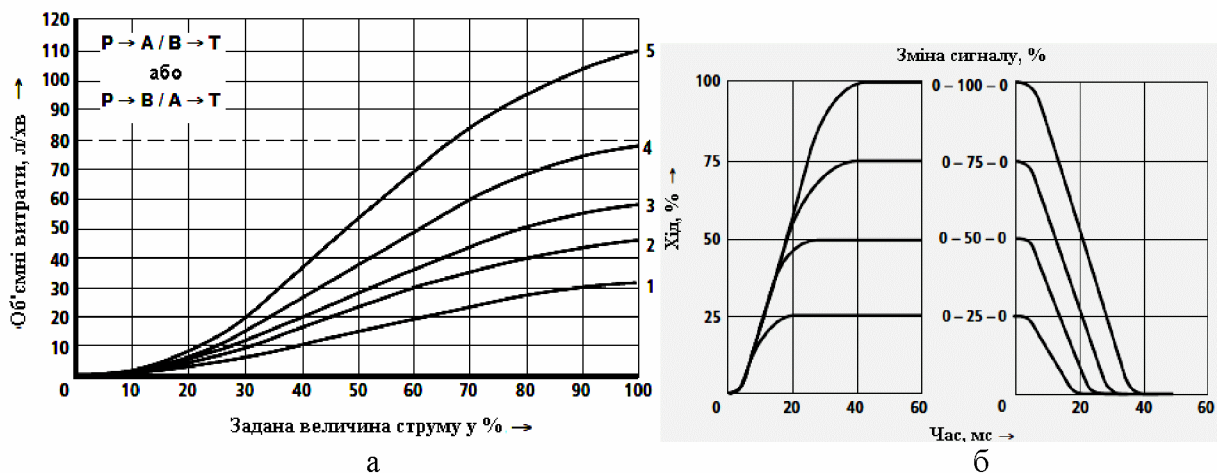


Рисунок 4 – Графік робочих характеристик гідророзподільника Rexroth Bosch типу 4WRE з номінальними об'ємними витратами 32 л/хв при перепаді тиску $\Delta p = 10$ бар: а – характеристика об'ємних витрат; б – перехідна характеристика розподільника при ступінчастій зміні вхідного сигналу керування; 1 – $\Delta p = 10$ бар; 2 – $\Delta p = 20$ бар; 3 – $\Delta p = 30$ бар; 4 – $\Delta p = 50$ бар; 5 – $\Delta p = 100$ бар

Для пропорційних гідророзподільників без датчика переміщення діапазон керування становить 1:20, а з датчиками переміщення – 1:100.

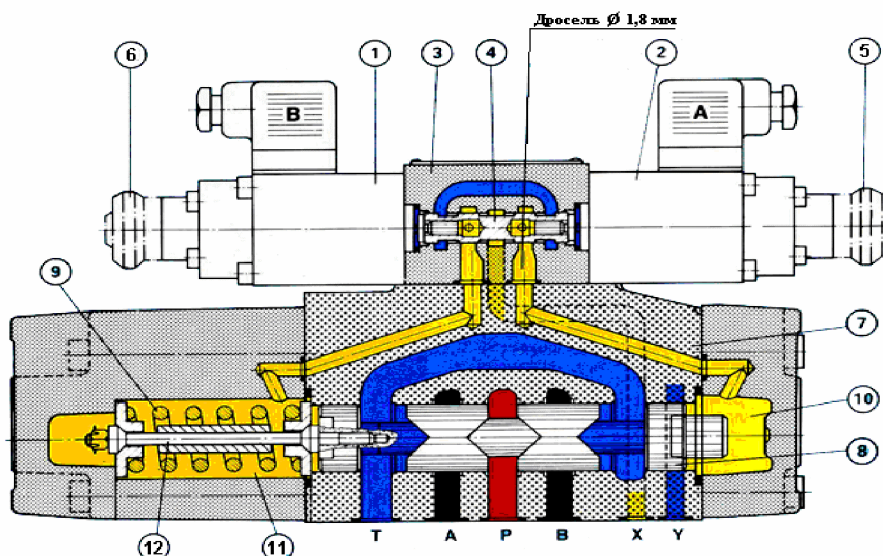


Рисунок 5 – Пропорційний гідророзподільник непрямої дії Rexroth Bosch типу 4WRZ

Збільшення об'ємних витрат робочої рідини призводить до додаткових навантажень на переміщення золотника, а це обмежує застосування пропорційних гідророзподільників прямої дії внаслідок значного збільшення розмірів привідних електромагнітів для забезпечення потрібного зусилля. В таких випадках використовують пропорційні гідророзподільники непрямої дії (рис. 5).

Пропорційний розподільник непрямої дії (рис. 5) складається з електромагнітів 1 та 2, корпусу керуючого золотника 3, керуючого золотника 4, заглушок 5 та 6, корпусу керованого золотника 7, керованого золотника 8, пружини 9, торцевих камер 10, 11 та штовхача 12. На рис. 6 представлено характеристики розглянутого розподільника непрямої дії.

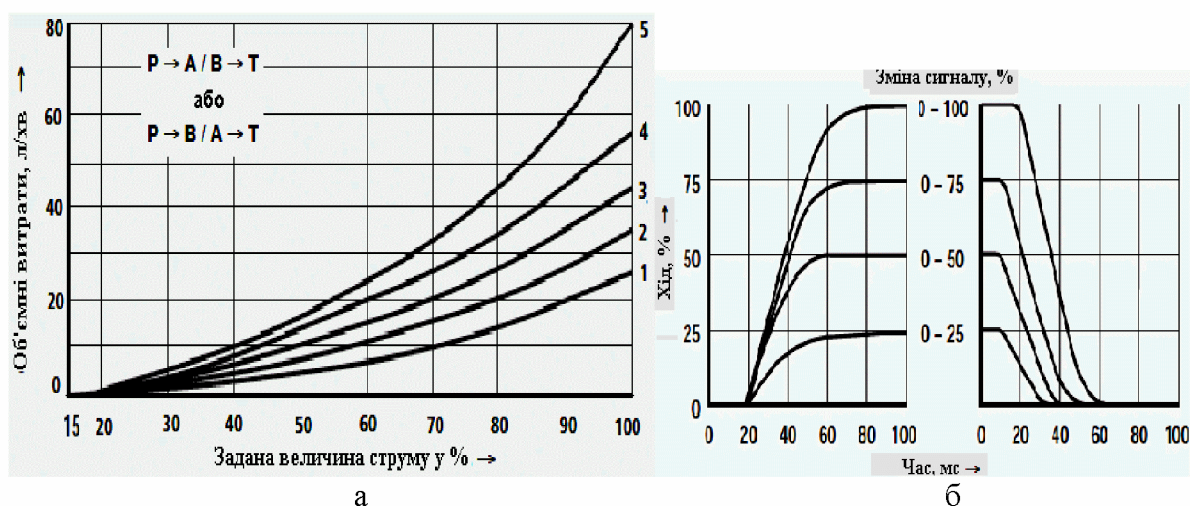


Рисунок 6 – Графік робочих характеристик гідророзподільника Rexroth Bosch типу 4WRZ з номінальними об'ємними витратами 25 л/хв при перепаді тиску $\Delta p = 10$ бар: а – характеристика об'ємних витрат; б – перехідна характеристика розподільника при ступінчастій зміні вхідного сигналу керування; 1 – $\Delta p = 10$ бар; 2 – $\Delta p = 20$ бар; 3 – $\Delta p = 30$ бар; 4 – $\Delta p = 50$ бар; 5 – $\Delta p = 100$ бар

Математична модель гідророзподільника з пропорційним керуванням представляє собою сукупність рівнянь, записаних для окремих його елементів [9]. Рівняння напруги в електричному ланцюзі електромагніту:

$$U_{em} = R_{em} I_{em} + L_{em} \frac{dI_{em}}{dt} + C_1 \frac{dx_{k3}}{dt}, \quad (6)$$

де U_{em} – напруга на виході електронного підсилювача, R_{em} – активний опір обмотки електромагніту, L_{em} – індуктивність обмотки електромагніту, C_1 – коефіцієнт ЕРС, x_{k3} – переміщення якоря електромагніту, I_{em} – струм в обмотці електромагніту.

Рівняння руху плунжера керуючого золотника гідророзподільника непрямої дії або основного золотника прямої дії:

$$m_s \frac{dx_{k3}}{dt} + k_{mp} \frac{dx_{k3}}{dt} + c_{np} x_{k3} + R = P_e, \quad (7)$$

де m_s – маса плунжера золотника, k_{mp} – коефіцієнт, що враховує в'язке тертя в зазорі між плунжером золотника та гільзою, R – гідродинамічна сила, що діє на золотник від робочої рідини, P_e – сила електромагніту, c_{np} – жорсткість пружини золотника.

Рівняння руху плунжера керованого золотника гідророзподільника непрямої дії буде подібним до рівняння (7), проте замість сили електромагніту на золотник буде діяти сила від тиску робочої рідини, що нагнітатиметься керуючим золотником.

Рівняння витрат робочої рідини через керований золотник пропорційного гідророзподільника непрямої дії:

$$Q_3 = \mu_3 \pi d_{кз} k_{нз} x_{кз} \sqrt{\frac{2|p_n - p_{n.0}|}{\rho}} \text{sign}(p_n - p_{n.0}), \quad (8)$$

де μ_3 – коефіцієнт витрати вікна золотника, $d_{кз}$ – діаметр золотника, $x_{кз}$ – переміщення золотника, $k_{нз}$ – коефіцієнт перекриття золотника, p_n – тиск насоса, $p_{n.0}$ – тиск в напірній магістралі привідного гідродвигуна.

Висновок. Результатом проведеного дослідження стало встановлення основних параметрів системи пропорційного керування гідроприводом будівельної машини. Розглянуто будову пристроїв пропорційного гідравлічного керування та визначено закономірності зміни основних керуючих параметрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гидравлические распределители Bosch Rexroth. 4-ходовой 2-позиционный и 4-ходовой 3-позиционный распределители пропорционального регулирования прямого действия, с электрической обратной связью по положению, без/со встроенными электронными устройствами (ОБЕ). Электронный ресурс компанії «Bosch Rexroth AG». URL: <http://www.boschrexroth.com> (дата звернення: 22.03.2014).
2. Гидравлические распределители Bosch Rexroth. 4/2-, 4/3- и 5/2-, 5/3 пропорциональные распределители непрямого действия, без электрической обратной связи по ходу. Электронный ресурс компанії «Bosch Rexroth AG». URL: <http://www.boschrexroth.com> (дата звернення: 22.03.2014).
3. Гідравлічні розподільники Brevini Hydraulics. Электронный ресурс компанії «Brevini Hydraulics». URL: <http://www.hydraulicsbrevini.com> (дата звернення: 23.03.2014).
4. Гідравлічні розподільники Hydrocontrol. Электронный ресурс компанії «Hydrocontrol». URL: <http://www.hydrocontrol-inc.com> (дата звернення: 23.03.2014).
5. Фёллингер О. Линейные системы передачи \ Фёллингер О., Шнайдер Г. Перевод с немецкого. – М., 1964. – 216 с.
6. Mednis W. Laboratorium hydraulicznych napedow i ich sterowania. Warszawa.: OWPW, 1996. – 52 s.
7. Шольц Д. Пропорциональная гидравлика. Основной курс ТР 701. [Учебник. Перевод с немецкого Сулига С. В.]. – К. : ДП «ФЕСТО», 2002. – 124 с.
8. Андренко П. М. Проектування і розрахунок елементів та пристроїв гідропневмоавтоматики. – К. : УМК ВО, 1990. – 100 с.
9. Боровин Г. К. Математические модели гидравлического привода с LS-управлением шагающей машины / Г. К. Боровин, А. В. Костюк. – М., 2000. – (Препринт / Ин-т прикладной математики им. М.В. Келдыша; 56).

ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ГІДРОХВИЛЬОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК МАЯТНИКОВОГО ТИПУ 3 – 4-ГО ПОКОЛІНЬ

Настасенко В.О.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ, зв'язок проблеми з основними науковими напрямками. Робота пов'язана з оцінкою енергетичного потенціалу і можливостей використання нетрадиційної енергетики, до якої в першу чергу відноситься сонячна, вітрова і гідрохвильова. В умовах вичерпності традиційних палив на базі нафти, природного газу і вугілля, використовуваних в сучасній електроенергетиці, нетрадиційна енергетика є найбільш перспективною для їх економії і повної заміни. Роботи у цьому напрямку ведуться різними шляхами, з яких найбільш перспективним слід вважати використання гідрохвильової енергетики [1 – 3], оскільки її енергетичний потенціал, у перерахунку на 1 м^2 площі, що займає відповідна енергетична система, є значно більшим, ніж сонячних ($N_S \approx 0,175 \text{ кВт/м}^2$) [4] та вітрових ($N_W \approx 0,35 \text{ кВт/м}^2$) [5] енергетичних систем. Приваблюючими факторами використання даних видів енергій є те, що їх запаси практично невичерпні та екологічно чисті і не викликають парникового ефекту.

Однак енергетичні можливості гідрохвильових систем остаточно не визначені, тому вирішення даної задачі є актуальним і важливим для їх майбутнього розвитку.

Аналіз стану проблеми, мета і задачі досліджень. Не зважаючи на найбільший енергетичний потенціал, широкого впровадження гідрохвильова енергетика не отримала, а в роботі [4] для суден вона визначена, як недоступна. Обумовлено це тим, що використовувані в сьогодення гідрохвильові електростанції дуже пошкоджуються в шторм сильними хвилями, а при збільшенні їх міцності – втрачають чутливість до хвиль малих розмірів, частка яких у загальному річному балансі хвиль є значно, особливо у південних морях і акваторіях океану.

Однак вказані недоліки усувають – патент [6] та заявки на патенти [7, 8] на винаходи Російської Федерації, в яких створені прибережні гідрохвильові електростанції принципово нового типу – маятникового. За умовами їх створення і удосконалення, дані системи можна поділити на виконання 1-го [6], 2-го і 3-го [7], та 4-го [8] поколінь. Оскільки в роботах [1 – 3] оцінка можливостей гідрохвильових систем 1-го, 2-го і 3-го поколінь аналізувалася, тому головною метою виконуваної роботи є визначення енергетичного потенціалу гідрохвильових систем 4-го покоління і порівняння його з енергетичним потенціалом гідрохвильових систем 3-го покоління. Науковою новизною даної роботи є результати цього аналізу і визначення найбільш перспективних виконань прибережних гідрохвильових електростанцій та умов їх експлуатації. Вирішення даних задач має велике теоретичне і практичне значення, оскільки саме даний вид енергетики може бути головним видом розвитку енергетики майбутнього [9].

Аналіз гідрохвильових енергетичних установок 3-го покоління. У порівнянні з відомими гідрохвильовими електричними станціями, серед яких доведеними до практичного використання були «качки» Солтера, контурні плоти Коккерелля [10] та «Колумбійські пташки» [11], пропонувані електростанції маятникового типу [6–8], мають суттєві переваги:

1) Усі перетворювачі енергії хвиль маятникового типу розташовані всередині корпусу плаваючого засобу понтонного, або корабельного типу, тому не мають прямого контакту з хвилями і не можуть ними руйнуватися або пошкоджуватися.

2) Плаваючий засіб понтонного або корабельного типу найбільш пристосований для сприйняття хвиль, що усуває можливість його пошкодження хвилями при

раціональній експлуатації і відведенні станції в сильний шторм в захищений від хвиль порт, або бухту.

3) Використовуються вже розроблені секції понтонного, або корабельного типу, що спрощує їх проектування і виготовлення і дозволяє підняти зайнятість в уже існуючій суднобудівельній промисловості.

4) Використовуються вже існуючі електрогенератори, що спрощує їх проектування і виготовлення і дозволяє підняти зайнятість в електромашинобудівельній промисловості.

Гідрохвильові електрогенератори маятникового типу 3-го покоління є розвитком попередніх їх поколінь, у яких енергетичний потенціал збільшений за рахунок збільшення радіусу гойдання r_k і установки додаткової маси m в системі гойдання.

Установка гідрохвильових електрогенераторів маятникового типу 3-го покоління на плавучій прибережній станції, показана на рис. 1. При цьому генератори 1 і 3 та їх шестерні, разом з вантажами 2 і 4, підвішені на стрижнях з можливістю їх вільного коливання на поперечних осях, встановлених на опорних стійках. Вільне підвішування вантажу забезпечує йому стійку орієнтацію до центру Землі під час коливання корпусу судна хвилями і вітром, тому шестерні валів роторів генераторів, які введені в зачеплення з закріпленими на стійках зубчастими секторами, починають обертатися, а генератор – виробляти електричний струм.

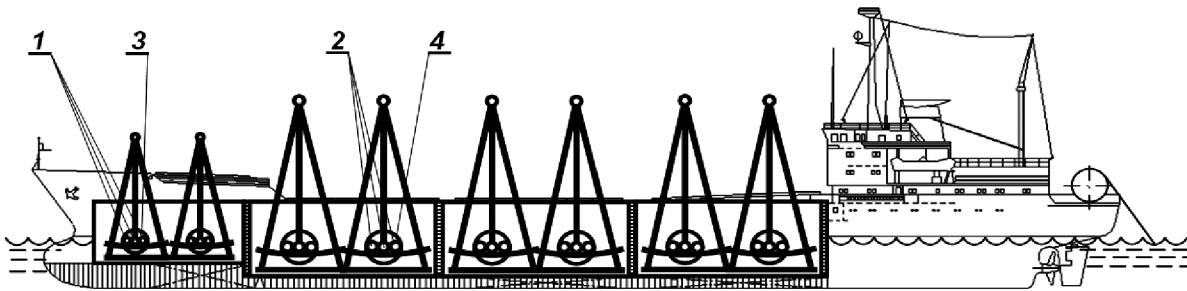


Рисунок 1 – Компонувачна схема гідрохвильової електростанції 3-го покоління

Не зважаючи на те, що чутливість корпусу плавучої гідрохвильової електростанції до бортової хитаючи вища, ніж до кильової, але його утримання на якорях – краще носом до фронту підходу хвиль, тому приймаємо осьову установку коливальних систем. Для кращої чутливості до хвиль висотою 0,5 – 5 м, приймаємо довжину корпусу $L_k = 70$ м, ширину $B_k = 16$ м, висоту $h_k = 9$ м, осад $h_o = 3$ м, висоту надводної частини борту – 6 м. При цьому можуть використовуватися укорочені корпуси вже існуючих суден типу ріка-море, у яких середня частина корпусних секцій вилучена. Водотоннажність такого корпусу – близька до 3 тис. т., вантажопідйомність – до 2,2 тис. т., що при відрахуванні маси опорних стійок і осей для підвісу в 200 т, складе сумарну корисну масу вантажів $\sum m = 2$ тис. т.

Сумарна потенційна енергія $\sum E_p$ вантажів сумарною масою $\sum m$ при її підйманні і опусканні на висоту h_k , залежить від радіусу r_k гойдання і кута $\pm \alpha$ нахилу хвилями корпусу плаваючого засобу, в рамках залежності:

$$\sum E = \sum mgr_k [1 - \cos(\pm \alpha)] = 9,8 \cdot mr_k [1 - \cos(\pm \alpha)], \text{ (Дж)}. \quad (1)$$

де g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8$ м/с.

Сумарна потужність $\sum N_p$ системи залежить від частоти коливань морських хвиль, або їх періоду τ_o , за який маятникові системи вантажів зроблять один підйом і одне опускання на висоту h_k , виконуючи сумарну роботу, що дорівнює величині $2\sum E_p$, в рамках залежності (2):

$$\sum N_p = \frac{2\sum E_p}{\tau_o} \text{ (кВт)}. \quad (2)$$

З урахуванням сумарного к.п.д. електрогенераторів і зубчастих передач в межах 75%, отримаємо:

$$\Sigma N_p' = 0,75 \frac{2\Sigma E_p}{\tau_\theta} = 14,7 \frac{\Sigma mr_k [1 - \cos(\pm\alpha)]}{\tau_\theta} \text{ (кВт)}. \quad (3)$$

При висоті хвиль h_θ і обраних розмірах корпусу станції, кути $\pm\alpha$ його осьової хитавиці складуть величину (1):

$$\pm\alpha = \pm \arcsin \frac{2h_\theta}{L_k} \quad (4)$$

Прийmemo радіус гойдання центру мас вантажів $r_k = 30$ м, що для гідрохвильових станцій 3-го покоління веде до перевищення їх опорних стійок над бортом на висоту 25 м, яка допустима для даної конструкції електростанцій.

Результати розрахунку параметрів морських хвиль в діапазоні 0,5...5 м і потужностей запропонованої гідрохвильової електростанції 3-го покоління наведені в таблиці.

Розробка і аналіз гідрохвильових енергетичних установок 4-го покоління. Недоліками гідрохвильових електрогенераторів 3-го покоління є:

1) Наявність важконавантаженої осі для підвісу генераторів і високих опорних стійок.

2) Формування енергетичного потенціалу за рахунок підйому центру мас на висоту h_x , яка залежить від радіусу r_k між центром підвісу і центром маси m , та від кута $\pm\alpha$ хитавиці корпусу електростанції хвилями, що при максимальних безпечних для хитавиці кутах $\alpha \pm 15^\circ$ складає незначну величину $h_x < 3,5\%$ від величини радіусу r (5):

$$h_x = r_k [1 - \cos(\pm\alpha)] = r_k [1 - \cos(\pm 15^\circ)] = 0,034 r_k \quad (5)$$

3) Використання зубчатих секторів великих розмірів і складність їх монтажу для зубчатих зачеплень на різних незв'язаних між собою опорних поверхнях і пристроях.

4) Висока ймовірність поломок зубів передач при різких ударах хвиль об корпус.

Усунення вказаних недоліків забезпечене в гідрохвильовому генераторі 4-го покоління за заявкою на винахід Російської Федерації №2014103002 від 28.01.14 [8].

Запропоновані плавучі прибережні гідрохвильові електростанції показані на рис.2.

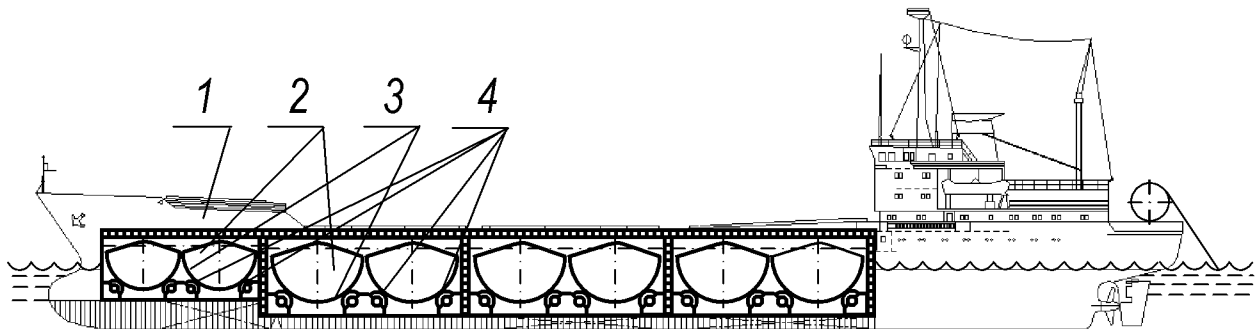


Рисунок 2 – Плавуча прибережна гідрохвильова електростанція 4-го покоління за заявкою на патент Російської Федерації № 2014103002 [8]

В корпусі 1, в трюмах якого вантажі 2, що коливаються, своєю дуговою основою 3 встановлені на поворотні опорні ролики 4, які розміщені на днищевій секції, а трюми розділені поперечними перегородками, які накриті палубними кришками, що на відміну від гідрохвильової електростанції 3-го покоління, забезпечують корпусу потрібну для роботи міцність, жорсткість і герметичність. Принципова схема даної установки показана на рис. 3.

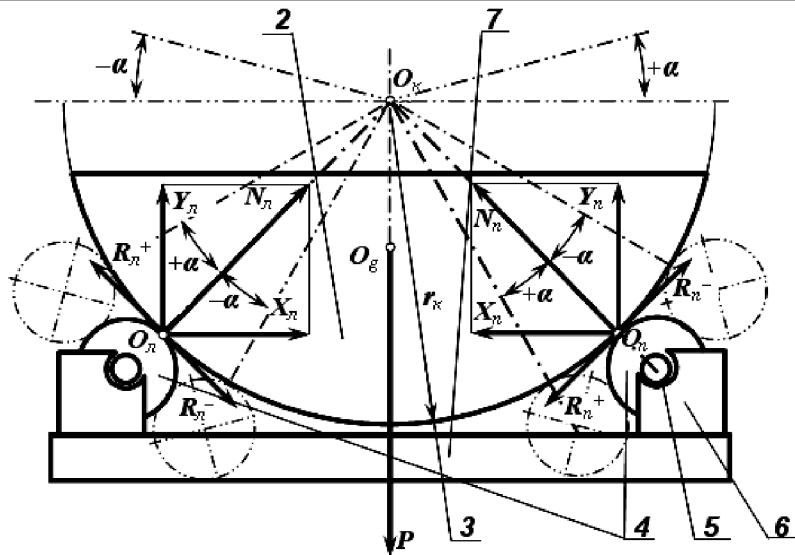


Рисунок 3 – Установка сектора вантажу на опорні ролики і схема дії сил в гідрохвильовій енергетичній установці 4-го покоління за заявкою на патент на винахід РФ №.2014103002 [8]

Вантаж 2 з дуговою основою 3 у формі сектора або сегменту циліндра радіусу r_k , має горизонтальну вісь коливання O_g і вільно встановлений на опорні ролики 4, шипи 5 яких введені з можливістю вільного кругового руху в половинки опорних підшипників ковзання 6, закріплених на основі 7, що забезпечує вантажу, за рахунок інерції маси і тертя кочення з роликами, стійку горизонтальну установку і вертикальну орієнтацію ваги P до центру Землі при будь-якому кутовому положенні $\pm\alpha$ корпусу судна. При цьому центр O_g маси вантажу суміщений з вертикальною віссю, яка проходить через вісь O_k , його коливання, суміщену з центром кривизни дугової основи 3, а вага P вантажу розподілена між правим (п) і лівим (л) опорними роликами з відповідними реакціями опор R_n, R_l , які розкладаються на праву і ліву вертикальну $Y_{n(l)}$ і горизонтальну $X_{n(l)}$ складові сили, що утворюють в правій і лівій зонах контакту $O_{n(l)}$ окружні сили $T_{n(l)}^+, T_{n(l)}^-$, які діють за рухом (+) або проти руху (-) годинникової стрілки і обертають опорні ролики. Далі їх обертання через систему зубчастих коліс і реверсивних обгінних муфт передається валу шестерні ротора електрогенератора. Вантажі виконані із залізобетону, з металевим обідками на поверхнях контакту з опорними роликами.

При установці дугових вантажів сумарною масою $\sum m$ на ліві і праві опорні ролики, що розташовані до них під кутом 45° , сумарні сили $\sum R_{n(l)}$ згідно схеми, показаної на рис. 3, складуть величину (6):

$$\sum R_{n(l)} = \frac{2 \sum mg}{2 \times \cos 45^\circ} = 13,84 \sum m \text{ (Н)}, \quad (6)$$

При таких силах $\sum R_{n(l)}$, радіусі дуги r_k і кутах гойдання $\pm\alpha$, створюваний сумарними окружними силами $\sum T_{n(l)}^\pm$ окружний момент є сумарним енергетичним потенціалом $\sum E_p$ обертання пар опорних роликів, який складе величину (7):

$$\sum E_p = \sum R_{n(l)} r_k \frac{\pm \alpha \pi}{180^\circ} = 13,84 \sum m r_k \frac{3,14(\pm\alpha)}{180^\circ} = 0,24 \sum m r_k (\pm\alpha) \quad (7)$$

Сумарна потужність $\sum N_p$ системи розраховується по залежностям (2)...(4). Результати розрахунку приведені в табл. 1

Таблиця 1 – Енергетичний потенціал і потужність гідрохвильових електростанцій 3-4-го покоління на базі корпусу судна довжиною 70 м, шириною 16 м, осадом 3 м і вантажем 2000 т.

Параметр	Формула для розрахунку	Висота хвиль h_w , м					
		0,5	1	2	3	4	5
Довжина хвилі: λ , м	$\lambda = \sqrt[3]{\left(\frac{h_w}{0,17}\right)^4}$	4,21	10,6	26,8	45,9	67,4	90,8
Період руху хвилі: τ , с	$\tau = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}} \approx 0,8\sqrt{\lambda}$	1,64	2,61	4,14	5,42	6,57	7,62
Кут нахилу корпусу хвилями: $\pm\alpha$, град.	$\pm\alpha = \pm \arcsin \frac{2h_w}{L_k}$	0,82	1,64	3,28	4,92	6,56	8,21
Енергетичні показники гідрохвильових електростанцій 3-го покоління							
Радіус коливання: r_k , (м)	Прийнятий конструктивно	30	30	30	30	30	30
Висота підйому центра маси вантажу: h_x , (м)	$h_x = r_k [1 - \cos(\pm\alpha)]$	0,003	0,012	0,049	0,111	0,196	0,308
Потенційна енергія хита-виці вантажів: ΣE_p (МДж)	$\Sigma E_p = \Sigma mgh_x$	0,060	0,240	0,962	2,166	3,857	6,937
Потужність, від хита-виці вантажів: ΣN_p (МВт)	$\Sigma N_p = \frac{2\Sigma E_p}{\tau_6}$	0,073	0,184	0,465	0,799	1,174	1,585
Енергетичні показники гідрохвильових електростанцій 4-го покоління							
Радіус коливання: r_k , (м)	Прийнятий конструктивно	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Сили дії вантажу на всіх роликах: $\Sigma R_{n(l)}$ (МН)	$\Sigma R_{n(l)} = \frac{\Sigma mg}{\cos 45^\circ}$	27,75	27,75	27,75	27,75	27,75	27,75
Потенційна енергія хита-виці вантажів: ΣE_p (МДж)	$\Sigma E_p = \Sigma R_{n(l)} r_k \frac{\pm\alpha\pi}{180^\circ}$	2,973	5,956	11,913	17,869	23,826	29,819
Потужність, від хита-виці вантажів: ΣN_p (МВт)	$\Sigma N_p = \frac{2\Sigma E_p}{\tau_6}$	3,626	4,564	5,755	6,594	7,253	7,826

Таким чином, по мірі збільшення кута нахилу $\pm\alpha$ і періоду коливання хвиль τ_6 , що відбувається при посиленні шторму, потенційна енергія ΣE_p зростає, але відносно її росту – приріст потужності ΣN_p зменшується.

Висновки. Енергетичні показники гідрохвильових електростанцій 4-го покоління значно перевищують показники гідрохвильових електростанцій 3-го покоління, особливо при невеликій висоті хвиль. Їх потужність досягає величини 3,6 – 7,8 МВт, що співрозмірно з потужністю сучасних вітрових енергетичних установок, які займають на суходолі площу $160 \times 16 \text{ м}^2$, що в 2,3 рази більші площі корпусу судна $70 \times 16 \text{ м}^2$, яке розташоване в морі.

Для здешевлення станцій, їх слід будувати на залізобетонному понтоні без власних двигунів, а відвід в порт, або бухту під час шторму, здійснювати буксиром. Можливість перевезення станції з місця на місце є додатковою перевагою, що дозволяє обирати найбільш ефективні ділянки моря і концентрувати потужності відповідно поточним потребам.

Впровадження даних систем не потребує великих затрат і може бути рекомендоване для всіх морських держав.

ЛІТЕРАТУРА

1. Настасенко В. О. Сучасна суднова гідрохвильова енергетика та її розвиток // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Т.2. –Херсон, ХДМА, 2013. – С. 126-132.
2. Настасенко В. О. Гідрохвильова енергетика та нові можливості підвищення її енергетичного потенціалу // Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування. Матеріали Всеукр. наук.-практич. конф. –Херсон, ХДМА, 2013. – С. 298-302.
3. Настасенко В.О., Перспективи розвитку гідрохвильових електростанцій та особливості охорони праці і безпеки їх експлуатації // Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. –Херсон, ХДМА, 2013. – №.2(9). – С.130-139.
4. Шурляк В. К. Применение альтернативных видов энергии и топлив на морских судах :Семинар – Сжиженный природный газ как альтернативное топливо для морских судов. – С-Петербург : ГМА им. Макарова, 2012. – 47 с.
5. Настасенко В.О. Сучасна суднова вітрова енергетика і особливості охорони праці та безпека її експлуатації // Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. –Херсон, ХДМА, 2013. – №.1(8). – С.119-130.
6. Патент Российской Федерации на изобретение № 2396673 Генератор электрического тока, его варианты и способы их установки. МПК H02K 19/00 Заявка № 2009100832/09 от 12.01.09. Авт. изобр. Настасенко В.А. //БИ № 22 от 10.08/2010.
7. Заявка на патент Российской Федерации на изобретение № 2012125508 от 19.06.12. Маятниковый гидроволновой генератор электрического тока. Авт. Настасенко В.А
8. Заявка на патент Российской Федерации на изобретение № 2014103002 от 28.01.14. Плавающая прибрежная гидроволновая электростанция. Авт. Настасенко В.А.
9. Настасенко В. О. Нова концепція розвитку суднових двигунів внутрішнього згорання // Науковий вісник ХДМІ : науковий журнал. – Херсон, ХДМІ, 2011. – №.1(4). – С. 52-66.
10. Вершинский Н.В. Энергия океана. –М. : Наука, 1986. – 152 с.
11. www.ansysolutionys.ru Adobe Reader -[ANSYS-Advatage-15-2011-AQWA.pdf
12. Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (курс лекций). –Л. : Изд-во Ленингр. ун-та. Кафедра теплоэнергетических систем, 2004. – 343 с.

ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ТА ВДОСКНАЛЕННЯ ОПОРНИХ ВУЗЛІВ СУДНОВИХ І ПРОМИСЛОВИХ КРАНІВ НА ОСНОВІ САМОМАСТИЛЬНИХ ПІДШИПНИКІВ З АНТИФРИКЦІЙНИМИ ВСТАВКАМИ

Настасенко В.О., Проценко В.О., Клементьєва О.Ю.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Актуальність. Підвищення безвідмовності кранового обладнання є важливим завданням для сучасної промисловості. Це пояснюється інтенсифікацією транспортно-перевантажувальних робіт на судах і в портах, технологічних процесів на виробництві, перевезень на транспорті.

Відмови підшипників є одною з найбільш поширених причин порушення працездатності кранів у всіх галузях транспорту та промисловості [1]. Ці відмови, як правило, спричинені нерівномірним навантаженням підшипників з різних причин, зміною властивостей мастильних матеріалів та нерівномірністю їх подачі/заміни в підшипникових вузлах. Характерними прикладами є руйнування підшипників ходових коліс сталерозливних кранів [2] (рис. 1), руйнування підшипників канатних блоків та шпор стріл суднових палубних кранів. З огляду на вищенаведене, вдосконалення опорних вузлів кранового обладнання для підвищення його безвідмовності є актуальним завданням.



а)



б)

Рисунок 1 – Коксування мастильного матеріалу (а) та руйнування сепаратора і роликів підшипника 3632 ходового колеса сталерозливочного крану



Рисунок 2 – Зруйнований роликівий підшипник канатного блока суднового палубного крану NMF DKII



Рисунок 3 – Зруйнований підшипник ковзання шпора стріли суднового палубного крану Hagglunds

Постановка задачі. При ідеальних умовах роботи підшипники можуть безперервно експлуатуватися на протязі багатьох років, однак кранові підшипники кочення і ковзання ніколи не реалізують своїх можливостей з точки зору ресурсу. Загальні

причини цього були названі вище. Більш детальний аналіз показує, що більше 50% кранових підшипників виходять з ладу через проблеми мащення [3]. Руйнуванню піддаються в основному сепаратори підшипників кочення (як більш слабкі) з наступним руйнуванням тіл кочення та кілець. Очевидно, що основними напрямками вдосконалення кранових опорних вузлів можна визначити:

1. Створення підшипників із зменшеною кількістю складових елементів (для підвищення безвідмовності підшипника в цілому);
2. Удосконалення системи мащення існуючих підшипників (для забезпечення їх довговічності).

Другий напрям реалізується запровадженням системи централізованого мащення, наприклад, для порталних кранів це пропонується у [3]. Такий захід є джерелом додаткового ускладнення конструкції крана і потребує високої культури виробництва та обслуговування кранів.

Перший напрям для підшипників кочення реалізувати складно, для підшипників ковзання він втрачає сенс.

Слід відзначити, що кранові підшипники працюють в умовах високих навантажень та малих швидкостей, нехарактерних для підшипників інших машин. Нескладні розрахунки дозволили скласти порівняльну таблицю 1. В ній для підшипників кочення вказані колові швидкості по центру тіл кочення, для підшипників ковзання – швидкість ковзання.

Таблиця 1 – Колові швидкості у деяких кранових підшипниках

<i>Найменування крана</i>	<i>Місце установки підшипника</i>	<i>Тип підшипника</i>	<i>Швидкість, м/с</i>
Судновий електрогідравлічний КЕГ 12018	Опора блока шкентеля	Кочення	0,36
	Шпор стріли	Ковзання	0,08
Кран мостовий (в/п 5 т)	Опора ходового колеса (механізм пересування візка)	Кочення	0,9
Кран баштовий КБ-25	Опора барабана вантажної лебідки	Кочення	0,25

Невеликі швидкості не дають можливості розглядати заміну підшипників кочення експлуатованих кранів на підшипники ковзання, оскільки останні в цьому випадку повинні бути гідростатичними. Але ця ж обставина робить можливим розгляд для застосування у кранових опорних вузлах підшипників сухого тертя на основі самомастильних матеріалів. Таке рішення дозволить сумістити в собі обидва із вказаних напрямків удосконалення. Ці підшипники повинні бути взаємозамінними із базовими підшипниками кочення, характеризуватися достатніми антифрикційними властивостями, зносостійкістю, довговічністю та технологічністю.

Найбільш близькою до цих вимог є конструкція підшипника за патентом України №44497 [4] (рис. 4). Він містить внутрішнє 1 та зовнішнє 2 кільця, в одному з яких встановлені вставки зі спеціальної антифрикційної композиції, що спікається. Для складання підшипника у його зовнішньому кільці виконаний паз 4. Поряд зі своїми очевидними перевагами цей підшипник характеризується недоліками:

1. Антифрикційні вставки повинні виготовлятися окремо від кілець та запресовуватися в них.

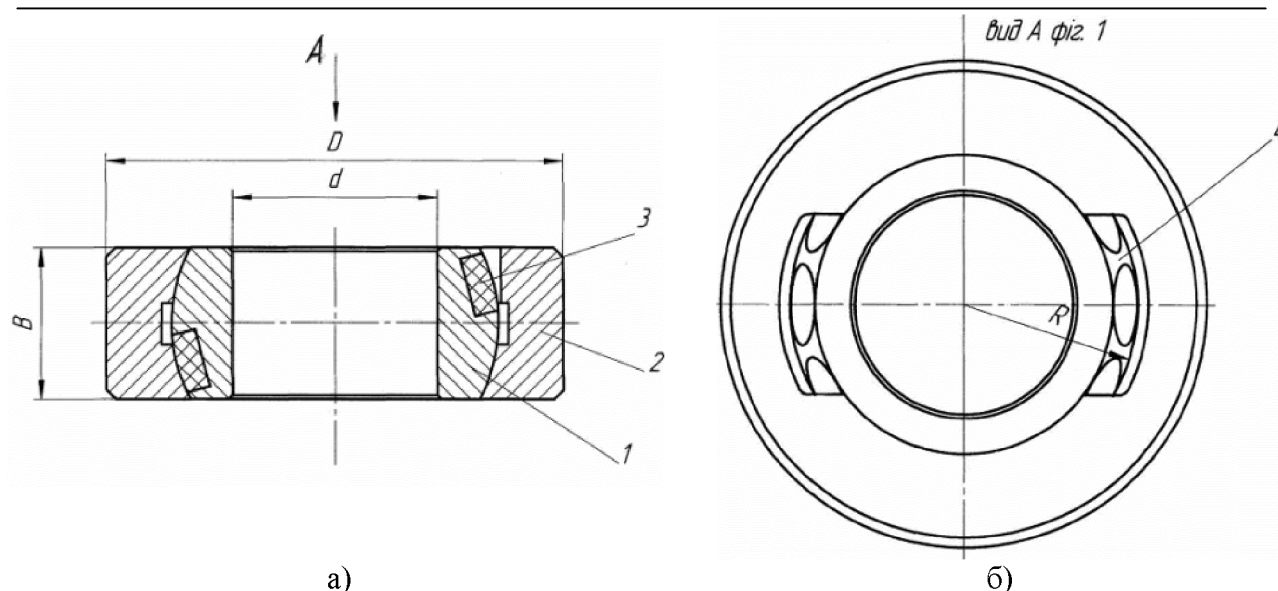


Рисунок 4 – Сферичний самомастильний підшипник за пат. 44497: розріз (а) та загальний вид (б)

2. Процес виготовлення вставок містить операції спікання суміші вихідних матеріалів, їх подрібнення та гарячого пресування при високому тиску (до 60 МПа).

3. Гнізда під вставки повинні після свердління оброблятися цекуванням для отримання плоского дна з метою уникнення розтріскування вставок.

Задачею даної роботи є пошук можливостей удосконалення описаного підшипника для подальших досліджень його характеристик і застосування в крановому обладнанні.

Пошук шляхів розв'язання задачі. Через недоліки відомої конструкції підшипника задача їх усунення носить матеріалознавчо-конструкторський характер.

Підвищити технологічність виготовлення кілець (уникнути цекування отворів) можна за рахунок використання кільця підшипника як матриці при формуванні вставок. Матеріал вставок при цьому повинен бути пастоподібним і піддаватися затвердненню всередині гнізд. Однак це накладає обмеження на режим термообробки матеріалу вставок разом з кільцем через необхідність виключення відпуску останнього.

Комплексного уникнення недоліків підшипників можна досягнути розробкою нового матеріалу для антифрикційних вставок. Перспективним є створення такого матеріалу на основі полімерних композитів, особливо враховуючи досягнення в цьому напрямку представників Української полімерної школи [5, 6].

Як показали виконані дослідження, найбільш перспективними є матеріали на основі епоксидних смол наповнені поліетиленом пластифікованим мінеральним мастилом, графітом, оксидами алюмінію та цинку.

Проектування і виготовлення вставок в гнізда кілець підшипників розпочинається з виготовлення прес-форм для деталей з полімерних композитів, тобто вибір обладнання, гніздності та положення деталей в формі, розрахунок виконавчих розмірів формуючих елементів матриць, визначення усадок. Після виготовлення прес-форм виготовляється дослідна партія полімерних деталей. Виготовлення дослідної партії має на меті отримання дослідних зразків для випробування та відпрацювання режимів литва, при яких відливки мають найбільш високі характеристики.

Технологічне забезпечення якості виготовлених деталей полягає в тому, що в пробних відливках знаходять ті з параметрів переробки композитного матеріалу в деталь, які забезпечують задані властивості.

Слід однак відзначити, що а працях авторів [5, 6] акцент поставлений на створення покриттів, від яких вимагається підвищена міцність (зсувна, згинальна та ін.), для матеріалів вставок, що знаходяться в гніздах кілець підшипників вимоги по цих показниках можуть бути знижені.

Висновки. При виготовленні вставок в гнізда кілець підшипників з полімерних композитів, можна досягнути виготовлення деталей за одну технологічну операцію литвом під тиском на термопластавтоматах з полімерних композитів, що кардинально зменшує трудомісткість виготовлення деталей машин.

При створенні нових антифрикційних матеріалів для вставок кранових самомастильних підшипників потрібно прагнути до досягнення наступних основних вимог:

1. Температура затверднення композиції повинна бути меншою температури відпуску сталі кільця;
2. Мінімальна температура плавлення низькоплавкого антифрикційного компонента;
3. Мінімальний коефіцієнт тертя при роботі та мінімальний «стоп-ефект»;
4. Мінімальний лінійний знос;
5. Зсувна міцність мастильної плівки повинна бути меншою ніж зсувна міцність матеріалу вставок;
6. Висока стійкість проти розтріскування;
7. Стійкість до атмосферних впливів.

Перспективним є використання в якості наповнювачів поширених матеріалів з відходів машинобудівної та переробної промисловості, а також застосування при формуванні вставок енергетичних полів з метою орієнтації матеріалів-наповнювачів біля поверхні вставки, що безпосередньо контактує з кільцем підшипника та утворює мастильну плівку.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мокин Д.Г. Разработка методики определения состояния буксовых узлов колесных пар тележек путеукладочного крана: автореферат дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: спец 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины / Д. Г. Мокин. – М. : МГТУ им. Баумана, 2009. – 18 с.
2. Седуш В.Я. Снижение ресурса подшипников ходовых колёс разливочных кранов при неравномерной нагрузке / В.Я. Седуш, В.М. Кравченко, В.А. Сидоров // Захист металургійних машин від поломок. – Маріуполь, 2008. – Вип. 10. – С. 181-186.
3. Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://irbis.ua>
4. Патент України № 44497 МПК F16C 33/30. Металовуглецевий самозмащувальний підшипник / А. М.Смутко, М. У.Смутко; заявник та патентовласник Херсонський національний технічний університет. – u200903023; заявл. 30.03.2009; опубл. 12.10.2009, Бюл № 19.
5. Стухляк П.Д. Эпоксидные композиты для защитных покрытий. – Тернопіль : Збруч, 1994. – 177 с.
6. Савчук П.П. Розробка композиційних антифрикційних матеріалів на основі епоксидних смол, неорганічних і органічних наповнювачів для динамічно навантажених вузлів тертя : автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.02.01 – матеріалознавство / П. П. Савчук. – Хмельницький, 1999. – 20 с.
7. Кипарский Г.Р. Судовые краны и лебедки (атлас конструкций) / Г.Р. Кипарский – Л. : Судостроение, 1978. – 84 с.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ СУДОВЫХ ПРОВИЗИОННЫХ КАМЕР

Ольшамовский В.С., Колиев И.Д.,
Одесская национальная морская академия
(Украина)

Основными достоинствами парокompрессорной холодильной установки, используемых для охлаждения провизионных камер, являются надежность и простота в эксплуатации, достаточно высокий КПД, возможность легко контролировать и регулировать рабочие параметры, возможность получения низких температур в широком диапазоне. Работа холодильных машин основана на отводе теплоты от охлаждаемого объекта за счёт кипения холодильного агента в охлаждающем устройстве – испарителе или воздухоохладителе, отборе образовавшихся паров и поддержании заданного давления насыщения холодильного агента в охлаждающем устройстве компрессором, сжатии паров холодильного агента компрессором и поддержании высокого давления в конденсаторе, необходимого для отвода тепла от парообразного холодильного агента с последующей его конденсацией и дросселировании жидкого холодильного агента в охлаждающее устройство.

Чтобы обеспечить охлаждение при достаточно низких температурах, кипение рабочего вещества в испарителе должно протекать при температуре ниже температуры охлаждаемого объекта.

Для поддержания температуры кипения, обычно в пределах $10 \div 30^{\circ}\text{C}$, которая определяется температурой охлаждаемого объекта, понижают давление над кипящим рабочим веществом и поддерживают его на определённом уровне с помощью компрессора, непрерывно отсасывающего пар рабочего вещества из охлаждающего устройства. Испаритель холодильной машины должен постоянно пополняться жидким холодильным агентом. Для этого пар холодильного агента сжимается компрессором до давления насыщения, соответствующего температуре насыщения на $8 - 15^{\circ}\text{C}$ выше температуры охлаждающей среды (воды или воздуха) и направляется в конденсатор.

Эффективность работы охлаждающих устройств холодильных установок определяется степенью заполнения кипящим холодильным агентом. О степени заполнения охлаждающих устройств судят по перегреву холодильного агента, выходящего из него. Под перегревом понимают разность температур между температурой холодильного агента, выходящего из охлаждающего устройства и температурой кипения в нём.

В схемах, где испарившийся холодильный агент попадает из охлаждающего устройства прямо в компрессор, нельзя поддерживать 100% заполнение, так как из-за неточности регулирования или резкого увеличения тепловой нагрузки компрессор может поступать парожидкостная смесь, ухудшая работу его системы смазки, создавая угрозу работы влажным ходом и снижая холодопроизводительность компрессора. При попадании большого количества жидкого холодильного агента в компрессор ухудшается работа системы смазки компрессора и возможен гидравлический удар. Среднее значение перегрева пара в охлаждающих устройствах составляет от 5 до 15°C . Поддержание таких значений перегрева пара с одной стороны требуется для нормальной работы механических терморегулирующих вентилей, широко используемых в настоящее время на судовых холодильных установках. С другой стороны такой перегрев приводит к снижению активной поверхности охлаждающих устройств, что в свою очередь требует увеличения общей поверхности охлаждающих устройств или снижения температуры кипения холодильного агента. Снижение температуры кипения холодильного агента на 1°C приводит к увеличению потребляемой энергии установкой $1,5 \div 2\%$.

Для улучшения эксплуатационных условий обслуживания холодильных установок и уменьшения необратимых потерь приросселировании холодильного агента в регулирующем вентиле, в схемах установок предусматривают рекуперативные теплообменники. В качестве примера на рис. 1 приведена схема холодильной установки провизионных камер судна MSCJAPAN.

Установленный теплообменник понижает температуру жидкого холодильного агента перед ТРВ, что приводит к увеличению удельной холодопроизводительности холодильного агента, повышает температуру пара, поступающего в компрессор. Небольшое повышение температуры пара улучшает энергетические показатели фреоновых компрессоров:

- увеличивается объёмный коэффициент подачи компрессора;
- в масле, возвращаемом в компрессор, уменьшается количество растворённого фреона.

Существующая установка работает на фреоне 22. Схемой установки предусмотрено использование одного общего РТО. Крепление термобаллонов терморегулирующих вентилей осуществляется на всасывающем трубопроводе непосредственно на выходе из воздухоохладителя.

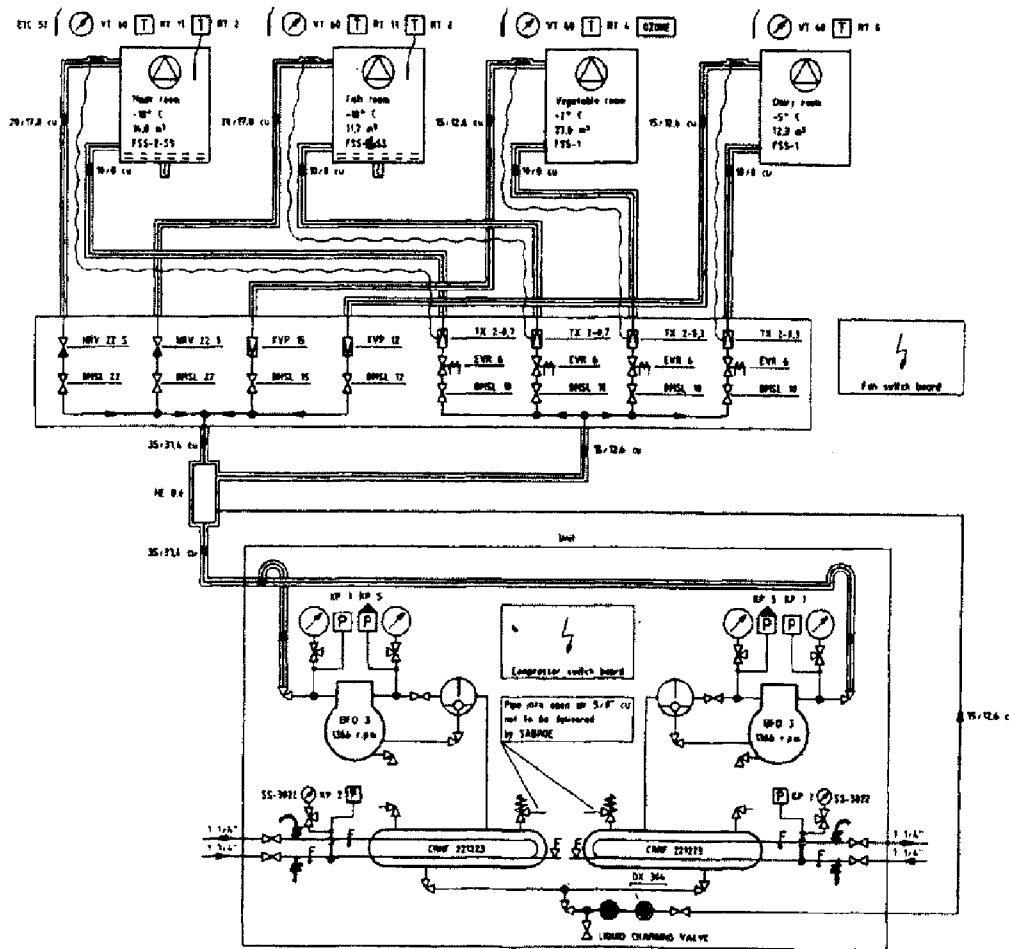


Рисунок 1 – Принципиальная схема холодильной установки судна MSCJAPAN

Мы предлагаем модернизировать подобные схемы. Вместо одного рекуперативного теплообменника (РТО) установить для каждой холодильной камеры свой РТО, что позволит эффективнее использовать поверхность охлаждающего прибора за счёт более полного заполнения охлаждающего устройства жидким кипящим холодильным агентом, уменьшить перегрев пара в охлаждающем устройстве. Перегрев пара

осуществляют в РТО. Термобаллон ТРВ необходимо закрепить к паровому трубопроводу, выходящему из РТО. Эти мероприятия позволяют упростить настройку ТРВ, уменьшить его инерционность, поддерживать заданную температуру в охлаждаемом объекте с меньшими колебаниями, что в конечном итоге улучшит условия эксплуатации холодильной установки в целом и снизит энергетические затраты.

Принципиальная схема модернизированной холодильной установки приведена на рис. 2.

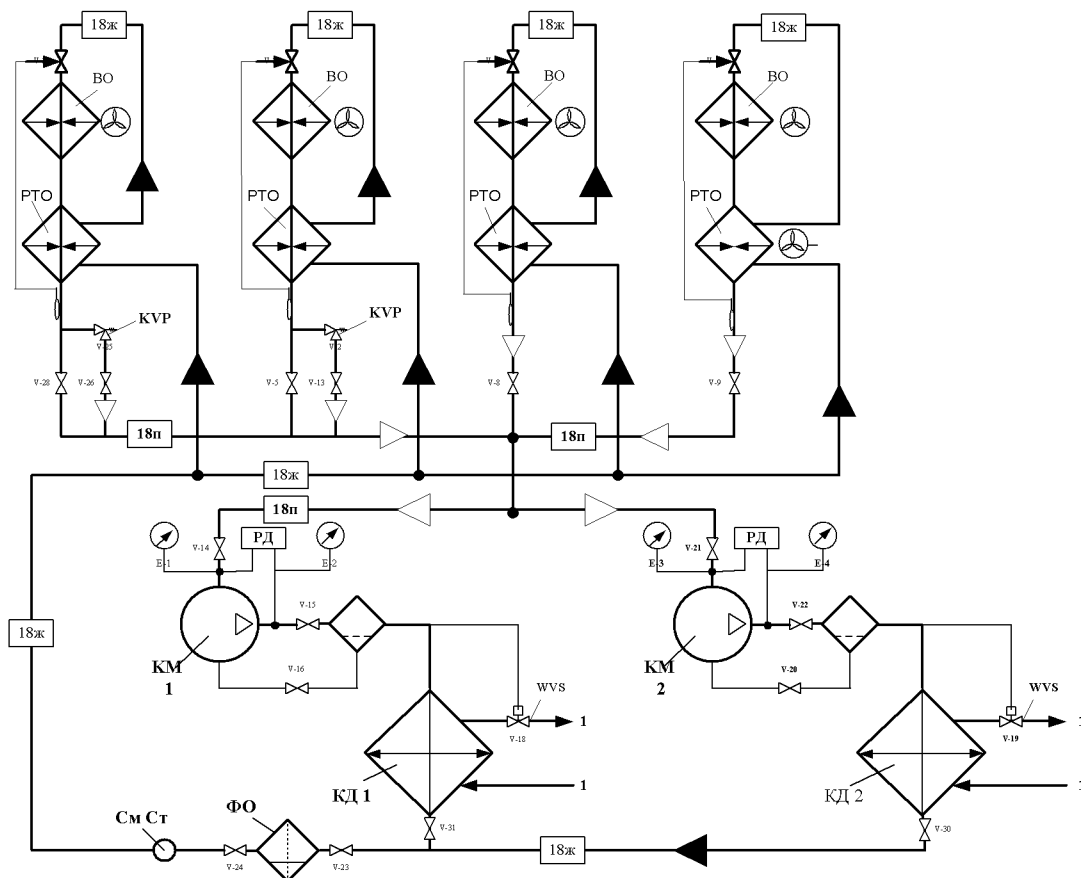


Рисунок 2 – Усовершенствованная схема холодильной установки провизионных камер

ЛИТЕРАТУРА

1. Ольшамовский В.С., Гоголь М.И. Смігельский В.А. Экономия энергии при эксплуатации холодильных установок супермаркетов» «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці // Збірник наукових праць Міжнародної науково-технічної конференції. Миколаїв, 2010.
2. Ольшамовський В.С., Гоголь Н.И. Шлях зменшення енергоспоживання холодильним устаткуванням // Обладнання та технології харчових виробництв : тематич. зб. наук. Праць. – Вип. 29. – Донецьк : ДНУЕІТ ім. М. Туга Барановського, 2012.
3. Ольшамовський В. С., Дворницин А.П. Энергосберегающие холодильные технологии // Мясной бизнес : Ежемесячный научно-практический журнал. – К., 2012. – № 7 (113).
4. Колиев И. Д. Судовые холодильные установки : Учебное пособие. – Одесса : Феникс, 2009. – 264 с.

АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ІСНУЮЧИХ ТРАНШЕЄКОПАЧІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Тетерятник О.А.

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. В Україні за останнє десятиріччя спостерігається зростання обсягів будівництва, що вимагає якісно нового рівня у капітальному будівництві, докорінного покращення якості робіт на об'єктах, що споруджуються та реконструюються, підвищення ефективності розробки ґрунту.

Капітальне будівництво потребує прокладки різноманітних комунікацій, проведення робіт за нульовим циклом, зв'язаних з розробкою ґрунту, руйнуванням асфальтового покриття. В сучасній будівельній промисловості поряд із зведенням нових споруд необхідно здійснювати значний об'єм реконструкцій промислових і цивільних об'єктів за різноманітних умов: у стиснених міських умовах, у зонах скельних і важких ґрунтів, проводити розбирання міцних покриттів (в тому числі і за аварійних ситуацій) і таке інше. Часом стислі терміни введення об'єктів будівництва в експлуатацію примушують йти на подорожчання робіт, проводити їх у зимовий період.

Для ведення цих робіт створені і використовуються різноманітні технічні засоби, в тому числі машини з ланцюговими ріжучими органами. Так, наприклад, при вирізуванні блоків каменя використовуються здебільшого вузько-щілинорізні машини на рейковому ході, а для розробки твердого та мерзлого ґрунту – машини з широкими ланцюговими ріжучими органами [1 – 4]. Швидкість екскавації матеріалу із траншеї за допомогою траншеєкопача може бути у 6 разів вище за швидкості, що забезпечує одноківшевий екскаватор. Траншейні безківшеві екскаватори використовуються для земляних робіт, що ведуться на відкритому просторі. Вони руйнують та виносять ґрунт на поверхню, прорізаючи в породі щілину, яку можна використати для прокладки інженерних комунікацій. Більш того, траншеєкопач робить траншею чистою, вже повністю готовою під технологічні комунікації. Ґрунт, що витягається траншеєкопачем на відміну від одноківшевого екскаватора має однорідну за розмірами частинок структуру і може бути використаний для зворотного засипання. Траншеєкопач мінімізує обсяг матеріалу, що витягається і пов'язані з цим енергозатрати. Траншея може бути прокладена з високою точністю, а застосування лазерних систем управління дозволяє досягати найвищого рівня.

Ці переваги забезпечують високу продуктивність і рентабельність спеціалізованих траншеєкопачів.

Мета і постановка задачі. Взаємодія безківшевого ланцюгового виконавчого органа з твердим та мерзлим ґрунтом при вирізуванні траншеї характеризується тим, що ріжуче-транспортуючі елементи водночас з розпушенням ґрунту транспортують його із траншеї.

Винесений на поверхню ґрунт осипається у зазори між виконавчим органом і боковими стінками траншеї, зтягається до неї холостою гілкою ріжучого ланцюга і накопичується у нижній частині виконавчого органа між ріжуче-транспортуючими елементами. Ущільнюючись, він ускладнює доступ різців до вибою, при цьому збільшується як зусилля подачі, так і зусилля протягування ріжучого ланцюга.

Для підвищення ефективності роботи ріжуче-транспортуючих елементів необхідно зменшити кількість ґрунту, що осипається з верхньої поверхні траншеї шляхом віддалення винесеного ґрунту від виконавчого органа. Це, в свою чергу, дозволить виключити підпресування ґрунту та забезпечити задану продуктивність траншеєкопача при нарізанні траншеї.

У зв'язку з викладеним, дослідження, що направлені на вдосконалення засобів та методів віддалення зруйнованого ґрунту від виконавчого органа, є актуальними.

Метою є створення нових робочих органів динамічної дії, енергоємність робочого процесу яких буде меншою і які будуть позбавлені недоліків раніше розроблених конструкцій.

Аналіз конструктивних схем існуючих траншеєкопачів та перспективи їх розвитку. Необхідність встановлення того чи іншого типу ґрунтоприбирача на безківшевому ланцюговому траншеєкопачу зумовлена технологічним призначенням траншеї, що прорізується. В залежності від цього ґрунт, що виймається, або розміщується з одного або двох боків траншеї, або розрівнюється по поверхні ґрунту. Відповідно до цього на траншеєкопачах встановлюються різноманітного типу ґрунтоприбирачі.

Стрічковий транспортер є найбільш доцільним видом ґрунтоприбирача зважаючи на такі безсумнівні свої переваги, як низька енергоємність транспортування, можливість достатньо просто змінювати дальність переміщення ґрунту, простота конструкції.

Однак стрічкові транспортери досі не отримали розповсюдження як ґрунтоприбирачі безкішшевих ланцюгових траншеєкопачів, призначені для розробки твердих та мерзлих ґрунтів, в результаті неможливості застосування для відсіпання ґрунту із його розрівнюванням по поверхні.

Основною ж причиною, що обмежує застосування стрічкових ґрунтоприбирачів, є складність їхнього використання на безкішшевих ланцюгових траншеєкопачах, що створюються, як правило, на базі тракторів. У випадку застосування стрічкового ґрунтоприбирача невиправдано ускладнюється все навісне обладнання: необхідно істотно змінювати конструкцію редуктора приводу робочого органу траншеєкопача для розміщення транспортера і його приводу, встановлювати бункер для ґрунту та штучний жолоб для підйому ґрунту з поверхні ґрунту до бункера.

Стрічкові ґрунтоприбирачі, певно, знайдуть застосування у випадку створення повністю оригінальних конструкцій безкішшевих ланцюгових траншеєкопачів. Підтвердженням цьому є широке використання стрічкових ґрунтоприбирачів на роторних траншейних екскаваторах, що застосовуються для розробки ґрунтів.

Метальні ґрунтоприбирачі з ротаційними робочими органами та робочими органами, що коливаються, також досі не знайшли застосування на безкішшевих ланцюгових траншеєкопачах, хоча і є оригінальні розробки та були спроби їхнього використання [5].

Випробування метального ґрунтоприбирача з маятниковим транспортуючим органом, який було встановлено на траншеєкопачі (на базі трактора Т-100) показали, що він має малу транспортуючу спроможність, а значні навантаження на робочий орган, що коливається, приводять до його поломок.

Ротаційний металник може або прибирати, або розкидати ґрунт по площі на великі відстані від траншеї. Але для ефективної його роботи ґрунт необхідно орієнтовано подавати від робочого органу траншеєкопача до лопаток ротора. В іншому випадку невеликий за розмірами ротор металник не може чисто прибрати ґрунт, який, звичайно, розсипається на значній площі попереду робочого органу траншеєкопача.

До числа інших недоліків, що стали перешкодою до застосування таких ґрунтоприбирачів можна віднести їх відносну складність, швидке зношування частин (що стикаються з ґрунтом) та достатньо високу енергоємність, необхідну для транспортування ґрунту.

Шнекові ґрунтоприбирачі знайшли найбільше застосування на існуючих безкішшевих ланцюгових траншеєкопачах внаслідок простоти, як виготовлення, так і обслуговування в процесі експлуатації. Гвинтові транспортери для подачі вилученого із траншеї матеріалу в зону зворотного засипання знайшли застосування в траншеєкопачах як зарубіжних виробників Case, Vermeer, Ditch Witch, Wolfe, HYDRAMAXX, так і вітчизняних.

Поряд із перевагами шнекові ґрунтоприбирачі мають і ряд недоліків. З метою виключення поломок при роботі траншеєкопача на нерівній поверхні шнеки

грунтоприбирача розташовують на певній висоті від поверхні ґрунту, у зв'язку з чим, ґрунт розрівнюється у достатньо товстий шар, з якого частина його осипається у траншею.

Шлях тертя гвинтової лопаті шнека в декілька разів більше за шлях переміщення ґрунту, тому при постійному контакті шнека з високоабразивним твердим чи мерзлим ґрунтом спостерігається висока інтенсивність його зношення.

Плужний ґрунтоприбирач пасивної дії видаляє ґрунт двома відвалами від бровки траншеї і формує у два бурти з кутами в основі поперечного перетину рівними куту природного відкосу [6].

Такий ґрунтоприбирач простий за конструкцією та не вимагає кваліфікованого догляду під час експлуатації.

Незважаючи на те, що плужні ґрунтоприбирачі конструктивно прості та забезпечують переміщення ґрунту з невеликими затратами потужності, застосування вони можуть знайти тільки на безківшевих ланцюгових траншеєкопачах, призначених для вирізування траншей малого поперечного перерізу.

Зумовлене це тим, що маса відвалів, що розміщуються на робочому органі траншеєкопача, росте пропорційно збільшенню параметрів траншеї. В свою чергу це викликає збільшення противаг для забезпечення стійкості машини і ваги машини в цілому.

Але головний недолік плужних ґрунтоприбирачів полягає в тому, що за їх допомогою ґрунт переміщується на незначну відстань від траншеї і є завадою при укладанні в траншею різноманітного типу комунікацій.

Скребокві ґрунтоприбирачі мають суттєві переваги перед іншими в тому, що можуть бути виконані з наявністю пристроїв для швидкого переходу з режиму буртування на режим планування ґрунту. Шлях тертя ковзання скребків не перевищує шлях транспортування ґрунту, що забезпечує відносно менше зношування скребків. До того ж їх можна покривати зносостійкими або змінними матеріалами (наприклад, гумовою стрічкою), що не призведе до суттєвого підвищення енергоємності транспортування.

Важливою особливістю роботи скребоквих ґрунтоприбирачів є те, що ґрунт безпосередньо не потрапляє на скребоквий ланцюг, а більша частина його укладається попереду і за процес роботи його робочий орган наче надходить на ґрунт, який утворює трикутну призму. Переміщення тіла волочіння відбувається по ґрунту винесеному попередньо.

Одним із перспективних напрямків розвитку траншейного обладнання є використання торцевих робочих органів, таких як пальцева та конусна фрези [7, 8]. Пальцева фреза дозволяє одночасно проводити роботи з розробки траншеї (в ґрунтах до IV категорії) та укладання кабелю, а конусна фреза поєднує в своїй конструкції декілька принципів динамічного руйнування ґрунтів, такі як вирізання елемента масиву без його повного руйнування, поєднання в одному робочому органі функцій руйнування та транспортування ґрунту та самообрушення ґрунту.

В останній час все частіше застосовують комбіновані методи руйнування ґрунтів, які становлять синтез основних методів, наприклад, термомеханічний, пневмомеханічний, гідромеханічний та інші. Комбіновані методи дозволяють використовувати переваги та компенсувати недоліки окремих методів, тому їх ефективність значно вище, ніж кожного окремо. Виходячи з цього, наступним кроком у розробці торцевих динамічних робочих органів типу „конусна фреза» є робочий орган, у конструкції якого передбачено газоімпульсний інтенсифікатор [9].

При дії навантаження від створеного газом імпульсу в вершинах тріщин та надрізів, створених різально-метальними елементами, виникають граничні напруги. Це призводить до швидкого зростання тріщин та виникнення розклинювального ефекту, що сприяє розпушенню ґрунту та його відриву під дією сил, що діють у напрямку відкритої поверхні масиву. Випускні отвори розташовані по концентричним колам різного діаметру таким чином, щоб у вертикальному перерізі вони знаходились на однаковій відстані від

концентричних кіл різально-метальних елементів, а в горизонтальному перерізі лінія випускних отворів випереджала лінію різально-метальних елементів на кут 45° . Це приводить до дії навантаження від імпульсу газу в проміжках між дією напруг, створених накладанням хвиль деформації в масиві при взаємодії з ґрунтом різально-метальних елементів. Все це дозволяє підвищити категорійність ґрунтів, які можуть розроблюватись конусною фрезою та зменшити можливість заклинювання робочого органа при наявності у ґрунті твердих включень.

Висновки. Проведене дослідження існуючих засобів винесення від траншеї ґрунту, показав істотні недоліки в існуючих конструкціях виконавчих органів траншеєкопачів. Це відбувається із-за різних умов роботи ґрунтоприбирачів внаслідок їх конструктивних особливостей та аналогічних транспортуючих машин.

На основі аналізу конструкцій засобів винесення ґрунту і їх роботи пропонується використовувати для цих цілей скребковий ґрунтоприбирач.

Водночас широке застосування скребкових ґрунтоприбирачів на траншеєкопачах обмежується як відносною складністю їхнього конструктивного виконання, так і відсутністю рекомендацій по їх розрахунку, проектуванню і експлуатації.

Також у статті наведено один з напрямків подальшого розвитку динамічних робочих органів. Подальший розвиток вищезгаданих робочих органів можливий як комбінація позитивних якостей та конструктивних елементів попередніх конструкцій робочих органів, або поєднання в одному робочому органі двох чи більше методів розробки ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Экскаватор траншейный цепной ЭТЦ-208А / С. Х. Вартанов, Р. Г. Исупов, В. С. Кобелев, В. Р. Малько, М. Ф. Коц // Строительные и дорожные машины, 1978. – № 12. – С. 4-6.
2. Двухбаровая машина / В. Д. Галай, Е. К. Сорокин, И. М. Искендеров // Строительные и дорожные машины, 1973. – № 8. – С. 19-21.
3. Гарифов В.С., Гармс А.Я. Новое оборудование экспериментального завода // Строительные и дорожные машины, 2004. – №6. – С. 43-46.
4. Юдин В.Г. Повышение качества модульных землерезных машин // Строительные и дорожные машины, 2004. – № 6. – С. 2-4.
5. А.с. 1089207 СССР, Кл. 2 E02F5/06. Режущий орган траншекопателя. Оpubл. 30.04.84, Бюл. № 16. – 2с.
6. А.с. 985196 СССР, М. Кл.2 E02F3/08. Рабочий орган траншекопателя. Оpubл. 30.12.82, Бюл. № 48. – 4с.
7. Зухба А. Г. Перспективы применения бестраншейных и траншейных технологий укладки линий связи в прочных грунтах // ГБДММ, Респ. межвід. наук.-техніч. зб. – К. : КДТУБА, 1997. – № 51. – С. 73-80
8. Патент України № 44563А. Рабочий орган землерийної машини // Фомін А. В., Костенюк О. О., Пелевін Л. Є., Рашківський В. П., Тетерятник О. А. – Оpubл. 15.02.2002. Бюл. № 2.
9. Патент України № 53381А. Конусна фреза землерийної машини // Баладінський В. Л., Фомін А. В., Костенюк О. О., Тетерятник О. А., Холоденко А. М. – Оpubл. 15.01.2003. Бюл. № 1.

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДЕЙДВУДНЫХ КАПРОЛОНОВЫХ ПОДШИПНИКОВ

Присянок В.В.

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

Постановка проблемы. При эксплуатации судна в дейдвудном устройстве возникают постоянные и переменные нагрузки под действием сил и моментов, передаваемых гребному валу от гребного винта, которые вызывают напряжения в дейдвудных подшипниках. В процессе эксплуатации меняется температура охлаждающей воды, возможно уменьшение расхода и давления смазывающее охлаждающей жидкости, в результате износа увеличивается зазор, всё эти факторы могут привести к повышению температуры либо давлений до критических параметров.

Опыт применения капролона в качестве материала для дейдвудных подшипников на водяной смазке показал удовлетворительные результаты работы по бронзовым и нержавеющей облицовкам [1]. Однако если в процессе эксплуатации в дейдвудном подшипнике (рисунок 1) температура превысит теплостойкость капролона, его несущая способность резко снижается.

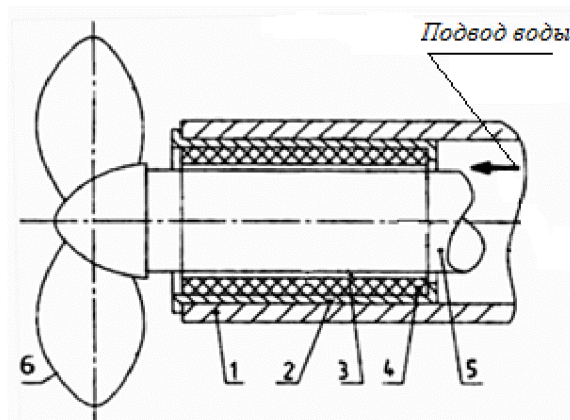


Рисунок 1 – Дейдвудное устройство с подшипником из капролона со смазкой и охлаждением водой: 1 – дейдвудная труба; 2 – втулка; 3 – смазывающая канавка; 4 – подшипник из капролона; 5 – вал; 6 – гребной винт

Актуальность исследования. Несмотря на широкое применение подшипников скольжения изготовленных их капролона в дейдвудных устройствах судов методика их тепловогорасчёта, на наш взгляд, недостаточно освещена и не позволяет определить влияние эксплуатационных параметров на работоспособность ответственного узла судна.

Цель работы - разработка методики расчёта температурных показателей дейдвудных подшипников из капролона с целью определения критических эксплуатационных параметров.

Изложение материала исследования. Гидродинамическую грузоподъёмность дейдвудного подшипника можно определить по аналогии с радиальным подшипником скольжения работающем в масляном слое [2]:

$$R = \frac{\mu \cdot \omega}{\psi^2} \cdot l \cdot d \cdot C_R, \text{ Н} \quad (1)$$

где l – длина подшипника; C_R – коэффициент напряжённости, являющийся безразмерной функцией положения гребного вала в подшипнике и границ зоны несущего слоя смазки, зависящей также от отношения l/d и угла обхвата вала подшипником и наличием смазывающих канавок.

С учётом специфики работы подшипников из термопластичного материала (менее чувствительны к нарушению смазки [3]) определяющим фактором работоспособности подшипника является температурный режим, который не должен превышать теплостойкость материала.

Температуру капролонового дейдвудного подшипника с водяной смазкой и охлаждением можно определить на основе составления теплового баланса теплообразования в подшипнике и теплоотдаче. Полученную температуру сравниваем с предельно допустимой температурой.

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{охл}} + \frac{W_1 + W_2 - Q_1 - Q_2}{k \cdot F} \leq t_{\text{пред}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2)$$

где $t_{\text{охл}}$ – температура смазывающей-охлаждающей воды, $^\circ\text{C}$; k – коэффициент теплоотдачи через вал (облицовку), $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; F – площадь подшипника, м^2 ; W_1 – теплообразование в подшипнике от момента вращения гребного винта:

$$W_1 = R \cdot V_{\text{окр}} \cdot f, \text{ Вт}, \quad (3)$$

где R – сила действующая на подшипник:

$$R = \frac{M_{\text{вал}}}{r_{\text{гр.вал}}}, \text{ Н}, \quad (4)$$

где $M_{\text{вал}}$ – крутящий момент, который можно определить исходя из мощности, подводимой к валопроводу [4]:

$$M_{\text{вал}} = \frac{N_{\text{вал}} \cdot 30}{\pi \cdot n_{\text{гр.вал}}} \cdot 1000, \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (5)$$

где $N_{\text{вал}}$ – мощность передаваемая валопроводу, кВт; r – радиус гребного вала, м; f – коэффициент трения материала подшипника; $V_{\text{окр}}$ – окружная скорость:

$$V_{\text{окр}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60 \cdot 100}, \text{ м/с}. \quad (6)$$

Количество тепла W_2 выделившегося при работе подшипника от сил трения связанное с массой валопровода находится по формуле:

$$W_2 = l \cdot d \cdot f \cdot p_m \cdot V_{\text{окр}}, \text{ Вт}, \quad (7)$$

где p_m – удельное давление от массы валопровода:

$$p_m = \frac{m \cdot g}{d \cdot l} \cdot 0.1, \text{ Н}/\text{м}^2, \quad (8)$$

где g – 9,8 Н/кг; m – масса валопровода, кг; d – диаметр подшипника, м; l – длина подшипника, м; Q_1 – теплоотвод через корпус подшипника [2]:

$$Q_1 = k_n \cdot d \cdot l \cdot (t_k - t_0), \text{ Вт}, \quad (9)$$

где k_n – коэффициент теплоотдачи от подшипника корпусу $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$; d – диаметр подшипника, м; l – длина подшипника, м; t_k – температура корпуса подшипника в эксплуатации; t_0 – температура среды контактирующей с корпусом подшипника. $^\circ\text{C}$; Q_2 – теплоотвод через смазывающую-охлаждающую воду:

$$Q_2 = C \cdot Q_{\text{охл}} \cdot \gamma (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \text{ Вт}, \quad (10)$$

где C – удельная теплоёмкость воды в $\text{кДж}/\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}$; $Q_{\text{охл}}$ – объём воды, прокачиваемого через подшипник в $\text{м}^3/\text{с}$; $t_{\text{вых}}$ – температура воды на выходе из подшипника, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{вх}}$ – температура воды на входе из подшипника, $^\circ\text{C}$; γ – удельный вес охлаждающей воды в $\text{кг}/\text{м}^3$.

Проверка запаса надёжности дейдвудного подшипника по предельному давлению:

$$p = p_m + p_m + p_p \leq [p], \text{ Н}/\text{м}^2, \quad (11)$$

где $[p]$ – предел прочности при сжатии материала подшипника; p_m – удельное давление от массы валопровода; p_p – давление в подшипнике связанное с возможным изломом и

смещением валовой линии; p_m – давление в подшипнике вызванное крутящим моментом гребного винта которое можно определить:

$$p_m = \frac{R}{l \cdot d}, \text{ Н/м}^2, \quad (12)$$

Расцентровка валовой линии может привести к колебанию валопровода уменьшению зазора и к местному увеличению давления, которое может достигать $0,5 p_m$.

С целью проверки разработанной методики были проведены исследования зависимости температуры нагрева дейдвудных подшипников из капролона на рыболовных судах типа СЧС при различных эксплуатационных режимах, которые показали удовлетворительную сходимость теоретических и практических параметров.

Основные результаты исследования:

1. Главным критерием работоспособности дейдвудных подшипников из капролона является теплостойкость, что подтверждается исследованиями [1,3].

2. Температура нагрева дейдвудного подшипника в основном зависит от следующих эксплуатационных факторов:

- от расхода прокачиваемой смазывающе-охлаждающей жидкости через дейдвудный подшипник, который обеспечивается характеристиками насоса (рисунок 3);
- от температуры смазывающей-охлаждающей жидкости;
- от частоты вращения валопровода.

3. Основной причиной разрушения (подплавление) дейдвудных подшипников из капролона является уменьшение расхода охлаждающе-смазывающей жидкости ниже эксплуатационных требований.

4. Уменьшение оборотов гребного вала увеличивает момент гребного винта, передаваемой валопроводу, что приводит к росту температуры дейдвудных подшипников.

5. Давление, возникающее в процессе работы капролонового подшипника, не превышает предельно допустимое значение и не может быть причиной повреждения подшипника.

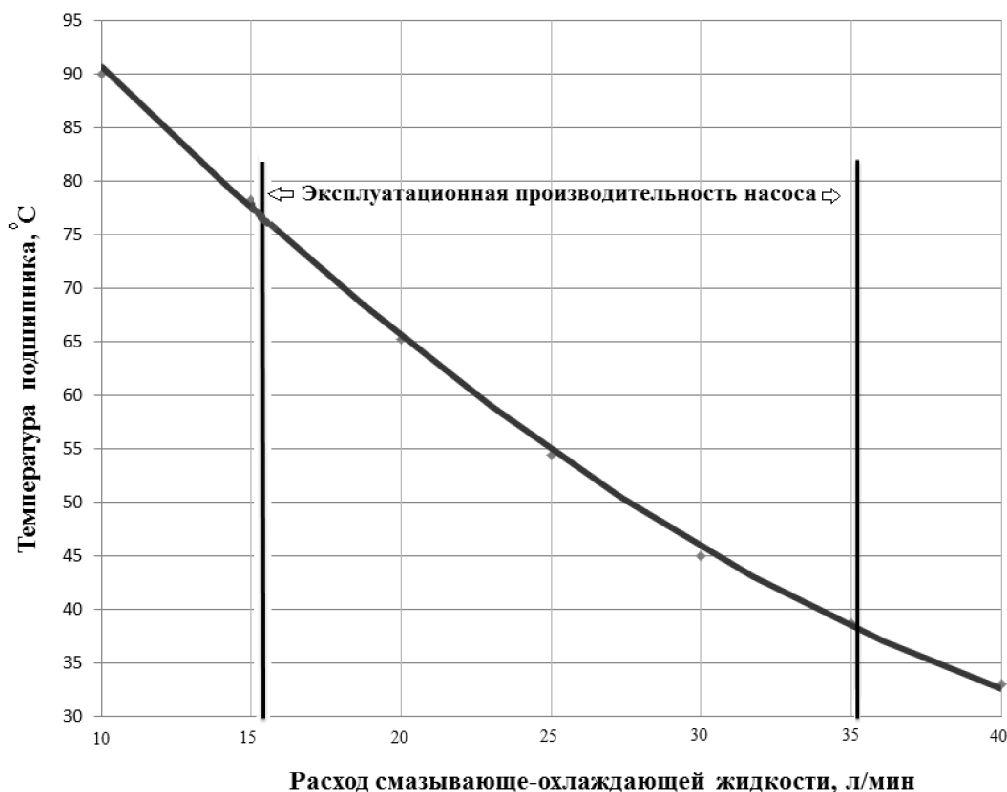


Рисунок 2 – Зависимость температуры дейдвудного капролонового подшипника рыболовецкого судна СЧС от производительности насоса при температуре заборной воды 18°C

Выводы. Для надёжной работы капролоновых дейдвудных подшипников должна быть применена система непрерывной прокачки дейдвудного устройства автономным насосом с указателем потока воды и манометром на входе. Система должна быть оснащена световой и звуковой сигнализацией по давлению и температуре с возможностью резервной прокачки от забортного насоса охлаждения главного двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корнилов Э. В. Дейдвудные устройства и валопровод морских судов (конструкция, эксплуатация, ремонт) / Э. В. Корнилов, П. В. Бойко, В. П. Смирнов. – Одесса : Феникс, 2008. – 200 с.
2. Решетов Д. Н. Детали машин / Д. Н. Решетов. – Л. : Машиностроение, 1964. – 724 с.
3. Иванов М. Н. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальностей вузов / М. Н. Иванов, В. А. Финогенов. – М. : Высш.шк., 2010. – 408 с.
4. Самсонов В. И. Судовые двигатели внутреннего сгорания : учебник / В. И. Самсонов, Н. И. Худов, А. А. Мирющенко. – М. : Транспорт, 1981. – 400 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Сагин С.В.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. Процессы трения, протекающие в судовых энергетических установках, во многом предопределяют их надежность и энергетические затраты на преодоление механических потерь, причем наиболее опасным является режим граничного трения, который наблюдается при изменениях кинематических и динамических параметров работы узлов трения. В таких режимах увеличиваются нормальные и касательные напряжения, что приводит к резкому увеличению износа [1].

Износостойкость узлов трения зависит, в основном, от способности смазочного материала формировать устойчивый граничный слой – свойство смазки, называемое в некоторых случаях «маслянистостью». Это свойство 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. Наибольшее значение при этом относятся к специальным смазочным материалам, включающим в свой состав разного рода полярные органические или неорганические соединения.

Актуальность исследований. Определение толщины граничного слоя, которая является одной из основных характеристик, определяющей его прочность и способность оказывать сопротивление нормальным нагрузкам, можно производить рядом способов. Однако большинство из них (например, методы сдувания, снятия статических и динамических вольтамперных характеристик, измерения диэлектрической проницаемости) могут применяться только при лабораторных испытаниях [2]. Поэтому актуальным является разработка доступной методики экспрессного определения износостойкости граничных смазочных слоев, физическая база которой была бы связана со стандартными лабораторными методиками.

Постановка задачи. Целью работы являлось определение корреляционной взаимосвязи между электрическими характеристиками смазочных слоев углеводородных жидкостей и их структурным состоянием, а также противоизносной способностью.

Результаты исследования. В качестве «электрической характеристики» нами была выбрана электрическая прочность смазочного слоя. Для проведения экспериментальных исследований была разработана установка, принципиальная схема которой показана на рис. 1.

Электроды 1 и 2 (конус и плоскость) – были выполнены из стали, а величина разрядного промежутка устанавливалась и контролировалась микрометрическим устройством с точностью $\pm 0,1$ мкм. От источника напряжения 3 к электродам прикладывалось напряжение, нарастающее с постоянной скоростью $v = 2$ В/с. Момент пробоя смазочного слоя фиксировался гальванометром 4, а напряжение пробоя измерялось с помощью вольтметра 5 с точностью до 2 В. Момент электрического пробоя слоя фиксировался по резкому возрастанию силы тока. Сила тока пробоя ограничивалась сопротивлением 6 и равнялась $R=180$ кОм. Данное балластное сопротивление препятствовало возникновению лавинного разряда, который приводил бы к разогреванию слоя, деструкции молекул смазки и возникновению в нём проводящих каналов. Между отдельными измерениями электроды тщательно очищались от проводящих загрязнений промывкой растворителями и полировались. Разброс значений пробивного напряжения в последовательных опытах не превышал 7 В.

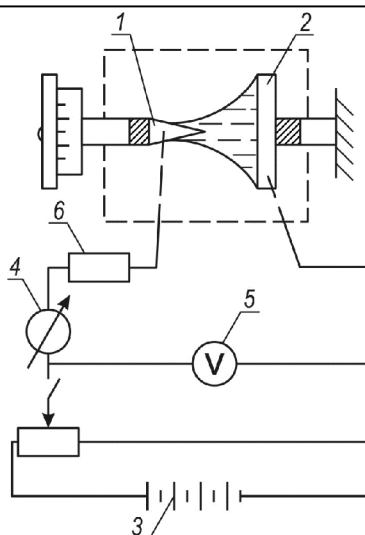


Рисунок 1 – Схема измерения электрической прочности смазочного материала:
 1, 2 – электроды; 3 – источник напряжения; 4 – гальванометр; 5 – вольтметр;
 6 – балластное сопротивление

Следует заметить, что после однократного пробоя слоя смазочного материала, его электрическая прочность понижалась. Это связано с тем, что в момент пробоя в слое смазочного материала возникали проводящие мосты между электродами и ионы. При отключении внешнего электрического поля ионы постепенно рекомбинировали, а проводящие мосты дробились на мелкие проводящие частицы, которые, однако, были способны заново образовывать проводящие каналы при повторном приложении напряжения. В связи с этим перед повторными опытами межэлектродный промежуток очищался. Электроды раздвигали и промывали растворителем (бензином, очищенной низкотемпературной перегонкой), после чего электроды дополнительно очищали от налипших на них проводящих частиц с помощью электрического метода. На электроды наносилось по капле чистого смазочного материала, после чего к ним подводилось постоянное напряжение 150 В и выдерживалось 2 минуты. В течение этого времени, прилипшие к электродам проводящие частицы, под действием кулоновских сил переносились к свободной поверхности капли, что облегчало их последующее удаление.

В результате эксперимента были получены зависимости значения напряжённости пробивного электрического поля $E_{пр}$ от толщины граничного слоя d . На рис. 2 показана зависимость $E_{пр} = f(d)$ для различных углеводородных жидкостей. Как видно из рис.2, пробивная напряженность возрастает при утоньшении смазочного слоя, а затем резко падает при малых его толщинах. Возрастание $E_{пр}$ связано с наличием объёмного (ионного) заряда у электродов, а понижение $E_{пр}$ в области малых толщин, по-видимому, может быть объяснено повышенной проводимостью ориентационно упорядоченной части граничного смазочного слоя, что облегчает развитие начальных стадий лавинной ионизации разрядного промежутка.

Для определения корреляционной взаимосвязи между электрической прочностью граничного смазочного слоя (значением пробивного напряжения) и его механической прочностью проводились параллельные испытания исследуемых масел на машине трения ДМ-29. Главным информационным параметром в испытаниях были сила трения и температура.

В табл. 1 приведены результаты измерений электрической прочности и силы трения для различных смазочных материалов.

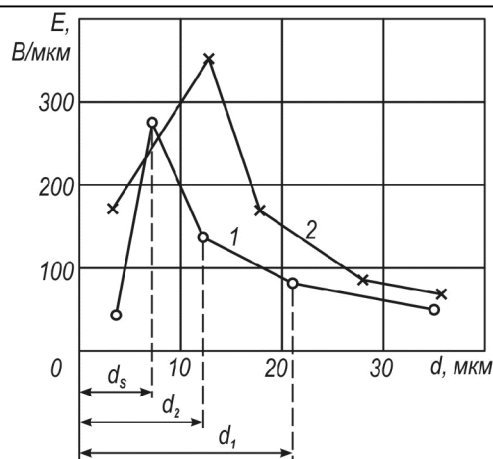


Рисунок 2 – Залежність пробивної напруженості електричного поля E від товщини граничного смазочного слоя d (d_s – передбачувана товщина граничного слоя):
 1 – вазелинове (еталонне) масло; 2 – масло Castrol HLX40

Таблиця 1 – Кореляційна взаємозв'язь між силою трия, електричною прочністю та товщиною граничного смазочного слоя

Тип смазочного матеріала	Електрична прочність, $U_{пр}$, В	Сила трия, $F_{тр}$, усл. одиниці	Товщина граничного слоя, d_s , мм
Вазелинове масло	116	2,12	8,3
Масло Castrol HLX40	137	1,41	13,6
Масло Castrol HLX40 +0,1% присадки	183	0,44	16,4
Масло Castrol HLX40 +0,5% присадки	204	0,21	17,8
Масло Castrol HLX40 +1,5% присадки	132	1,43	14,1

Далее этим методом было проверено существование такой взаимосвязи для серии смазочных материалов, выполненных на основе масла Castrol HLX40 с различной концентрацией поверхностно-активной присадки.

Применение поверхностно-активных присадок увеличивает структурную упорядоченность молекул граничных смазочных слоев, что приводит к снижению энергетических потерь на преодоление сил трия. При этом количество поверхностно-активных веществ в базовом масле имеет оптимальную концентрацию, зависящую от многих факторов и, как правило, определяющуюся экспериментально.

Ранее [1, 3] было показано, что для смазочных материалов концентрационная зависимость износа и степени ориентационной упорядоченности не является монотонной, а имеет ряд экстремумов, соответствующих повышенной (или пониженной) износостойкости при определенных концентрациях присадки. Такая зависимость может быть предположительно пояснена перестройкой мицеллярной структуры присадок, концентрационным переходом от сферических мицелл к цилиндрическим и далее к ламеллярным.

На рис. 3 показаны концентрационные зависимости пробивного напряжения (a) и износа (b) для масла Castrol HLX40, которые также являлись немонотонными, а положения экстремумов совпадали с полученными ранее в [3]. Результаты указанной и настоящей работ также приведены в табл. 1. Как видно из приведенных результатов использование метода определения электрической прочностности смазочных слоев может также быть использовано для определения оптимальной концентрации поверхностно-активных присадок, добавляемых в смазочные материалы.

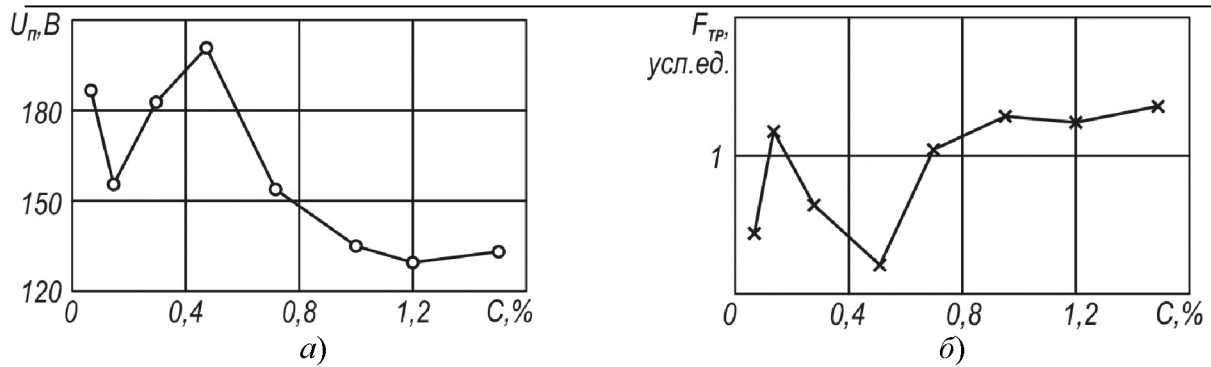


Рисунок 3 – Зависимость пробивного напряжения U_B (а), и износа $F_{тр}$ (б) от концентрации поверхностно-активной присадки C для масла Castrol HLX40

Выводы. Электрическая прочность тонких масляных пленок напрямую определяет структурное состояние смазочного слоя, а пробивное напряжение, которое выдерживает граничный смазочный слой, характеризует его антифрикционные свойства. При этом, с помощью измерения пробивного напряжения смазочного слоя возможно определять оптимальную концентрацию поверхностно-активных компонентов, добавляемых в смазочный материал.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поповский Ю. М., Сагин С. В., Гребенюк М. Н., Терегеря В. В. Влияние анизотропных жидкостей на работу узлов трения // Вестник машиностроения, 1996. – № 9. – С.7-11.
2. Алтоиз Б. А., Поповский Ю. М. Физика приповерхностных слоев жидкости. – Одесса : Астропринт, 1996. – 152 с.
3. Сагин С. В., Поповский Ю. М., Бордан Д. Ф. Связь электрических и оптических методов оценки противоположных характеристик граничных смазочных слоев // Судовые энергетические установки : научн.-техн.сб. – 1999. – № 4. – Одесса : ОГМА. – С. 72-76.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРНИСТЫХ ТОПЛИВ В СУДОВЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ

Солодовников В.Г.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Введение. В последние годы на транспортных судах для судовых среднеоборотных дизелей (СОД) все шире применяются тяжелые сорта топлива высокой вязкости, имеющие более низкую стоимость. Перспективы развития транспортного судостроения с применением СОД в мировой практике тесно связаны с использованием подобных видов топлива. При этом следует отметить, что тяжелые сорта топлива используются для работы как главных, так и вспомогательных двигателей. Кроме того, в судовой практике отчетливо прослеживается тенденция использования высоковязких сортов топлива не только для современных моделей СОД, но и перевода СОД предшествующих моделей (спроектированных с условием их работы на легких сортах топлива) на эксплуатацию на топливе с повышенной вязкостью. Повышение вязкости углеводородных топлив связано с различными факторами, однако основной из них – изменение фракционного состава топлива, в частности, снижение содержания его горючих компонентов (углерода и водорода) и повышение содержания серы и золы.

Одновременно с этим, экологические требования, предъявляемые к судовым энергетическим установкам (СЭУ) в целом и к судовым дизелям в частности, вынуждают проводить их эксплуатацию на топливах с пониженным содержанием серы. Согласно требованиям Международной конвенции MARPOL, в некоторых особых районах содержание серы в используемом топливе не должно превышать 0,1 %. При этом следует учитывать, что нефтеперерабатывающая промышленность в настоящее время еще не готова к производству топлив с подобным содержанием серы, а на рынок поступает топлива, фракционный состав которых содержит до 3 % серы.

Применение топлива подобного фракционного состава ухудшает качество процесса сгорания, что, в том числе, приводит к повышенному износу деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ), цилиндровых крышек, выпускных клапанов, а также прогоранию лопаток газотурбоагрегатов и элементов газовыпускного тракта. Анализ данных по эксплуатации судовых СОД, показывает, что износ их ЦПГ при работе на остаточных сортах топлива примерно в 2,5 раза больше по сравнению с использованием дистиллятных дизельных топлив. В той же пропорции сокращается период между моточислами дизелей. Прежде всего, высокий износ и чрезмерное нагарообразование обуславливается значительным ухудшением группового и химического состава подобного топлива.

При работе СОД на высоковязких остаточных топливах наблюдается отклонение от нормального процесса сгорания в цилиндре, вызванное изменением параметров топливоподачи. Существенно увеличивается давление впрыска и изменяются фазы подачи топлива, причем эти отклонения тем значительнее, чем выше вязкость топлива. Тяжелые сорта топлива по сравнению с дизельными характеризуются более низким цетановым числом, что приводит к увеличению периода задержки воспламенения при их сгорании. Вследствие этого к началу воспламенения в цилиндр дизеля подается несколько большее количество топлива, что обуславливает увеличение удельного расхода топлива и более жесткую работу дизеля. Тяжелое топливо сгорает медленнее чем дистиллятное, имеет больший процесс догорания, что способствуют увеличению температуры отработавших газов. Изменение процесса сгорания вызывает и более высокую, чем при работе на дизельном топливе, тепловую напряженность цилиндра.

Актуальность исследований. Актуальность задач по решению вопросов использования высоковязких сернистых сортов топлив при работе судовых СОД

неразрывно связана с выполнением требований резолюции МЕРС.203(62) по обеспечению энергетической эффективности судов, а также требований международных стандартов по экологической безопасности СЕУ [1]. В связи с этим, весьма актуальными являются теоретические и экспериментальные исследования в области совершенствования систем топливоподготовки судовых дизелей и, особенно, в части методов, средств и технология снижения содержания серы в топливе.

Исследования по вопросам возможности применения в судовых СОД топлив ухудшенного фракционного состава развиваются по следующим направлениям:

- применение специальных присадок (антиокислительных, диспергирующих, деэмульгирующих);
- применение многоступенчатой фильтрации с дополнительной гидродинамической обработкой;
- применение методов магнито- и электродинамической обработки;
- оснащение дизелей устройствами, обеспечивающими применение более вязкого топлива.

Постановка задачи. Для обеспечения качественной топливоподготовки и дальнейшего эффективного топлива использования, вновь строящиеся суда комплектуются специальными системами подготовки и подачи топлива, поэтому задача борьбы с активными соединениями серы для этого типа судов может быть решена на этапе проектирования. При этом следует учитывать огромный парк дизелей, находящихся в эксплуатации с уже существующими системами топливоподготовки, которые в ряде случаев не готовы функционально качественно исполнять задачи подготовки сернистых топлив. Кроме того, большое количество дизелей, длительное время уже находящиеся в эксплуатации и первоначально не проектирующиеся для работы на сернистых топливах, по тем или иным причинам эксплуатируются в «нештатных» условиях, т.е., обеспечивая работу дизеля на топливах с повышенной вязкостью. В связи с этим, в работе ставилась задача, произвести теоретический анализ возможных вариантов создания судовых систем топливоподготовки, которые бы способствовали эффективной работе судовых СОД на сернистых топливах.

Результаты исследований. Исходя из того, что в горючей массе топлива находятся разнообразные сернистые соединения (элементарная сера, сероводород, меркаптаны, сульфиды, дисульфиды, тиофены, сульфокислоты и др.), взаимодействующие с деталями ЦПГ, крышкой цилиндра, выпускными и продувочными клапанами при различном физико-химическом состоянии топлива, можно обозначить следующие основные пути защиты этих узлов дизеля:

- изготовление деталей дизеля из материалов, стойких к воздействию сернистой коррозии;
- применение нейтрализующих антисернистых присадок к топливу;
- исключение режимов работы дизеля, вызывающих наиболее интенсивную электрохимическую коррозию и повышенный износ (т.е. режимов с низкой температурой воды, охлаждающей стенки цилиндра и цилиндговую крышку);
- выбор режима работы системы топливоподготовки, обеспечивающего наиболее качественную обработку топлива;
- создание систем топливоподготовки, снижающих количество сернистых соединений, которые поступают в цилиндр дизеля.

Износостойкость цилиндрических втулок, поршневых колец, цилиндрических крышек и других деталей, подверженных коррозии, повышают путем изготовления их из легированных чугунов. Значительное снижение износа достигается путем хромирования цилиндрических втулок. Однако, данный вариант рентабелен лишь для малоразмерных промышленных двигателей и не получил широкого распространения для судовых дизелей вследствие высокой технологической стоимости. Для борьбы с износом и нагарообразованием в деталях ЦПГ дизелей, работающих на сернистых топливах, были

разработаны специальные присадки, которые предотвращают коррозионное воздействие агрессивных сернистых соединений, а также интенсифицируют процесс сгорания топлива и частично нейтрализуют окислы серы. Однако, при этом не всегда обеспечивается высокая стабильность топлива и введенной присадки, особенно если подача топлива к дизелю осуществляется с помощью бустерных установок. Значительное снижение износа и нагарообразования в дизелях, работающих на сернистых топливах, было получено введением в цилиндры газообразного аммиака, но в судовых условиях этот способ нейтрализации кислотной среды, образующейся в цилиндре дизеля, оказался неприемлемым вследствие его токсичности [2].

Для судовых условий, и особенно для дизелей, находящихся в эксплуатации уже длительный период, наиболее перспективным является физико-химический метод, который представляет собой ультразвуковую кавитационную обработку с целью разрыва C-S связей с последующим проведением химических реакций для выделения серы из топлива в составе газовой фазы. Кавитация может быть получена путем снижения давления за счет повышения местных скоростей потока или прохождения акустических волн. В топливе, как правило, содержится определенное количество воздуха, пузырьки которого, двигаясь в топливном и попадая в область более низкого давления, начинают расти. Через поверхность пузырька происходит диффузия газов внутрь пузырька. Условие разрыва пузырька легко определяется из уравнения его статического равновесия

$$P = P_n + P_r - \frac{2\sigma}{R},$$

где P – давление в потоке топлива; P_n – давление насыщенных паров топлива; P_r – нормальное давление газов; σ – коэффициент поверхностного натяжения пузырька; R – радиус сферы пузырька.

Температура при этом определяется из выражения

$$T = \frac{Pr \cdot R^3}{B},$$

где B – постоянная, зависящая от массы газа внутри пузырька.

Таким образом, можно определить давление и температуру, достаточные для разрушения C-S связей в гетероциклических соединениях.

Методы ультразвуковой обработки топлива неоднократно изучались различными авторами, однако при этом не были определены оптимальные частоты кавитации, способствующие разрыву C-S связей при минимуме подводимой энергии активации.

Выводы. Решение проблемы по удалению сернистых примесей из топлива должно быть комплексным, т.к. любое физическое воздействие на топливо приводит к изменению практически всех его компонентов. Поэтому, достаточно перспективной является многостадийная обработка топлива с помощью ультразвуковых колебаний, химического воздействия и дополнительной тонкой фильтрации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голиков В. А., Обертюр К. Л., Кирис В. А. Модель расчета конструктивной энергоэффективности морского судна на примере контейнеровоза // Судовые энергетические установки: науч.-техн. сб. – 2012. – № 29. – Одесса : ОНМА. – С. 23-34.
2. Пахомов Ю. А. Топливо и топливные системы судовых дизелей / Ю. А. Пахомов, Ю. П. Коробков, Д. В. Дмитриевский, Г. Л. Васильев. – М. : Консульт, 2004. – 496 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

Стухляк П.Д., Бадишук В.І., Золотий Р.З., Карташов В.В.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(Україна)

На сучасному етапі розвитку промисловості епоксикомпозитні матеріали все частіше використовують для захисту технологічного устаткування, що працює під впливом агресивних середовищ та піддається впливу підвищених температур. Основною фізико-механічною характеристикою епоксикомпозитних матеріалів, що визначає їх надійність при роботі за підвищених температур є теплостійкість, або температура розм'ягчення. Теплостійкість визначає граничну температуру експлуатації жорстких полімерних матеріалів, тобто температуру, при якій матеріал витримує визначене навантаження за заданий час. При цьому, деформація не перевищує допустимої границі. Дисперсні наповнювачі зазвичай підвищують теплостійкість полімерів [1]. Введення жорстких наповнювачів може приводити до підвищення теплостійкості на 10-20 К і навіть більше. Для досягнення більш високих показників теплостійкості епоксикомпозитних матеріалів застосовують модифікацію силовими полями, зокрема магнітним обробленням.

Магнітну обробку проводили на спеціально розробленому пристрої [2], при наступних режимах: частота магнітного поля $\nu = 0,02 \dots 200$ кГц, індукція $B = 0,8 \dots 4$ Тл. Тривалість обробки визначали експериментально і встановили $\tau = 3$ год. В якості наповнювача використали ферит марки 1500НМЗ. Теплостійкість (за Мартенсом) епоксикомпозитних матеріалів визначали згідно ГОСТ 21341-75. Для визначення впливу усього діапазону режимів магнітної обробки проведено математичне планування експерименту з використанням програмного забезпечення STATISTICA 6.0.

При кореляційному аналізі у якості незалежних змінних були представлені значення логарифму частоти ($\ln \nu$), індукції магнітного поля (B , Тл) та вміст феромагнітного наповнювача (q , мас. ч.). Результати дослідження кореляційної залежності приведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Кореляційний аналіз впливу незалежних змінних на теплостійкість

Змінна	Відмічені кореляції на рівні $p < 0,05000$ $N=180$ (построюючи видалення ПД)			
	$\ln \nu$	B , Тл	q , мас. ч.	T , К
$\ln \nu$	1,0	-1,0	-0,00	0,27
B , Тл	-1,0	1,0	-0,00	-0,27
q , мас. ч.	-0,0	-0,0	1,00	-0,03
T , К	0,3	-0,3	-0,03	1,00

Експериментально встановлено, що на теплостійкість досліджуваних композитних матеріалів помірний вплив має частота магнітного поля (ν , кГц), оскільки $0,25 < |r| \leq 0,75$, і становить 0,27. Тобто при зростанні частоти обробки теплостійкість досліджуваних композитів також зростає. Вміст феромагнітного дисперсного наповнювача має незначну кореляцію з теплостійкістю $0,25 < |r|$ і становить -0,03. Це свідчить про те, що зміна концентрації дисперсних часток практично не впливає на значення теплостійкості. Магнітна індукція має помірну від'ємну кореляцію із теплостійкістю $0,25 < |r|$ і становить -0,27. Тобто збільшення магнітної індукції призводить до зменшення теплостійкості.

Доведено, що збільшення частоти ЗМП з $\nu = 20$ Гц до $\nu = 10$ кГц забезпечує зростання теплостійкості на $\Delta T = 10$ К. Це пояснюють тим, що наявність змінного магнітного поля приводить до активації доменів макромолекул, що у свою чергу змінює умови зшивання, і при наявності дисперсних часток наповнювача в більшій мірі знижує модуль пружності та підвищує повзучість полімеру [3]. Зміна цих характеристик

приводить до підвищення теплостійкості [4]. При підвищенні вмісту наповнювача з $q = 20$ мас.ч. до $q = 50$ мас.ч. теплостійкість зростає на 30-40 К порівняно із ненаповненим композитом, а при вмісті більше 50 мас.ч. на 20-30К. Доведено, що при надмірній кількості дисперсних часток в об'ємі полімера, виникає більш дефектний матеріал внаслідок недостатньої змочуваності часток олігомером, що призводить до зниження як фізико-механічних характеристик, так і теплостійкості.

У результаті обробки дослідних даних було проведено поліноміальну регресію (табл. 2) та визначено рівняння регресії.

Таблиця 2 – Результати поліноміальної регресії дослідних даних

N = 180	R=0,88289283 R2=0,77949974; Корегування R2=0,77052589 F(7, 172)=86,863; p<0,0000. Стандартна оцінка помилки: 3,4344					
	БЕТА	Ст. помилка БЕТА	В	Ст. помилка В	t (172)	p – рівн.
Вільний член			391,2936	0,799949	489,1480	0,000000
lnv	0,0852	0,143029	0,4308	0,722850	0,5960	0,551954
q, мас. ч.	6,2079	0,288036	0,9702	0,045017	21,5526	0,000000
V2*2	00,2981	0,210577	1,1357	0,8021193	1,4157	0,158661
V2*3	0,5511	0,224219	0,6954	0,282914	2,4579	0,014967
V2*4	-0,8050	0,292717	-0,5486	0,199481	-2,7502	0,006593
V4*2	-14,6716	0,738413	-0,0151	0,000760	-19,8691	0,000000
V4*3	8,7172	0,486361	0,0001	0,000003	17,9234	0,000000

Рівняння регресії має вигляд:

$$a(\ln v, q) = 391,29 + 0,97 \cdot q + 0,69 \cdot \ln v^3 - 0,55 \cdot \ln v^4 - 0,01 \cdot q^2 \quad (1)$$

Отримане рівняння дозволяє розрахувати значення теплостійкості при заданій частоті магнітного поля та вмісті феромагнітного дисперсного наповнювача. Аналіз залишків показав, що похибка регресійної моделі при розрахунку ударної в'язкості не перевищує 2,23 %.

Отже, залежність теплостійкості від вмісту феромагнітного наповнювача та частоти змінного магнітного поля носить екстремальний характер. При цьому оптимальний вміст дисперсних часток наповнювача становить $q = 30 \dots 40$ мас.ч., при частоті змінного магнітного поля $\nu = 1 \dots 10$ кГц забезпечує значення теплостійкості $T = 415$ К. При зростанні вказаних факторів в процесі зшивання композиту відбувається нагрів композиції, що приводить до погіршення значення теплостійкості. При зменшенні вмісту дисперсних часток наповнювача та частоти змінного магнітного поля спостерігали недостатній підсилюючий ефект з точки зору підвищення теплостійкості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Негодяев Н. Д. Основы полимерного материаловедения / Н. Д. Негодяев, А. В. Буриндин, В. Г. Матерн, В. В. Глухих. – Екатеринбург : Изд. УГТУ, 1998. – 380 с.
2. Патент № 62717 Україна, МПК В 03 В 13/04. Пристрій для обробки полімерних композицій змінним магнітним полем / П. Д. Стухляк, В. В. Карташов, В. В. Андрієвський ; заявник та патентовласник Тернопільський нац. техн. універс. – № u 2011 01904; заявл. 18.02.2011; опубл. 12.09.2011, Бюл. № 17.
3. Годовский Ю. К. Теплофизика полимеров / Годовский Ю.К. – М. : Химия, 1983. – 254с.
4. Kuchanov S. Statistical thermodynamics of copolymers and their blends / S. Kuchanov, S. Panyukov. // Comprehensive polymer science, 2nd suppl. Oxford: Pergamon Press. – 1996. – P. 442-496.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ Fe-Al

Селиверстов И.А.

Херсонский национальный технический университет (Украина),

Троцан Г.Н.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Среди перспективных интерметаллидных конструкционных материалов, обладающих уникальным комплексом физико-механических и эксплуатационных свойств, получивших распространение в последние годы [1], особое место занимают материалы и покрытия на основе алюминиды железа Fe_3Al . Поэтому работы по исследованию свойств и созданию новых экономно-легированных плазменных покрытий на основе железа являются актуальными.

Постановка задачи. С учетом современных тенденций интенсификации производственных процессов, увеличение рабочих давлений, скоростей, температуры, приводящих к ускоренному изнашиванию деталей, сформировать поверхностные слои покрытий путем плазменного напыления термореагирующего порошка Fe_3Al и порошка, состоящего из механической смеси Fe и Al, рассмотреть возможность применения плазменных покрытий в качестве антифрикционных материалов. Провести анализ механических свойств плазменных покрытий на основе Fe и Al.

Материалы и методы исследования. Формирование поверхностных слоев покрытий производилось путем плазменного напыления термореагирующего порошка порошка Fe_3Al и порошка, состоящего из механической смеси Fe и Al. Согласно [2], для получения упорядоченной структуры Fe_3Al необходимое количество алюминия составляет 25 - 34 %. Температура плавления порошка Fe_3Al , $T_{пл}=1510^{\circ}C$, твердость HRC₃, 25-35. В качестве основы использовалась сталь 45. Размер фракций порошка в обоих случаях в исходном состоянии составлял 40-60 мкм.

Напыление осуществлялось на плазмотроне с частично вынесенной дугой в режиме генерации ламинарного плазменного потока, что обеспечивает лучшее проплавление частиц. Мощность плазмотрона составляет до 8 кВт, рабочий ток дуги плазмотрона 80-90А, напряжение 60В, в качестве плазмообразующего и транспортирующего газа использовался аргон с общим расходом 6 л/мин.

Для оценки износостойкости и твердости покрытий использовался общеизвестный склерометрический метод исследований [3]. В качестве индентора использовалась четырехгранная алмазная пирамида Виккерса. Значение твердости определялось по формуле:

$$H_{\mu} = \frac{1.8544P_B}{b^2/2}, \quad (1)$$

где b – ширина царапины, м; P_B – нагрузка на индентор, Н.

Микроструктуру исследуемых композитов в зоне трека, а также его геометрические параметры изучали на микроскопе МИИ-8. Элементный состав полученных плазменных покрытий определялся методом локального микрорентгеноспектрального анализа на растровых электронных микроскопах Camscan-4DV и ZEISS EVO 50XVP с применением энергодисперсионного рентгеновского микроанализатора.

Результаты исследований. Макро- и микроанализ поверхностных слоев сплава полученных покрытий показал, что структура покрытий достаточно плотная, с размерами сплетов от 18 до 140 мкм. Граница раздела между покрытием и подложкой без видимых дефектов. На покрытиях из механической смеси порошков Fe-Al наблюдаются незначительные зоны отслаивания покрытия. Пористость покрытий из порошка Fe_3Al находится в пределах 2-3%, покрытия из смеси порошков обладают большим значением пористости, в пределах 3-8%.

Результаты химического анализа покрытий Fe-Al показали, что в процессе образования покрытия произошло практически полное взаимодействие компонентов Fe и

Al, а неравномерность распределения фаз и компонентов объясняется не только синтезом интерметаллидов Fe_3Al , но и соединений $FeAl_2$, Fe_2Al_5 , $FeAl_3$ образующихся при более высоком содержании алюминия.

Проведенные исследования на твердость напыленных покрытий отмечают стабильность показаний всех треков склерометрии. Твердость покрытий Fe-Al составляет $H_{\mu 100}=420$ МПа, а твердость Fe_3Al $H_{\mu 100}=270$ МПа. Повышенные значения твердости покрытий Fe-Al обуславливается незначительным наличием оксидов и нитридов алюминия образовавшихся в процессе формирования покрытия.

По результатам исследований установлено, что износ покрытий Fe-Al на 15-20% меньше при существенно большей твердости, незначительная разница в износостойкости является результатом повышенной пористости покрытия.

С целью применения плазменных покрытий в качестве антифрикционных материалов были проведены сравнительные исследования покрытий на основе Fe-Al и бронзы. Как известно, газотермические покрытия из бронз, имеющие высокие антифрикционные свойства, имеют и недостатки, такие как относительно низкую твердость, твердость полученного покрытия из порошка бронзы марки ПГ-19М-01 [4]. В нашем случае фракция 40-100 мкм, твердость составляла $H_{\mu 100}=150$ МПа.

Результаты кинетики износа свидетельствуют о повышенных значениях потери массы материала покрытия из бронзы в течение первого часа испытаний, что в принципе обуславливается твердостью материала. Для более качественной оценки процесса износа определялись антифрикционные свойства покрытий путем замера момента трения испытываемой пары, цилиндр (контртело) – плоскость (покрытие). Результаты представлены в табл. 1. Полученные моменты трения на покрытиях Fe_3Al и Fe-Al указывают на их высокие антифрикционные свойства по сравнению с бронзой, что косвенно подтверждает меньшие значения коэффициента трения.

Таблица 1 – Моменты трения плазменных покрытий

Образец	Момент трения Н·мм, при нагрузке на контртело		
	4Н	7Н	10Н
бронза ПГ19М	39,17	46,59	119,73
Fe-Al	29,38	41,71	111,19
Fe_3Al	26,79	38,95	102,67

Выводы. На основе анализа фазового состава, среднего размера зерен, определенного методом электронной микроскопии высокого разрешения и химического анализа показана возможность создания покрытий Fe-Al из простых компонентов. Изучены механические свойства покрытий композиции Fe-Al, Fe_3Al и бронзы ПГ19М в условиях ступенчатого нагружения и износа. Показано, что напыление механической смеси порошков Fe и Al оптимального гранулометрического состава обеспечивает повышение твердости и износостойкости. Установлено, что антифрикционные характеристики покрытий на основе элементов Fe-Al выше, чем у бронзы при более высокой твердости. В этой связи, применение плазменных покрытий на основе Fe и Al, может существенно увеличить срок службы венцов зубчатых колес и шестерен, втулок, поршней, электродов машин контактной сварки и других деталей машин, работающих в условиях экстремальных нагрузок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Банных О. А., Поварова К. Б. Перспективы создания жаропрочных и жаростойких сплавов и интерметаллических соединений // Новые металлические материалы. – К. : ИЭС им. Е.О. Патона, 1989. – С. 29-33.
2. Хансен М., Андерко К. Структуры двойных сплавов. Пер. с англ. Т. 1. – 1952. – 107 с.
3. Селиверстов И. А., Смирнов И. В., Русанов С. А. Исследование свойств сплавов с покрытиями TiN, полученными методом КИБ // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2011. – №1(17). – С. 184-187.
4. Газотермические покрытия из порошковых материалов: [справочник] / [Ю. С. Борисов, Ю. А. Харламов и др.]. – К. : Машиностроение, 1987. – 544 с.

ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ МЕТАЛЛОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ

Шарко А.В., Погребняк И.Ф.

Херсонский национальный технический университет (Украина),

Нигалатий В.Д.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Для оценки механических свойств металлов в технологических конструкциях производятся измерения химического состава, твердости, пределов прочности и текучести, относительного сужения, ударной вязкости, микроструктуры. При этом используются как разрывные испытания, так и комплексный неразрушающий контроль механических свойств, основанный на измерениях акустических и электромагнитных характеристик металла.

Многообразие характеристик металла при эксплуатации технологических конструкций требует большого объема испытаний и несмотря на большую трудоемкость их определения вместе с тем существенно не повышает достоверность технической диагностики, т.к. заключения различных методов могут быть противоположными и неопределенными. Проблема оптимизации объемов испытаний и повышения достоверности заключений о технической диагностике металлов имеет большой практический интерес [1-3].

Постановка задачи. Разработка методик повышения достоверности заключений о качестве металла с учетом корреляционных зависимостей результатов различных методов контроля и их вероятностных проявлений в структуре матрицы технической диагностики.

Изложение основного материала. Тенденции развития комплексных методов неразрушающего контроля направлены на их превращение из пассивных методов, регистрирующих качество продукции в активные – способные осуществлять регулирование и управление качеством, выявлять причины отклонения от технологии изготовления и эксплуатации изделий, выдавать рекомендации по их устранению, проверяя эффективность принятых мер. К задачам управления качеством относятся статистический анализ, статистическое регулирование качества, вероятностные обоснования объемов испытаний и их достоверность, оптимизация параметров контроля.

При налаженном производстве на заводах изготовителях решение задач статистического анализа и статистического регулирования качеством является важным механизмом обеспечения надежности выпускаемой продукции, при котором динамику процесса изготовления изделий оценивают по контрольным картам, на которых нанесены средние значения и границы регулирования контролируемого показателя. Однако, в эксплуатационных условиях на реальных технологических конструкциях задача оценки качества металла значительно усложняется.

В настоящей работе исследован функционально вероятностный подход к структуре элементов матрицы контроля. Совместное распределение величины x (результат комплексных неразрушающих испытаний) и y (результат разрывных испытаний) можно описать двумерным нормальным распределением $P(x, y)$ (рис. 1). Здесь области P_Γ и P_Π соответствуют областям правильной аттестации изделий. В областях P_α и P_β заключения технической диагностики могут быть неоднозначными: в области P_α – излишняя перебраковка, в области P_β – недобраковка, т.е. пропуск бракованных изделий. На рис. 1 через x_{np} обозначено приемочное число комплексных неразрушающих испытаний, через y_{np} – приемочное число разрывных испытаний, выражающих предел, выше которого изделия считаются бракованными.

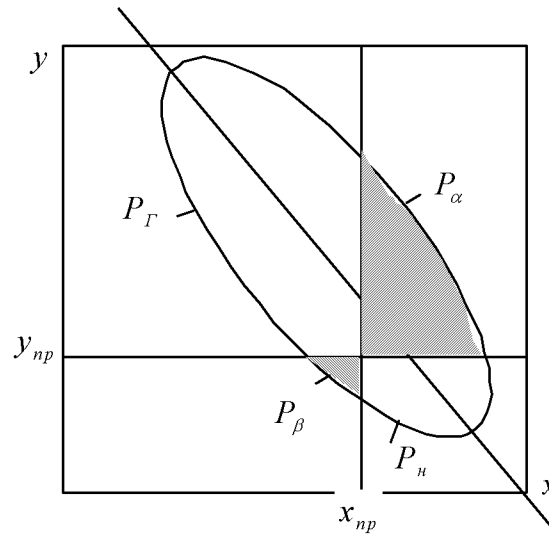


Рисунок 1 – Моделирующая схема процесса испытаний механических свойств металлов при эксплуатации технологических конструкций

Вероятность попадания экспериментальных точек в область информационного пространства согласно введенным обозначениям можно определить интегрированием двумерного нормального распределения $P(x, y)$ по этой области:

- в области вероятностной перебраковки

$$P_{\alpha} = \int_{y_{np}}^{\infty} \int_{x_{np}}^{\infty} P(x, y) dx dy ;$$

- в области вероятностного пропуска или недобраковки

$$P_{\beta} = \int_{-\infty}^{y_{np}} \int_{-\infty}^{x_{np}} P(x, y) dx dy ;$$

- в области правильной аттестации бракованного изделия

$$P_{n} = \int_{-\infty}^{y_{np}} \int_{x_{np}}^{\infty} P(x, y) dx dy ;$$

- в области правильной аттестации годного изделия

$$P_{\gamma} = \int_{y_{np}}^{\infty} \int_{-\infty}^{x_{np}} P(x, y) dx dy .$$

Подинтегральная функция имеет вид

$$P(x, y) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1-\rho^2}} \exp\left[-\frac{x^2 - 2\rho xy + y^2}{2(1-\rho^2)}\right],$$

где ρ – коэффициент корреляции.

Поскольку в значение подинтегральной функции выражения входит коэффициент корреляции ρ , использование такого подхода к структуре элементов матрицы будет более обоснованным, чем при существующем дискретном подходе, где корреляционные связи между x и y не учитываются вообще.

Для более наглядного определения достоверности при использовании различных методов, предлагается ввести приведенную к двумерному нормальному распределению матрицу достоверности, в качестве элементов которой входят вероятности P_{α} , P_{β} , P_n и P_{γ} . Приведенные достоверности D'_{Σ} , D'_n и D'_{γ} подсчитываются по формулам являющимися следствием формулы условных вероятностей Байеса:

$$D'_\Sigma = P_\Gamma + P_n \quad D'_n = \frac{P_n}{P_n + P_\alpha} \quad D'_\Gamma = \frac{P_\Gamma}{P_\Gamma + P_\beta}$$

С целью упрощения расчетов функции двумерного нормального распределения ее табулирование заменяют интерполированием некоторых вспомогательных функций

Вывод. Использование вероятностного подхода к структуре элементов матрицы позволяет уточнить значение достоверности комплексных испытаний и повысить надежность испытаний механических свойств металлов при эксплуатации реальных технологических конструкций за счет учета корреляционных связей между заключениями различных методов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Неруйнівний контроль і технічна діагностика / Під ред. З. Т. Назарчука. – Львів : ФМІ ім. Г. В. Карпенка, НАНУ, 2001. – 1134 с.
2. Springer Handbook of Experimental Solid Mechanics / Ir. Sharpe, N. William (Ed.). – 2008. – XXX. – 1098 p.
3. Механіка руйнування і міцність матеріалів: Довід. посіб / Під ред. В. В. Панасюка, Т. 9 Міцність і довговічність авіаційних матеріалів і елементів конструкцій. – Львів : Сполом, 2007. – 1068 с.

СЕКЦІЯ
ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ
ТЕХНОЛОГІЇ

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПРОВІДНОЇ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

Басараба Ю.Б.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна)

Вступ. Безпроводна передача електроенергії – спосіб передачі електричної енергії без використання струмопровідних елементів електричного кола. Технологічні принципи такої передачі включають в себе індукційний (на малих відстанях і відносно малих потужностях), резонансний (використовується в безконтактних смарт-картах і чіпах RFID) і напрямлений електромагнітний для відносно великих відстаней і потужностей (в діапазоні від ультрафіолета до мікрохвиль) [1].

Техніка безпроводної передачі методом електромагнітної індукції (рис. 1) використовує ближнє електромагнітне поле на відстані близько однієї шостої довжини хвилі. Завдяки електромагнітній індукції, змінний електричний струм, який протікає через первинну обмотку, створює змінне магнітне поле, яке діє на вторинну обмотку, індукуючи у ній електричний струм. Для досягнення високої ефективності взаємодія повинна бути досить тісною. При віддаленні вторинної обмотки від первинної, все більша частина магнітного поля не досягає вторинної обмотки. Навіть на відносно невеликих відстанях індуктивний зв'язок стає дуже неефективний, витрачаючи велику частину енергії, яка передається даремно. Бездротові зарядні пристрої мобільних телефонів і електричних зубних щіток є прикладами використання принципу електромагнітної індукції. Основним недоліком метода бездротової передачі є мала відстань її дії. Приймач повинен знаходитися у безпосередній близькості до передавача для того, щоб ефективно з ним взаємодіяти.

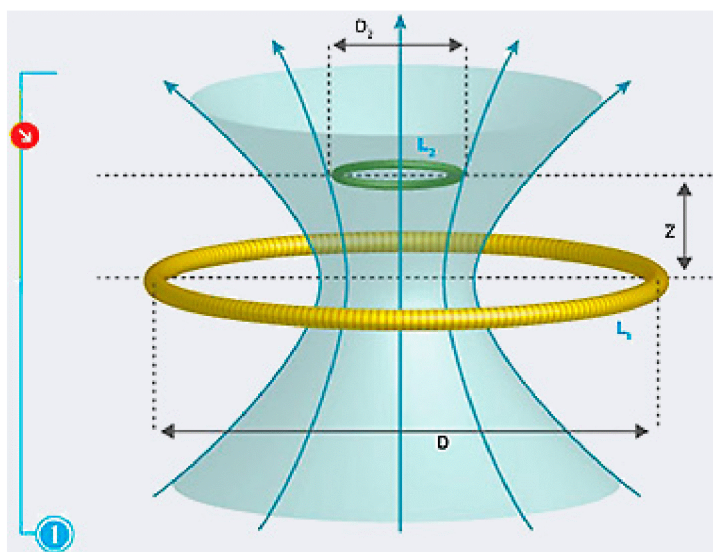


Рисунок 1 – Передача електроенергії з використанням електромагнітної індукції

Використання резонансу [2] дещо збільшує дальність передачі. При резонансній індукції передавач і приймач налаштовані на одну частоту. Продуктивність може бути покращена ще й шляхом зміни форми хвилі керуючого струму від синусоїдальних до несинусоїдальних перехідних форм хвилі. Імпульсна передача енергії відбувається протягом декількох циклів. Отже, значна потужність може бути передана між двома взаємно налаштованими LC-колами з відносно невисоким коефіцієнтом зв'язку. Передавальна і приймальна котушки, як правило, являють собою одношарові соленоїди або плоску спіраль з набором конденсаторів, які дозволяють налаштувати приймальний елемент на частоту передавача. Використанням резонансної електромагнітної індукції є

зарядка акумуляторних батарей портативних пристроїв, таких як портативні комп'ютери і стільникові телефони, медичні імплантати і електротранспорт. Резонанс використовується як в панелі бездротової зарядки (передавальному контурі), так і в модулі приймача (вмонтованого у навантаження) для забезпечення максимальної ефективності передачі енергії. Така техніка передачі підходить універсальним бездротовим зарядним панелям для підзарядки портативної електроніки, такої, наприклад, як мобільні телефони.

Основна частина. Радіохвильову передачу енергії можна зробити більш напрямлену, значно збільшивши відстань ефективної передачі енергії шляхом зменшення довжини хвилі електромагнітного випромінювання, як правило, до мікрохвильового діапазону. Для зворотного перетворення мікрохвильової енергії в електрику може бути використана ректена, ефективність перетворення енергії якої перевищує 95 %. Даний спосіб був запропонований для передавання енергії з орбітальних сонячних електростанцій на Землю і живлення космічних кораблів, які залишають земну орбіту.

Складністю в створенні енергетичного мікрохвильового променя є те, що для використання його в космічних програмах через дифракцію, яка обмежує напрямленість антени, необхідна діафрагма великого розміру. Наприклад, згідно досліджень НАСА 1978 року, для мікрохвильового променя частотою 2,45 ГГц потрібна буде антена діаметром 1 км, а приймальна ректена діаметром 10 км. Ці розміри можуть бути знижені шляхом використання більш коротких довжин хвиль, однак короткі хвилі можуть поглинатися атмосферою, а також блокуватися дощем або краплинами води. Досліди з передачі десятків кіловат електроенергії проводились в Голдстоуні, штат Каліфорнія, у 1975 році і у 1997 році в Гранд Басині на острові Реюньон. В ході експериментів досягнута передача енергії на відстань порядку одного кілометра.

У випадку, коли довжина хвилі електромагнітного випромінювання наближається до видимої області спектру (від 10 мкм до 10 нм), енергію можна передати шляхом її перетворення у промінь лазера, який потім може бути напрямлений на фотоелемент приймача.

Лазерна передача енергії у порівнянні з іншими методами бездротової передачі володіє низкою переваг:

- монохроматична світлова хвиля, володіючи малим кутом розходження, дозволяє вузькому пучку ефективно передавати енергію на великі відстані;
- компактний розмір твердотільного лазера – фотоелектричного напівпровідникового діода зручний для невеликих виробів;
- лазер не створює радіочастотних завад для існуючих засобів зв'язку, таких як Wi-Fi і стільникові телефони;
- контроль доступу, оскільки тільки приймачі, освітлені лазерним променем, отримують електроенергію.

Даний метод має і низку недоліків:

- перетворення низькочастотного електромагнітного випромінювання у високочастотне, яким є світло, неефективне. Перетворення світла назад в електрику також неефективне, оскільки ККД фотоелементів досягає 40-50 %, хоча перетворення монохроматичного світла значно вище, ніж ефективність сонячних панелей;
- втрати в атмосфері;
- як і при мікрохвильовій передачі, цей метод потребує прямої видимості між передавачем і приймачем.

Технологія передачі потужності за допомогою лазера раніше, в основному, досліджувалася при розробці нових систем озброєнь і в аерокосмічній промисловості, а на даний час розробляється для комерційної і побутової електроніки в малопотужних пристроях.

Драйденський льотно-дослідницький центр НАСА продемонстрував політ легкого безпілотного літака-моделі, який живився лазерним променем. Це довело можливість

періодичної підзарядки шляхом лазерної системи без необхідності приземлення літального апарату.

У 2009 році у змаганнях НАСА з передачі енергії лазером перше місце і приз у \$900 тис. отримала компанія LaserMotive, продемонструвавши власну розробку, здатну діяти на відстані в один кілометр. Лазер переможця зміг передати потужність у 500 Вт на відстань 1 км з 10 % ККД.

Сьогодні є декілька методів розв'язання задачі бездротової передачі енергії, правда, усі вони на даний час дозволяють досягнути несуттєвих в глобальному плані результатів; мова йде навіть не про кілометри. Такі методи, як ультразвукова, лазерна і електромагнітна передача, мають суттєві обмеження (короткі дистанції, необхідність прямої видимості передавальних пристроїв, їх розмір, а у випадку з електромагнітними хвилями – дуже малий ККД і небезпека для здоров'я від потужного поля). Тому самі перспективні розробки пов'язані з використанням магнітного поля, а точніше – резонансної магнітної взаємодії. Одна з них – WiTricity [3], розробкою займається концерн WiTricity corporation, заснований професором МІТ Маріном Солячічем з співробітниками.

Так, у 2007 році їм вдалося передати струм потужністю 60 Вт на відстань 2 м. Його було достатньо для свічення лампочки, а ККД складав 40 %. Але незаперечною перевагою цієї технології є те, що вона практично не взаємодіє ні з живими організмами (сила поля, за твердженням авторів, у 10 тис. разів слабша, ніж те, що існує у серцевині магнітно-резонансного томографа), ні з медичним обладнанням (кардіостимулятори), ні з іншим випромінюванням, а значить, не завадить, наприклад, роботі того ж Wi-Fi.

Що саме цікаве, на ККД системи WiTricity впливають не тільки розмір, геометрія і налаштування котушки, а також дистанція між ними, але й і число споживачів, причому у позитивному плані. Два приймальних прилади, розміщених на відстані від 1,6 до 2,7 м по обидва боки від передавальної антени, показали на 10 % кращий ККД, ніж окремо взяті – це розв'язує проблему під'єднання багатьох пристроїв до одного джерела живлення.

В ході подальших експериментів спеціалісти WiTricity довели потужність передачі до 3 кВт. ККД залежить від багатьох параметрів, однак, як стверджує корпорація, при достатньо близьких котушках він може перевищувати 95 %. Середні втрати енергії складають 25-30 %, а відстань передавання енергії не перевищує декількох десятків метрів, причому чим більше віддалені один від одного резонатори, тим більше зменшується ККД.

Висновки. На даний момент це самі перспективні технології передачі електроенергії без дротів. Звичайно, існують і інші проекти і ідеї, але вони, в основному, знаходяться у зародковому стані. Бездротова зарядка пристроїв – річ хороша. Але потужності, які виникають при ній, достатні тільки для певних цілей. За допомогою цих технологій поки що неможливо навіть освітити будинок, не кажучи про роботу великої побутової техніки. Тим не менше, експерименти по високопотужній бездротовій передачі електроенергії проводяться і надалі. Як бачимо, поки що обійтися без дротів навіть у межах квартири практично нереально. Але будемо сподіватися, що в майбутньому повториться ситуація з мобільним зв'язком, який практично за 20 років з дорогої і мало поширеної іграшки перетворився в один із самих зручних засобів комунікації.

Цікавим і перспективним є застосування бездротової передачі електроенергії для приведення в рух громадського електротранспорту. Зокрема, електротранспорту з використанням електромагнітної індукції (Online Electric Vehicle – OLEV) [4, 5], який був презентований у 2010 році дослідниками з Корейського інституту науки і технологій (KAIST). Такий транспорт не потребує проведення повітряних ліній електропередач. Для нього достатньо прокласти спеціальну електромагнітну лінію під дорожнім покриттям.

ЛІТЕРАТУРА

1. Shinohara N. The wireless power transmission: inductive coupling, radio wave, and resonance coupling // Wiley Interdisciplinary Reviews : Energy and Environment. – 2012. – Vol. 1.– P. 337-346.
2. Dionigi M., Mongiardo M. A novel coaxial loop resonator for wireless power transfer // Int. J. of RF and Microwave Computer.–2012. – Vol. 22. – P. 345-352.
3. Kurs A., Karalis A., Moffatt R., Joannopoulos J.D., Fisher P., Soljačić M., Wireless Power Transfer via Strongly Coupled Magnetic Resonances // Science. – 2007. – Vol. 317. – P. 83-86.
4. Huh J., Lee W. Y., Cho G. H., Lee B. H., Rim C. T., Characterization of novel inductive power transfer systems for On-Line Electric Vehicles // IEEE APEC. – 2011. – P. 1975-1979.
5. Lee S., Choi B., Rim C. T. Dynamics characterization of the inductive power transfer system for On-Line Electric Vehicles by Laplace Phasor Transform // IEEE Trans. on Power Electronics. – 2013. – Vol. 28. – P. 5902-5909.

ОДИН ІЗ ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВЛОВЛЕННЯ ЗЕРНОВОГО ПИЛУ ПРИ ЙОГО ЗАВАНТАЖЕННІ В СУДНА

Батлук В.А., Климець В.В.

Національний університет «Львівська політехніка»
(Україна)

Постановка проблеми. Зерно – найважливіший продукт сільського господарства, який є основним джерелом харчування людини, кормовою базою продуктивного тваринництва і сировиною для технічного виробництва. Зерно добре зберігається в сухому вигляді, легко транспортується на великі відстані, не вимагає спеціальних транспортних засобів, має високу сипкість і піддається простим засобам механізації завантаження та розвантаження, але при цьому утворюється зерновий пил, який є однією з найбільш складних проблем всієї галузі. Результати впливу зернового пилу коливаються від негативного до катастрофічного та несуть в собі дуже велику екологічну небезпеку, адже спричиняють негативну дію на живі організми та довкілля. Ми маємо замкнуте коло, вирватися з якого можливо лише через створення надійних екологічних систем захисту від шкідливих викидів у повітря. Разом з тим окрім екологічної небезпеки зерновий пил несе в собі й велику пожежну та вибухонебезпеку.

Отже, зменшення кількості забруднень, що надходять у довкілля з агропромислових об'єктів, та встановлення рівня їх впливу на довкілля є актуальною проблемою сьогодення, має екологічне, соціальне та народногосподарське значення. Розроблення нових технологій обробки зернових матеріалів з вдосконаленими та принципово новими методами і засобами пилоочиснення дозволить спроектувати їх із заздалегідь прогнозованими параметрами і є актуальною науковою і практичною задачею, вирішення якої сприятиме зменшенню кількості техногенних забруднень, підвищенню рівня екологічної безпеки об'єктів, регіону та Держави.

Аналіз останніх досягнень. Наявні пристрої систем аспірації на даний час морально застаріли та технічно зношені і вже не в змозі забезпечити належний ступінь очистки повітря від пилу, що викликає потребу їх удосконалення [2]. Виникло протиріччя: з одного боку - суттєво мають бути підвищені потенційні можливості систем очистки, з іншого боку - зросли труднощі в реалізації цих можливостей внаслідок експлуатаційних можливостей апаратури. Ускладнення систем пилоочистки при одночасному підвищенні вимог щодо ефективності їх роботи вимагає прийняття певних мір по розробці високоефективних апаратів пиловловлення. В той же час проведений аналіз праць вітчизняних та закордонних дослідників показує, що до даного часу багато важливих з теоретичної і практичної сторони питань аеродинаміки закручених потоків вивчені недостатньо, а вибір пиловловлюючого обладнання проводиться чисто інтуїтивно.

Метою роботи є розроблення заходів спрямованих на зниження антропогенного навантаження на довкілля від пилових викидів зернових транспортерів шляхом удосконалення пилоочисного устаткування на основі результатів експериментальних досліджень та математичного моделювання.

Виклад основного матеріалу. Для вирішення поставленого завдання необхідно було створити пиловловлювач, в якому пилогазовий потік окремо звільняється від великодисперсного пилу, а вже після цього попадає на жалюзійний відокремлювач, чим досягається підвищення ефективності очистки [1, 2].

Ефективності, які ми отримали при дослідженні існуючих апаратів недостатньо для досягнення вимог ГДВ і ГДК тому нами розроблена конструкція комбінованого апарата (рис. 1, вигляд спереду), який складається із вхідного тангенційного патрубку 1, циліндрично-конічного корпусу 2, осьових: вихлопного патрубку 3, виходу чистого повітря і пиловипускного патрубку 4. В середині корпусу 2 коаксіально розташований жалюзійний відокремлювач 5, який складається з жалюзі 6. У нижній частині жалюзійного

відокремлювача 5 із зовнішньої сторони його дна навпроти патрубка виходу пилу встановлені на ланцюжках 8 відбивні кульки 7 конічної форми з конусністю направленою вгору у напрямку до патрубка 3 виходу очищеного повітря.

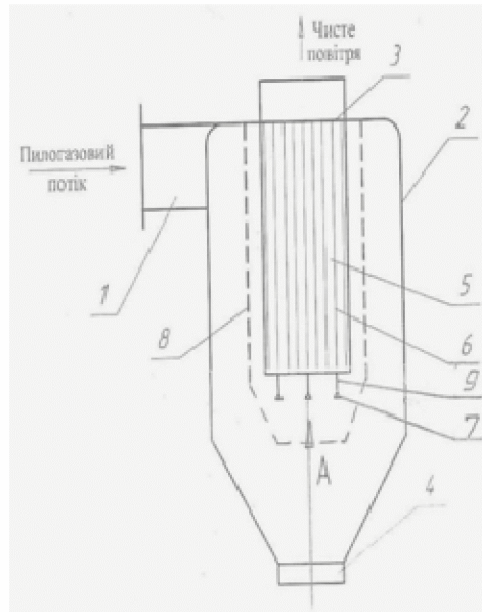


Рисунок 1 – Конструкція комбінованого апарату

Працює пиловловлювач наступним чином. Потік повітря разом зі зваженими частинками пилу по патрубку 1 тангенційно подається всередину корпуса 2, де здійснює гвинтоподібний рух зверху вниз, спочатку навколо вихлопного патрубка 3, де відбувається пошарове розділення потоку під дією відцентрових сил. Великодисперсні частинки пилу відкидаються до внутрішньої стінки циліндричної частини корпуса 2 і під дією сили ваги опускаються вниз до патрубка виходу пилу 4. Пошарово розділений потік попадає в зону дії вертикальної перегородки 8, де відбувається його вторинна очистка під дією сил інерції. Повітря, що обертається навколо вертикальної перегородки 8 проходить крізь отвори в ній, здійснюючи при цьому різкий поворот малого радіусу на кут більше 90° , але менше 180° . Частинки пилу також здійснюють цей поворот, але завдяки силі інерції мають більший радіус повороту ніж повітря, і в результаті вони вдаряються об перегородку 8, відбиваються від неї і знову попадають в потік, що рухається коло стінки 2 корпуса пиловловлювача. Таким чином відбувається вторинне очищення пилу від великодисперсного пилу, який не виділився в результаті пошарового розділення потоку. Так здійснюючи декілька відбивань від перегородки 8, частинки пилу або попадають в гвинтоподібний повітряний потік, який рухається вздовж внутрішньої частини корпуса 1, де змішується з частинками пилу, які відбилися при першій ступені очистки, або попадають в повітряний потік, який проходить вздовж перегородки 8 і весь процес пиловиділення повторюється. По мірі гвинтоподібного руху пилоповітряної суміші навколо вертикальної перегородки 8 зверху вниз кількість повітря зменшується за рахунок виведення чистого повітря через отвори в ній. Пилоповітряний потік, який проскочив через отвори вертикальної перегородки 8 обертається навколо жалюзійного відокремлювача 5 проходить крізь щілини між жалюзі 6, здійснюючи при цьому різкий поворот малого радіусу на кут більше 90° , але менше 180° . Частинки пилу також здійснюють цей поворот, але завдяки силі інерції мають більший радіус повороту ніж повітря, і, в результаті, вони вдаряються об жалюзі 6, відбиваються від них і попадають в потік, що рухається коло внутрішньої стінки вертикальної перегородки 8. Так здійснюючи декілька відбивань від жалюзі 6, частинки пилу або попадають в гвинтоподібний повітряний потік, який рухається вздовж внутрішньої частини вертикальної перегородки 8, де змішується з частинками пилу, які вже відбилися від жалюзі 6 відокремлювача 5, або

попадають в повітряний потік, який проходить вздовж жалюзійного відокремлювача 5. Об'єм повітря, яке підходить до кожної жалюзі 6 зверху вниз зменшується на його об'єм, який пройшов між жалюзі зверху. По мірі гвинтоподібного руху пилоповітряної суміші навколо жалюзійного відокремлювача 5 зверху вниз кількість повітря зменшується за рахунок виведення чистого повітря через щілини між жалюзі 6 жалюзійного відокремлювача 5 (швидкість його обертання, відповідно і швидкість проходження через жалюзійний відокремлювач, лишається постійною). Пил, який проскочив між жалюзі 6 відокремлювача 5 або виноситься разом із очищеним повітрям через патрубок 3 назовні, або збирається в бункері 7 відокремлювача (в залежності від його величини). Пил, який рухається між жалюзійним відокремлювачем 5 і вертикальною перегородкою 8 збирається в бункері 9 перегородки 8.

На експериментальному стенді Львівського державного університету безпеки життєдіяльності проведені порівняльні дослідження запропонованого комбінованого пиловловлювача з еталонним апаратом на стандартному експериментальному пилу – кварцовому піску і на зерновому пилу (табл. 1, рис. 2-5)

Таблиця 1 – Порівняльні дослідження пиловловлювачів

Витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год}$	Ефективність пиловловлення, %			
	запропонований		еталонний апарат	
	Розмір пилу, 10^{-6}м			
	32	50	32	50
1000	83,1	84,2	79,8	81,0
1500	84,8	86,7	81,5	83,4
2000	86,7	89	83,4	85,2
2500	89	91,5	84,3	88,1
3000	92,1	94,6	87,1	88,6

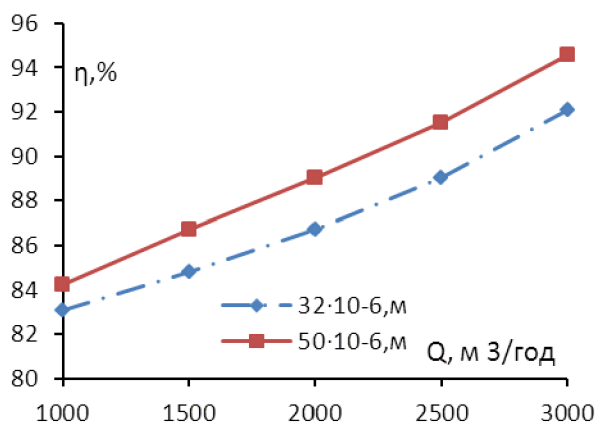


Рисунок 2 – Залежність ефективності роботи пиловловлювача комбінованого від витрат повітря

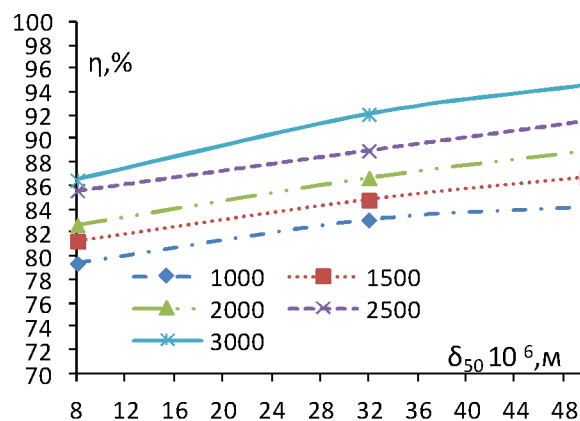


Рисунок 3 – Залежність ефективності роботи пиловловлювача комбінованого від медіанного діаметру

Ефективність його роботи на експериментальному пилу при витратах повітря 3000 $\text{м}^3/\text{год}$, складає 98,6 %, а гідравлічний опір 646 Па. Градієнти тисків систем пиловловлення, які реалізують зустрічні швидкісні потоки повітря перевищує швидкості витання «важких» фракцій пилу [5]. Мінімізована енергоємність що дає зменшення питомої витрати потужності знепилювання на 60% в порівнянні з традиційними аспіраційними установками. Мінімізація матеріаломісткості, питома вага повітроводів знижена до 2 - 3 разів.

Переваги запропонованої конструкції пояснюється тим, що пилогазовий потік окремо звільняється від великодисперсного пилу при проходженні через проникну перегородку, а вже після цього попадає на жалюзійний відокремлювач, чим досягається підвищення ефективності очистки.

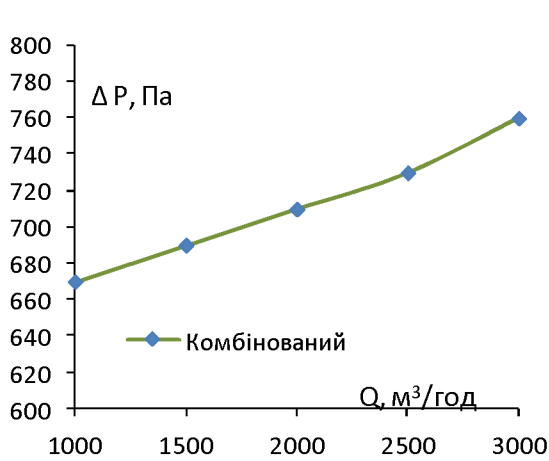


Рисунок 4 – Залежність гідравлічного опору пиловловлювача від витрат повітря

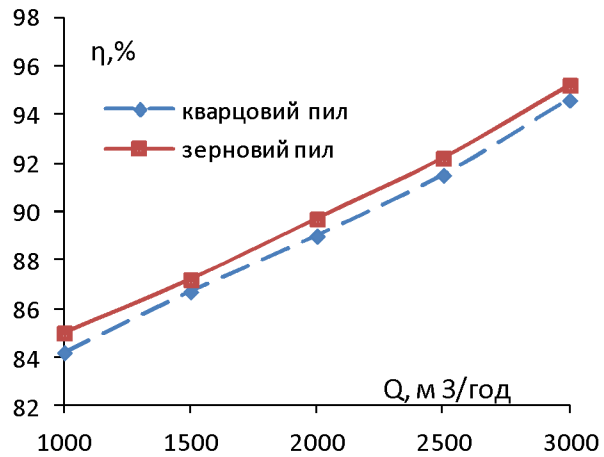


Рисунок 5 – Залежність ефективності роботи пиловловлювача комбінованого від витрат повітря

Висновки та перспективи подальших досліджень. Отримано постановку та чисельний розв'язок задачі про тривимірний турбулентний рух несучої фази. За результатами чисельного моделювання гідродинаміки несучого повітря встановлено закономірності розподілу швидкостей, які обґрунтовують гідродинамічну роль проникної циліндричної перегородки (вставки), встановленої між корпусом та жалюзійним відокремлювачем. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень експлуатаційних і технологічних характеристик циклонів обґрунтовано доцільність встановлення жалюзійного відокремлювача, який підвищує ефективність роботи пиловловлювача на 3–5 % при зниженні швидкості руху потоку повітря у вхідному патрубку від 18-20 м/с до 11-16 м/с, а гідравлічний опір апарата при цьому знижується порівняно з прототипом у 1,5-2 рази [3, 4]. Впровадження результатів роботи дало змогу підвищити ефективність процесу очищення повітря від зернового пилу та довести концентрацію аерозолі до норм гранично – допустимих концентрацій.

В даний час йде впровадження цілого ряду запропонованих пиловловлювачів при роботі транспорту, при обробці деревини, переробці відходів гуми, виробництві цементу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент 50265. Пиловловлювач із відбиваючими конусами / В. В. Климець. – заявка u200914008B01D45/00 від 31.12.2009. Опубл. 25.05.2010, Бюл. №10.
2. Патент 50554. Пиловловлювач із розділенням потоків / В.В. Климець – заявка u200914004B01D45/00 від 31.12.2009. Опубл. 10.06.2010, Бюл. №11.
3. Климець В. В. Створення принципово нових конструкцій апаратів для вловлення пилу, що налипає / В. В.Климець; І. М.Козира // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доповідей XXI міжнародної науково-практичної конференції. Ч.І. (29-31 травня 2013р., Харків) / За ред. проф. ТОВАЖНЯНСЬКОГО Л. Л. – Харків, НТУ«ХПІ». – С. 324.
4. Батлук В. А. Математичне моделювання траєкторії руху частинки пилу у пиловловлювачі з жалюзійним відокремлювачем / В. А. Батлук, І. М. Козира, В. В. Климець // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика». – Вінниця, 2010. – № 3(29). – С.30-34.
5. Батлук В. А. Математичне моделювання траєкторій руху частинки пилу у пиловловлювачі з жалюзійним відокремлювачем / В. А. Батлук, І. М. Козира, В. В. Климець // Всеукраїнський науково-технічний журнал «Промислова гідравліка і пневматика». – Вінниця, 2011. – № 43 (4). – С. 30-34.
6. Батлук В. А. Вирішення питання очистки повітря від пилу в сучасних енергозберігаючих технологіях в будівництві / В. А. Батлук, М. В. Басов, В. В. Климець // Motrol motoryzacja i energetyka rolnictwa motorization and power inlustry in Agriculture. – 13.12.2011, Lublin. – P. 57-62.

ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЗАБРУДНЕНOSTІ ДОВКІЛЛЯ ВИРОБНИЧИМ ПИЛОМ В ЦЕМЕНТНІЙ ПРОМИСЛОВOSTІ

Батлук В.А., Параняк Н.М., Стець Р.Є.

Національний університет «Львівська політехніка»

(Україна)

Вступ. Одна з глобальних проблем, що стоять перед людством – забруднення всіх компонентів природного середовища в масштабах тих, що перевищують його здатність до самоочищення. На сьогодні актуальним питанням постає саме впровадження технологічних процесів спрямованих на захист атмосфери, які б очищали газоподібні відходи перед їх викидом в атмосферу. Підприємства, установи, організації, діяльність яких пов'язана з негативним шкідливим впливом на атмосферне повітря, повинні вживати заходів щодо зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин і зниження шкідливого впливу фізичних і біологічних факторів, здійснювати контроль за обсягом та складом забруднюючих речовин, забезпечувати безперебійну та ефективну роботу очисного обладнання.

Виробничий пил є одним з найбільш розповсюджених і несприятливих факторів, що впливають на здоров'я людини. В різних галузях промисловості і сільського господарства багато виробничих процесів зв'язано з утворенням пилу. Вивчення цієї проблеми дозволить краще з'ясувати особливості функціонування людських організмів в умовах техногенного забруднення довкілля.

Зміни в довкіллі супроводжуються екологічними кризовими явищами та набули загрозового характеру для подальшого існування людської цивілізації. Порушення здоров'я людини, стану флори та фауни можна вважати інформативним методом оцінки рівня екологічної напруженості територій, які підлягають хронічному антропогенному впливу різного характеру та інтенсивності.

Екологічна безпека у сучасних публікаціях оцінюється впливом окремих чинників забруднення на довкілля за різними показниками без врахування техногенних забруднень від промислових об'єктів.

Отже, зменшення кількості забруднень, що надходять у довкілля з промислових об'єктів, та встановлення рівня їх впливу на довкілля є актуальною проблемою сьогодення, має екологічне, соціальне та народногосподарське значення. Розроблення нових технологій виробництва будівельних матеріалів з вдосконаленими та принципово новими методами і засобами пилоочищення сприятимуть зменшенню кількості техногенних забруднень, підвищенню рівня екологічної безпеки об'єктів, регіону та держави.

Аналіз останніх досягнень. Цементна промисловість належить до низки галузей особливо небезпечних за пиловим чинником. Необхідно констатувати той факт, що на сьогоднішній день гостро стоїть проблема вирішення питання вловлення дрібнодисперсних фракцій пилу.

Для зменшення виділення в атмосферу пилу на цементних заводах застосовують такі заходи: укриття місць з можливим інтенсивним пиловиділенням, установка рукавних фільтрів, електрофільтрів, циклонів, витяжних вентиляційних систем тощо. Реалізація цих заходів може бути, як автономною, так і комплексною у поєднанні один з одним. У місцях, де пиловиділення в робочі зони незначне, за потреби використовуються індивідуальні засоби захисту органів дихання, а герметичні кабіни для персоналу встановлюються в місцях з високими концентраціями пилу [1, 2, 3, 5]. Дослідження виробничих дільниць цементних заводів з організованими джерелами викидів дало змогу встановити, що при застосуванні вищенаведених заходів знепилення, концентрація пилу

на робочих місцях не перевищує ГДК, а перевищення регламентних рівнів запиленості спостерігається тільки при порушенні правил експлуатації пиловловлюючих агрегатів.

У виробничих підрозділах цементних заводів із неорганізованими джерелами пиловиділення (дільниця транспортування сировини й цех готової продукції) практично відсутні заходи щодо боротьби з пилом. При обсягах виробництва цементу до 1 млн. тонн на рік це виправдовує себе, тому що концентрації пилу на робочих місцях лише іноді незначно перевищують ГДК і пилонебезпека в цих випадках легко усувається за допомогою індивідуальних засобів захисту органів дихання. Однак навіть в умовах інтенсифікації виробництва цементу ці заходи не дають змоги забезпечити нормальні санітарно-гігієнічні умови праці за пиловим чинником і що особливо небезпечно - це його зростаючий вплив на оточуюче середовище [6].

Комплексне вирішення еколого-гігієнічних проблем дасть змогу оптимізувати та цілеспрямовано керувати процесом оздоровлення довкілля і зміцненням здоров'я населення.

Метою роботи є завдання створити пиловловлювач для очистки повітря від цементного пилу та пилу вапна саме тому була розроблена конструкція апарата, а саме пиловловлювач з теплообмінником і змійовиком та попередньою очисткою - комбінований апарат.

Виклад основного матеріалу. Спільним недоліком багатьох відомих конструкцій пиловловлювачів є значне зниження ефективності їх роботи через необхідність частої заміни пиловловлювача, який виходить з ладу через високу температуру пилогазового потоку, що в нього подається, а також погіршенням аеродинамічних характеристик потоку через високу температуру пилогазового потоку, який в ньому рухається [4]. Тому перед подачею в відцентрово-інерційний апарат повітряний потік необхідно охолодити. Для цього можемо використати спеціальні теплообмінники, які дозволяють знизити температуру на 600°C .

Охолодження пилогазового потоку перед подачею його в пиловловлювач приводить до покращення умов виділення твердих частинок пилу з потоку і запобігає руйнуванню як стінок корпусу апарата, так і жалюзі відокремлювача, а все це призводить до підвищення ефективності пиловловлення та продовження строків служби апаратів для очистки повітря від пилу. З цією метою нами було розроблено ще одне рішення – комбінований пиловловлювач, в якому для пониження температури пилоповітряної суміші між апаратом з теплообмінником і змійовиком і відцентрово-інерційним пиловловлювачем використовували пилоосадочну камеру, тобто об'єднали в одній конструкції зразу два запропоновані нами апарати, а саме пиловловлювач з теплообмінником і змійовиком та попередньою очисткою (рис. 1).

Крім зниження температури це дозволить знизити абразивність потоку за рахунок того, що в камері будуть вловлені великодисперсні частинки. Охолоджений повітряний потік, з якого видалені найбільші частинки, буде подаватися у відцентрово-інерційний пиловловлювач. Процес сепарації буде проходити при кращих умовах, що дозволить підвищити його ефективність, одночасно знизивши гідравлічний опір апарата.

Застосування пилоосадочної камери для зниження температури потоку має кілька переваг у порівнянні з охолоджувачем. По-перше гідравлічний опір пилоосадочної камери є незначним. По-друге за рахунок великої площі поверхні процес тепловіддачі буде проходити доволі швидко.

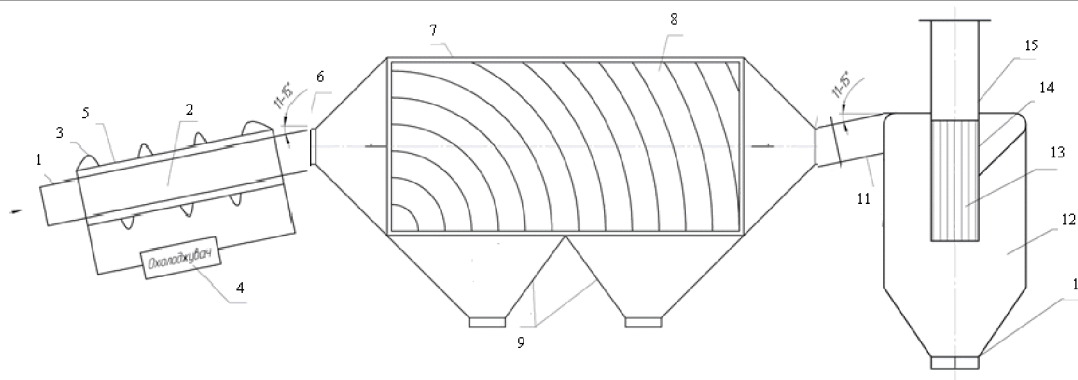


Рисунок 1 – Комбінований пиловловлювач

1 – внутрішня труба теплообмінника; 2 – теплообмінник; 3 – змійовик; 4 – охолоджувач; 5 – зовнішня труба теплообмінника; 6 – тангенційний вхідний патрубков; 7 – циліндрично-конічний корпус попередньої очистки; 8 – зигзагоподібні канали; 9 – приймальні воронки; 10 – пиловипускний патрубков; 11 – вхідний патрубков циліндрично-конічного корпуса пиловловлювача; 12 – корпус пиловловлювача; 13– жалюзійний відокремлювач; 14 – жалюзі; 15– вихлопний патрубков

На рис. 2а, представлено рух повітряних потоків в апараті, який складається з пилоосадочної камери типу «пиловий мішок», яка під'єднана до відцентрово-інерційного пиловловлювача. Колір траєкторії відображає температуру повітряного потоку. Температура на вході в камеру складає 1150°C . На вході в циклон – близько 900°C . Різниця температур складає 250°C . На рис. 2б, показано швидкості повітряних потоків всередині пилової камери.

Найвищі швидкості повітряного потоку ми спостерігаємо у верхній зоні пилоосадочної камери при тому, що внизу вони практично дорівнюють нулю. Для інтенсифікації процесу теплообміну необхідно підняти швидкість руху повітряних потоків всередині камери. Тут ми маємо певне протиріччя: підвищення швидкості потоку приведе до зниження температури потоку на виході з камери, що зразу приведе до зниження ефективності вловлення частинок пилу. Тому, після чисельних експериментів, нами була запропонована конструкція пилоосадочної камери з зигзагоподібними гофрами рис. 3.

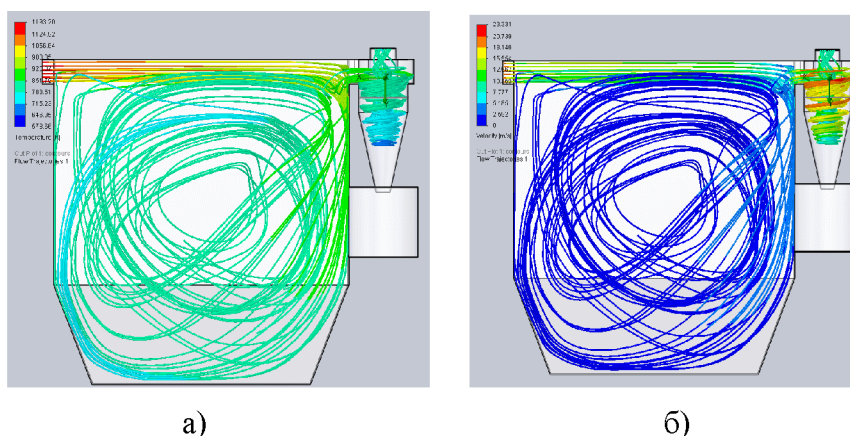


Рисунок 2 – Рух пилоповітряних потоків в пилоосадочній камері: а)траєкторії, б) швидкості

Зміна характеру руху потоку буде мати вплив й на процес теплообміну. На рисунку 3 представлено розподіл температури потоку в комбінованому апараті. Так на вході в пилоосадочну камеру температура повітряного потоку складає, як і у першому випадку, 1150°C . При цьому на вході у відцентрово-інерційний пиловловлювач вона знизилася до близько 650°C . Таке зниження температури є значним.

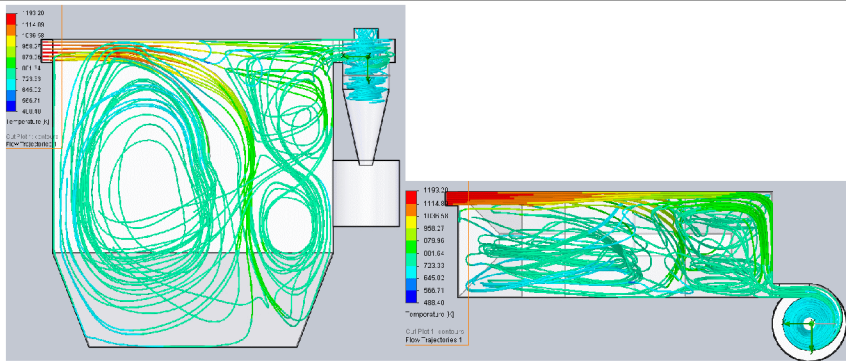


Рисунок 3 – Розподіл температури потоку в комбінованому апараті

Таким чином застосування в технологічних процесах виробництва будівельних матеріалів комбінованого пиловловлювача дозволяє знизити температуру пилогазового потоку на 200-250 градусів на ділянці розташування теплообмінника типу «труба в трубі» і на 500-600 градусів в подальшому при проходженні його через пилоосадочну камеру. При необхідності ще більшого пониження температури можна збільшити геометричні розміри пилоосаджувальної камери і підібрати більш потужний теплообмінник, але всі ці зміни приведуть до збільшення гідравлічного опору установки. В такому випадку необхідно буде вибирати між необхідністю зниження температурних режимів і енергоємністю

Висновки і перспективи подальших досліджень. Впровадження пиловловлювача запропонованої конструкції для очищення викидів цементного і вапняного виробництв дозволило тільки шляхом заміни існуючих апаратів пилоочищення (циклонів ЦН-11) збільшити ефективність пиловловлення на 9-12,5 зменшивши при цьому гідравлічний опір на 80-100 Па і габаритні розміри установки в 1,2 рази та довести концентрацію їх до норм гранично допустимих концентрацій. Результати розрахунку і аналіз карт розсіювання шкідливих речовин в приземному шарі атмосферного повітря показали, що для всіх джерел викиду, які обладнані пиловловлювачами ЦН-11, виявлено перевищення ГДК для цементного пилу, при цьому максимальні концентрації в частках ГДК дорівнюють для 5 пиловловлювачів – 2,549 ГДК. У випадку джерел викиду, що обладнані розробленими пиловловлювачами, перевищення ГДК не спостерігається в жодному населеному пункті.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алиев Г. М. – А. М. Устройство и обслуживание газоочистных и пылеулавливающих установок / Г. М. – А. М. Алиев. – М. : Металлургия, 1983. – 296 с.
2. Баркалов Б. В. и др. Справочник проектировщика. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Б. В. Баркалов. – Книга 2. – М. : Стройиздат, 1992. – 416 с.
3. Батлук В. А. Основы экологии и охрана окружающей природной среды: [учебное пособие] / В. А. Батлук. – Львов : Афиша, 2001. – 333 с.
4. Батлук В. А. Експериментальні дослідження відцентрово-інерційних пиловловлювачів для уловлення цементного пилу / В. А. Батлук, Н. М. Параняк, Р. Є Стець // Гідроаеромеханіка в інженерній практиці : XVIII міжнар. наук.-техніч. конф., (21-24 верес., 2013 р.). – К. : НТУУ «КПШ», 2013. – 145 с.
5. Войцицький А. П. Екологічна стандартизація та нормування антропогенного навантаження на природне середовище: теоретичні основи і розрахунковий практикум: навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / А. П. Войцицький, М. Ф. Рибак, С. Б. Шваб // Житомирський національний агроекологічний ун-т. – Житомир : ЖДУ ім. І. Франка, 2009. – 260 с.
6. Природоохоронна практика : Метод. рек. / Чернівецький національний ун-т ім. Юрія Федьковича / Б. В. Скіп (уклад.). – Чернівці : Рута, 2005. – 31 с.

КІНЕТИКА ОКИСЛЮВАННЯ СІРКОВОДНЮ КИСНЕМ У ПОВІТРІ СУДНОВИХ ПРИМІЩЕНЬ

Лейбович Л.І., Пацурковський П.А.

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

Вступ. Необхідність розвитку незалежної енергетики України зв'язано з пошуком і освоєнням альтернативних джерел енергії. До таких джерел енергії відноситься сірководень Чорного моря. Однак, його добича та переробка зв'язана з рішенням складних екологічних проблем.

Аналітичний огляд можливостей розвитку альтернативної енергетики України на основі добутого з води Чорного моря сірководню представлений у роботі [1]. Згідно даних роботи [1] за рахунок процесу редукції сульфату зростання кількості сірководню в товщі води Чорного моря є 87...96% від його утвореної за рік кількості. Загальні запаси сірководню Чорного моря оцінюються на рівні 28...63 мільярдів тонн.

Засоби виділення та використання сірководню у якості палива є достатньо складними та екологічно небезпечними. Також широкому використанню сірководню у якості альтернативного палива заважає його висока токсичність. Гранично припустима концентрація сірководню у воді 1 мг/л, а в повітрі - 0,01 мг/л. Поріг сприйняття його запаху в повітрі складає 0,000012...0,00003 мг/л.

Тому використання сірководню у якості альтернативного палива потребує не тільки розробки досконалого облачення енергетичного комплексу, а й розробки засобів захисту навколишнього середовища та безпеки персоналу сіркопереробних комплексів.

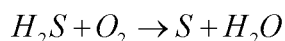
Актуальність досліджень. Запатентовано досить багато способів видобутку сірководню з води. Практично усі вони є деякими різновидностями методу, викладеному в патенті [2]. При такому способі добичі сірководню води з розчиненим сірководнем, підняті на поверхню зі дна Чорного моря, складаються в непротічні нагромаджувачі без попереднього очищення, що приводить до забруднення атмосферного повітря і ґрунту сірководнем, що виділяється з них [3]. Це потребує оснащення комплексів добичі сірководню засобами захисту персоналу та навколишнього середовища.

Аналіз засобів очищення повітря від сірководню показує, що вони розроблялися до вимог розташування їх на суші [4]. Особливості розташування засобів очищення повітря на судні потребує удосконалення та переробки їх таким чином, щоб вони відповідали умовам експлуатації на судні. У суднових умовах недопустимо використання засобів очищення повітря від сірководню, які потребують запасів сорбентів чи засобів очищення повітря від вторинних забруднюючих речовин від каталітичних (плазмокатлітичних) засобів очищення повітря.

Економічність засобів очищення повітря у суднових приміщеннях значно зростає, якщо використовуються замкнуті системи циркуляції повітря в приміщенні [5]. Це потребує використання високоефективних засобів очищення повітря

Достатньо перспективним для використання на судах є абсорбційно-електрохімічний спосіб очищення повітря від сірководню [6]. Цей засіб не потребує запасів сорбентів тому, що вони генеруються з морської води та регенеруються електрохімічними засобами. Але цей засіб недостатньо досліджений для умов очищення повітря замкнутих суднових приміщень.

Постановка задачі. Сірководень, який поступає у повітря суднових приміщень може мимовільно окислюватися киснем, який знаходиться у повітрі, по наступній хімічній реакції [7]



Оцінка ефективності очищення повітря від сірководню якимось фізичним методом може бути виконана на умові врахування кінетики окислювання його киснем, який знаходиться у повітрі.

Аналіз літературних даних показує, що недостатньо даних для оцінки кінетики мимовільного окислювання сірководню киснем безпосередньо в повітрі приміщення. Попередню оцінку мимовільного окислювання сірководню киснем можна зробити на підставі даних по окислюванню сульфідів натрію [3]. Обробка наведених у роботі [3] даних дає наступну регресійну залежність

$$\frac{dC}{dT} = \frac{0,15}{T^{0,7}} - 0,02,$$

де $C=c/c_{\text{нач}}$ – відносна концентрація сульфідів натрію у досліджуваному розчині; c – поточне значення концентрації сульфідів натрію, мг/м³; $c_{\text{нач}}$ – початкове значення концентрації сульфідів натрію $T= \tau/\tau_e$ – відносний час проведення дослідження.; τ – поточний час дослідження; τ_e – час завершення дослідження. С.

Аналіз наведеного рівняння по кінетиці окислювання сульфідів натрію у воді киснем, що розчиняється з повітря у досліджуваній розчин показує, що при накопиченні продуктів хімічної реакції у розчині процес окислювання закінчується. Таким чином, можна зробити висновок, що у досліджуваному розчині [3] крім сірки накопичується SO₂, як небажаний продукт окислювання сірководню.

Можна припустити, що для процесів окислювання сірководню безпосередньо у повітрі замкнутого суднового приміщення також процес окислювання киснем повітря завершиться за деякий період часу. Це потребує експериментальної перевірки. Тому задачами досліджень окислювання сірководню киснем повітря у судових приміщеннях були:

- створення дослідницького стенду;
- проведення дослідів щодо кінетики окислювання сірководню киснем повітря;
- перевірка можливості використання газоаналізатору з електрохімічним датчиком для зняття кінетичних кривих окислювання сірководню у повітрі замкнутого приміщення.

Результати досліджень Схема дослідницького стенду наведена на рис. 1

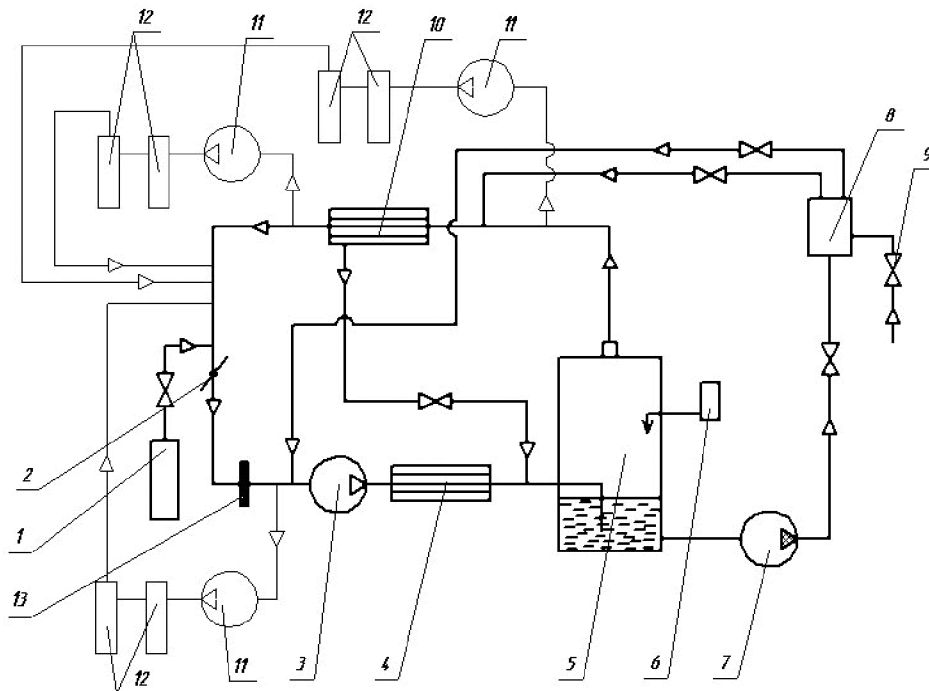


Рисунок 1 – Схема стенду по досліджуванню кінетики окислювання сірководню киснем у повітрі суднових приміщень

Сірководень змішується з повітрям, що циркулює по замкнутому контурі. У контурі встановлена заслінка 2, за допомогою якої здійснюється регулювання витрати повітря. Циркуляція газу, що складає з повітря і розчиненого в ньому сірководню, здійснюється вентилятором 3. В усмоктувальний патрубок вентилятора 3 підведена трубка, по якій у вентилятор може подаватися активована вода з електрохімічного реактора. Вода, попадаючи на лопатки, дробиться, завдяки чому відбувається інтенсифікація процесу розчинення сірководню у воді. Виходячи з цього, вентилятор 3 виконує функції апарата очищення повітря від сірководню. Після вентилятора 3 установлений щілинний сепаратор 4, призначений для сепарації часток води. Після щілинного сепаратора 4 газ і вода подаються під рівень рідини в сепаратор 5. Також у сепаратор 5 дозатором 6 може подаватися сорбент - окислювач для вивчення процесів абсорбції – електрохімічного очищення повітря в замкнутих суднових приміщеннях.

Для зняття кінетичних кривих окислювання сірководню у замкнутому контурі дослідного стенду використався газоаналізатор ІСС українського виробництва. Газоаналізатор містить процесорний блок контролю з видачею сигналу на комп'ютер. Первинний датчик являє собою компактну електрохімічну ячейку дифузійного типу, не потребує примусової подачі в ячейку контрольованого повітря.

Деякі результати експериментальних досліджень кінетики окислювання сірководню киснем у повітрі суднових приміщень та данні роботи [3] наведені на рис. 2:

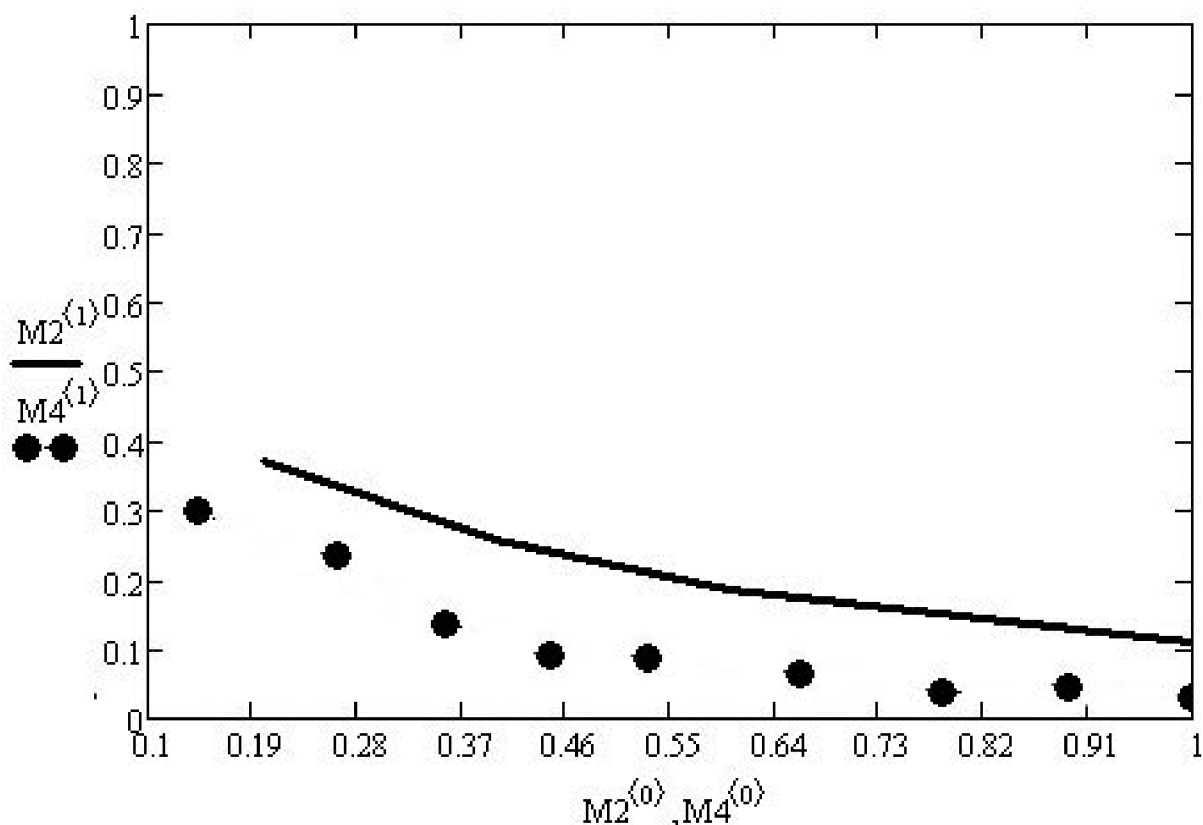


Рисунок 2 – Дані експериментальних досліджень кінетики окислювання сульфідів натрію киснем, розчиненим у воді (—) [3] та сірководню киснем повітря (●)

На рис. 2 $M2^{(0)}$ та $M4^{(0)}$ відносний час проведення дослідів окислювання сульфідів натрію та сірководню, відповідно; $M2^{(1)}$ та $M4^{(1)}$ – кінетика окислювання сульфідів натрію та сірководню, відповідно.

Аналіз даних, наведених на рис. 2, показує, що кінетика окислювання в рідкій фазі більш інтенсивніше ніж у повітрі. Ймовірно це зв'язане з дисоціацією молекул сульфідів натрію у воді та відносною стабільністю сірководню у повітрі. З плином часу швидкість

окислювання речовин зменшується. Це можна пояснити накопиченням небажаних продуктів окислювання. Наприклад, двоокису сірки.

Однак отримані результати по кінетиці окислювання сірководню киснем у повітрі дозволяють скорегувати результати досліджень інтенсифікації вилучення сірководню та визначити дійсну частку впливу цих методів на ефективність очищення повітря.

Висновки. В результаті проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

– проведені дослідження дозволяють більш точно описати наступні дослідження процесів очистки повітря від сірководню різними фізико-хімічними методами;

– однаковість характеру змін кінетики окислювання речовин на основі сірки підтверджують можливість використання при дослідженнях одного газоаналізатору, що значно підвищує достовірність проведення подальших досліджень очищення повітря від сірководню різними фізико-хімічними методами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Неклюдов И. М. Альтернативная сероводородная энергетика Черного моря. Состояние, проблемы и перспективы. Часть 1. [Текст] / И. М. Неклюдов, Б. В. Борщ, О. В. Полевич, В. И. Ткаченко., В. А. Ширяев. // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология», 2006. – № 12 (44). – С. 23-30.

2. Способ добычи сероводорода со дна Черного моря. (RU 2338869), E21B43. Авторы: Адамович Б.А., Дербичев А-Г. Б. Дудов В. И.

3. Ахмадулина А. Г., Кочеткова Р. П., Шпилевская Л. И., Латышев В. П., Эппель С. А., Мазгаров А. М. Очистка пластовых вод от сероводорода окислением кислородом воздуха в присутствии гетерогенного катализатора. [Текст] / А. Г. Ахмадулина, Р. П. Кочеткова, Л. И. Шпилевская, В. П. Латышев, С. А. Эппель, А. М. Мазгаров // Журнал прикладной химии. – 1985. – Т. LVIII, № 4. – С. 916-920.

4. Лейбович Л. И. Анализ методов очистки воздуха от сероводорода на канализационных насосных станциях [Текст] / Л. И. Лейбович, П. А. Пацурковский // Доклады Всеукр. наук.-практичній конференції «Екологія міст та рекреаційних зон» (Одеса, 31 травня – 1 червня 2012 р.). – ІНВАЦ, 2012. – С. 214-216.

5. Лейбович Л. И. Очистка рециркуляционного воздуха в судовых системах кондиционирования [Текст] / Л. И. Лейбович // Судостроение. – 1987. – № 3. – С. 13-16.

6. Лейбович Л. И., Пацурковский П. А. Помазки Ю. В. Абсорбционно-электрохимическая очистка воздуха от сероводорода на канализационных насосных станциях [Текст] / Л. И. Лейбович, П. А. Пацурковский, Ю. В. Помазки // Сб. науч. трудов XX междунар. научно-техн. конф. «Экологическая и техногенная безопасность. Охрана окружающей водного и воздушного бассейнов. Утилизация отходов» – Х., УкрВОДГЕО, 2012. – С. 385-390.

7. Ванаг С. В. Термодинамический анализ выхода серы в процессе окисления сероводорода / С. В. Ванаг, Д. Г. Кувшинов, Г. Г. Кувшинов // Сборник научных трудов НГТУ. – 2004. – №3(37). – С. 62-75.

ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО ПОКРЫТИЯ НА СКОРОСТЬ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ КОРПУСОВ СУДОВ

Леонов В.Е., Рублёв И.И.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Эксплуатация морских и речных судов в мировой торговой инфраструктуре обладает весомой долей. С увеличением товарооборота необходимо наращивать мощность торгового транспортного состава, увеличивая количество единиц морского флота. Следует также периодически обслуживать и ремонтировать подвижные морские платформы, суда различного транспортного назначения [1-4]. Создание эффективного покрытия позволит не только сохранить и продлить ресурс действия корпуса судна, но и обеспечить экологическую безопасность флоры и фауны морской среды в местах интенсивного трафика судов, что позволит улучшить экологию акватории морей и океанов [5- 9].

Постановка задачи. Поскольку основным средством противокоррозионной защиты корпусов судов являются лакокрасочные покрытия, то вполне понятно, насколько важны и актуальны вопросы применения эффективных лакокрасочных материалов и качественного их нанесения. Экономический анализ того или иного варианта нанесения покрытия строится на основе сопоставления затрат и эффективности (функциональных качеств, долговечности) полученного покрытия. Наиболее показательно сопоставлять затраты по стоимости окрашивания 1 м² поверхности. Окончательная стоимость покрытия – это сумма прямых, косвенных и непредвиденных расходов.

Актуальность исследования. Разработать рецептуру экологически безопасного для морской среды и экономически эффективного защитного покрытия корпусов морских судов. Изучить механизм действия нового защитного покрытия в условиях реальной морской среды.

Формулировка цели исследования. Заменить дорогостоящий и экологически опасный наполнитель для защиты металлических поверхностей судов на более эффективный и экологически безопасный наполнитель. Изучить механизм действия защитного покрытия на скорость коррозии основного материала корпусов судов [3, 4, 9].

Задачей данного исследования является:

- разработать рецептуру нового покрытия, не имеющего в своём составе вредных для морской среды соединений тяжелых металлов;
- изучить скорость коррозии металлов, покрытых стандартным и новым наполнителем, в одинаковых условиях экспериментов в течении длительного времени;
- изучить механизм действия нового покрытия, предотвращающего доступ агрессивных компонентов морской среды к поверхности металла.

Цель эксперимента:

- исследовать поведение экспериментальных образцов в условиях реальной морской среды;
- изучить механизм действия эластичного наполнителя, наносимого на металл с целью снижения коррозии основного металла.

Методика эксперимента. Для исследований выбран образец материала, изготовленный из прокатной листовой стали марки Ст-20, предварительно механически очищен от следов грязи, ржавчины, жира. Для определения массы образцов были использованы лабораторные электронные весы марки ВТУ-210 Axis 3 класса точности.

Для приготовления защитного покрытия использовалась смесь из сырой резины и мелкоизмельченного порошка получена из отходов растительного происхождения в массовом соотношении 50/50.

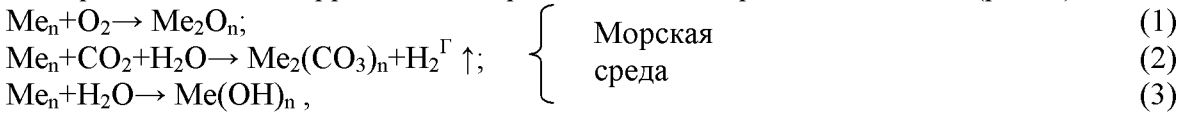
Взвешивание проводилось три раза с дальнейшим расчетом абсолютной и относительной величины погрешности. Результаты измерений приведены в [3, 4].

Исследование коррозии металла проводилось весовым методом. Стандартный образец №1 был механически очищен, обезжирен и покрыт железным суриком после просушки покрыт алкидной эмалью ПФ-115. Второй образец был очищен, обезжирен и покрыт гомогенной смесью в составе сырой резины и наполнителя растительного происхождения в различных их соотношениях и после просушки покрыт алкидной эмалью.

Исследование стандартного и экспериментального образцов проводилось на воздухе и в морской воде.

Анализ поверхности стандартного и экспериментального образцов производили бинокулярным микроскопом 40-1000x 9011 80 00 00 XSM-20.

В результате действия различных температур, морской среды и, как результат, объёмного расширения экспериментальный образец сохранил защитные свойства металлических поверхностей корпусов судов, а стандартный образец подвергся растрескиванию, что привело к «оголению» металлической поверхности и развитию электрохимических коррозионных процессов на поверхности металла (рис. 1):



а в морскую среду в результате этих процессов эмитируют продукты коррозии в виде соединений тяжелых металлов.

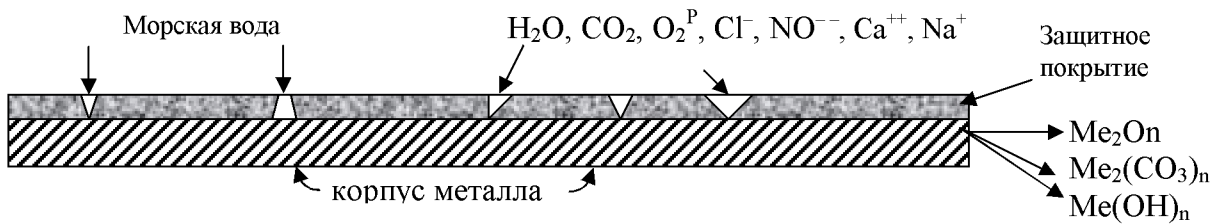


Рисунок 1 – Стандартный образец А

В результате объёмных расширений металла корпусов судов эластичный наполнитель смещается с одинаковой скоростью с корпусом, вследствие высокой адгезии наполнителя к корпусу металла. Вследствие этого не происходит растрескивания наполнителя и сохраняется коррозионная устойчивость основного металла корпусов судов. (рис 2)

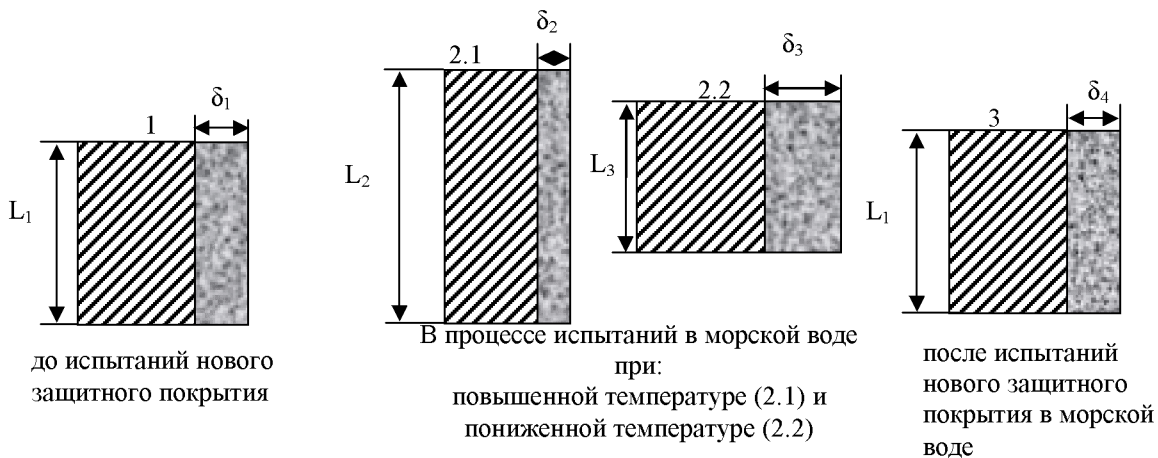


Рисунок 2 – Изменение толщины металла корпуса судна и защитного покрытия в зависимости от температурного расширения: $\delta_1 > \delta_2$; $\delta_3 > \delta_1$; $\delta_1 = \delta_4$; $L_1 < L_2$; $L_3 < L_1$

Для определения массы металла стандартного и экспериментального образцов, предварительно покрытых защитными наполнителями, после длительных экспериментов на воздухе и в морской воде необходимо было предварительно удалить защитное покрытие.

Удаление защитного покрытия проводилось поэтапно: 1) с помощью органического растворителя СП-6 в течение погружения образцов на сутки, через сутки все образцы переворачивались и слабым усилием полимерного скребка удалялись остатки защитного покрытия; 2) после процедуры снятия покрытия с экспериментального и стандартного образцов использовался раствор ортофосфорной кислоты для удаления остатков оксидов металла – продуктов коррозии металла также аналогичным способом.

Масса очищенных пластин до и после экспериментов приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Массы образцов до и после экспериментов.

Образцы	Исходная масса образцов до эксперимента, г	Масса образцов после снятия покрытия, г	Разность масс, Δm , г
1. Образец (стандартный) грунт+краска	44,014	41,364	минус 2,65
2. Образец (без покрытия)	44,6006	39,831	минус 4,7696
3. Образец новый (наполнитель+краска)	43,051	41,707	минус 1,344

Расчет скорости коррозии металла корпуса судов, r , произведён по формуле:

$$r = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau} \cdot \frac{z}{M} \cdot 1000 \quad (1)$$

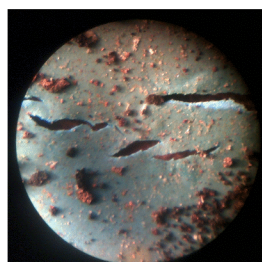
где: Δm – изменение массы образца, г; S – площадь образца, m^2 ; τ – время эксперимента, год.

$$r_1 = \frac{2,65}{2 \cdot 0,0075 \cdot \frac{3}{12}} = 706,67; \quad r_2 = \frac{4,76}{2 \cdot 0,0068 \cdot \frac{3}{12}} = 1400; \quad r_3 = \frac{1,34}{2 \cdot 0,0071 \cdot \frac{3}{12}} = 372,43.$$

Скорость коррозии металла, покрытого новым эластичным наполнителем, снижается по сравнению со стандартной защитой металла в 1,9 раза:

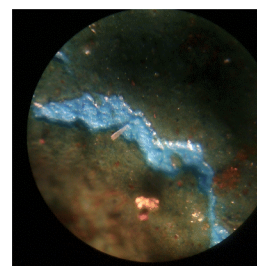
$$\frac{r_1}{r_3} = \frac{706,67}{372,43} = 1,897 \text{ раз (1,9 раза)}$$

В результате пребывания экспериментальных образцов на воздухе и в морской воде под действием повышенных и пониженных температур следует реакция защитного покрытия на объёмное расширение металла и самого покрытия. В стандартном образце А произошел разрыв защитного слоя, что привело к разрушению целостности покрытия, а экспериментальный образец Б, имея достаточную эластичность и высокую вязкость, сохранил целостность покрытия (рис. 3).



а)

стандартный образец



б)

экспериментальный образец

Рисунок 3 – Микрофотографии образцов (после всего цикла испытаний)

Выводы.

1. Разработана методика нанесения новых покрытий на металлические поверхности.
2. Приготовлены стандартные опытные образцы покрытий для металлов, обработанных традиционным стандартным и новым наполнителем.
3. Новое покрытие способно сохранять целостную структуру при различных параметрах внешней среды в процессе длительного срока экспериментов, скорость коррозии металла, покрытого новым наполнителем, в 1,9 раза ниже по сравнению со стандартным образцом.
4. Предложен механизм защитного действия нового покрытия корпусов судов нового поколения.
5. Рекомендации по практической реализации нового защитного покрытия будут использованы на судах морского флота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Леонов В. Е., Соляков О. В., Химич П. Г., Ходаковский В. Ф. Обеспечение экологической безопасности судоходства : монография / под ред. В.Е. Леонова. – Херсон : ХГМА, 2014. – 188 с.
2. Дмитриев В. И., Леонов В. Е., Химич П. Г., Ходаковский В. Ф., Куликова Л. Б. Обеспечение безопасности плавания судов и предотвращение загрязнения окружающей среды : монография / под ред. В. И. Дмитриева, В. Е. Леонова. – Херсон : ХГМА, 2012. – 397 с.
3. Леонов В. Е., Рубльов І. І. Исследование и разработка стойких экологически безопасных покрытий корпусов судов // Материалы Международной научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные науки сегодня» – Fundamental and applied sciences today. – Vol. 2 CreateSpace 4900 LaCross Road, North Charleston, SC, USA. – 2013. – P. 197-199.
4. Леонов В. Е., Рублёв І. І. Методика исследования и разработки стойких экологически безопасных покрытий корпусов судов // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті і технології та обладнання для їх обслуговування». – Херсон: Видавництво ХДМА, 2012. – С. 87-91.
5. Леонов В. Е., Ходаковский В. Ф., Куликова Л. Б. Основы экологии и охрана окружающей среды : монография / под редакцией В. Е. Леонова. – Херсон : Издательство ХГМИ, 2010. – 352 с.
6. Степанов А. М. Себелев Н. С. Воробьев П. С. Актуальность и экономические аспекты проблемы коррозии и защиты металлических сооружений. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pkraska.ru/articles/view/korroziya>.
7. Гуревич Е.С. Защита от обрастания. – М. : Наука, 1989. – 432 с.
8. Разработка новых композиционных материалов. – Кн. 2: Анализ степени воздействия ионизирующих излучений различного спектрального состава на жизнеспособность подводной флоры и фауны; Ч. 3: Экспериментальные исследования степени воздействия ионизирующих излучений на подводную микрофлору. – Тверь : ТГТУ, 1999. – 239 с.
9. Леонов В. Е., Рублёв І. І. Исследование коррозионной устойчивости металлических корпусов судов, обработанных эффективным наполнителем // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. – 2014. – Рекомендована к публикации.

УЧАСТИЕ СУДОВОГО АГЕНТА В ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ РАЗЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ

Петров И.М.

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Вступление. Проблема предотвращения загрязнения моря нефтью приобрела особое значение с 50-х годов XX столетия, когда в эксплуатацию стали поступать крупнотоннажные танкеры, допускавшие слив нефтяных остатков после мойки танков, слив грязного балласта, удаление льяльных вод машинных отделений. Особенно она обострилась после ряда катастроф с танкерами, сопровождавшихся огромным количеством нефти, вылившейся в море. Достаточно вспомнить катастрофы танкеров «Torrey Canyon» (1967 г., в море вылилось 120 тыс.т сырой нефти, «Amoco Cadiz» (1978 г., 223 тыс.т) и ряд других. Не способствовала безопасности и проводившаяся тогда гигантомания в строительстве танкеров. В качестве борьбы с такими катастрофическими разливами Международная конвенция по предупреждению загрязнения с судов MARPOL 73/78 увеличила число танков на судах дедвейтом более 150 тыс.т. Гибель в декабре 1999 г. в Бискае танкера «Erika» с грузом 30 тыс.т нефти вытеснила из эксплуатации суда без двойного дна и двойных бортов.

Конвенция МАРПОЛ содержит определение сброса вредных веществ, охватывающее как виновное поведение, так и невиновное: утечка, удаление, разлив, протечка, откачка, выбрасывание и опорожнение. Нарушением конвенции не считаются: сброс в целях обеспечения безопасности судна и спасения человеческой жизни на море, сброс в результате повреждения судна или его оборудования, если были приняты все разумные меры по его предотвращению или сведению к минимуму, а также сбросы и разливы, которые редко встречаются на практике [2]. Нефть является основным загрязнителем моря. Этот вид загрязнителя попадает в море разными путями: при откатке воды после замывки цистерн, при аварии судов, при бурении и авариях на морских платформах.

Нефть представляет собой вязкую слабо флуоресцирующую маслянистую жидкость темно-коричневого цвета. Одна капля нефтепродукта образует, растекаясь по поверхности, пятно диаметром 30-150 дм³, а 1т - около 12 км³ нефтяной пленки. Толщина пленки измеряется от сотен микрона до 2 см. Пленка нефти имеет большую подвижность, стойка к окислению. Средние фракции нефти образуют взвешенную водную эмульсию, а тяжелые (мазут) оседают на дно, вызывая токсичное поражение водной фауны. К началу 80-х годов в океан ежегодно поступало около 16 млн.т нефти, что составляло 0,23% мировой добычи. За последние 40 лет было пробурено около 2 тыс. буровых скважин в Мировом океане, из них только в Северном море – 1 тыс.

Актуальность исследования. Обратимся к базе данных об аварийных разливах нефти с танкеров, которую поддерживает International Tanker Owners Pollution Federation (ITOPF). Согласно накопленной статистике за 1980 -2010 гг., наиболее распространенным страховым случаем является загрязнение во время погрузо-разгрузочных операций и бункеровки судов топливом в акватории порта и на внешнем рейде. Для разливов нефти количеством менее 7-и тонн эти показатели составляют от всех причин 35% и 4 % соответственно. Здесь же нужно учесть и разливы по другим и неизвестным причинам (9% и 7% соответственно). То есть, как видим, доля аварийных разливов при нахождении танкера в порту довольно значительна (для категории разлива менее 7-и тонн) [3]. Большинство исследователей, анализируя динамику снижения количества аварийно разлитой нефти за последние десятилетия, связывают ее с обновлением танкерного флота, наличием в составе танкерного флота в 2005 г. 75% судов с двойным дном и двойными бортами, другими техническими причинами. К сожалению, до сих пор

совершенно не учитывается та роль в ликвидации последствий разливов нефтепродуктов, которую могут сыграть четкие и профессиональные действия судового агента во время стоянки танкера (судна любого типа) в порту или на рейде. Приведенные соображения делают исследование актуальным.

Постановка задачи. Целью исследования является разработка эвристического алгоритма поведения судового агента и капитана в случае разлива нефтепродуктов с агентуемого судна, который позволил бы реально оценивать их последствия, минимизировать ответственность экипажа, и, соответственно, размеры штрафных санкций к ним.

Достижение цели обуславливает необходимость:

- снижения затрат времени на выполнение операций по погрузке-выгрузке и бункеровке судов при уменьшении численности экипажей;
- опоры на рост квалификации членов экипажа и персонала агентских компаний;
- работы на будущие потребности судовладельцев;
- ускоренного продвижения новых перегрузочных и бункеровочных и сервисных технологий;
- формирования информационной системы профессионального сообщества.

Результаты исследования. На практике важнейшей задачей для капитана судна и агента обычно является исключение возможного обвинения в загрязнении моря нефтью или нефтепродуктами, которые проникли в морскую среду с другого судна. Ведь нефтяное пятно, обнаруженное на месте швартовки судна, могло быть принесено от другого судна ветром или течением. Возможно также образование загрязнения вокруг судна в результате подъема донных отложений на поверхность воды, обусловленного особенностями гидрологического режима или работой гребного винта. В любом случае при обнаружении масляного пятна вокруг судна капитану необходимо срочно информировать агента и совместно выработать общую тактику поведения.

Если разлив с судна имел место, агент должен немедленно оповестить инспекцию портнадзора, экологическую инспекцию. Необходимо, с согласия капитана, вызвать и привлечь к делу корреспондента Клуба взаимного страхования P&I, застраховавшего судно от риска разлива. Также необходимо сообщить об этом администрации порта [1].

P&I Клубы, защищая интересы судовладельцев, принимают на себя риски возмещения ущерба, вызванного загрязнением морских вод. Лимит страхового покрытия P&I обычно вполне достаточен для возмещения убытков и штрафов, предъявляемых за загрязнение моря с судна нефтью и нефтепродуктами.

Если разлив произошел, агент и капитан должны иметь в виду следующее:

- а) желательно, чтобы заявление о разливе исходило от администрации судна, которое подозревается в разливе;
- б) желательно, чтобы до прибытия на борт судна представителей Госинспекции, администрация судна проверила сохранность опломбирования или печатей на клапанах (кингстонах) сброса и отсутствие следов сброса на бортах судна и в льялах;
- в) желательно, чтобы последняя запись в журнале нефтяных операций хотя бы примерно отражала фактическую ситуацию, т.е. количество льяльных вод соответствовало дате последнего их сброса;
- г) если имеются подозрения, что загрязнение моря произошло именно в результате сброса замазученных льяльных вод, то идентификация будет производиться при помощи спектрографического анализа. Этот способ идентификации настолько совершенен, что дает возможность определить безошибочно судно, с которого произведен сброс из числа многих находящихся поблизости судов, использующих аналогичные ГСМ.

Однако, следует заметить, что это обстоятельство может быть использовано судовой администрацией для введения в заблуждение лиц, производящих анализ. Достаточно, скажем, вылить до отбора проб в льяла несколько ведер тяжелого топлива,

и картина на спектрограмме изменится настолько, что говорить о какой-либо идентификации более не придется.

Агенту следует обратить внимание капитана судна на необходимость присутствия судовых механиков при отборе проб, так как впоследствии судно будет иметь возможность произвести идентификацию независимой лабораторией за границей.

По мере того, как виновность судна будет становиться очевидной, необходимо заблаговременно сообщить судовладельцу о факте и обстоятельствах разлива. При этом необходимо запросить перевод средств для покрытия претензии в форме наличных, депозита либо безотзывной банковской гарантии. Необходимо сообщить владельцу, что во избежание возможных задержек в связи с арестом судна до получения финансового обеспечения, необходимо срочно через Р&I Клуб выдать необходимые гарантии. В случае благоприятного разрешения ситуации судно будет отпущено в рейс после получения Госинспекцией соответствующим образом оформленной гарантии Р&I Клуба. О получении гарантии оплаты (или перевода) агент должен немедленно дать телефонограмму начальнику порта об оплате за ущерб и уборку акватории. Необходимо проследить и ускорить оформление счета порта за сбор нефтепродуктов нефтемусоросборщиком. Определение собранного количества должно определяться в присутствии представителя судна.

Если администрация судна отрицает свою виновность в загрязнении моря, капитану судна целесообразно сделать заявление о морском протесте, что перенесет бремя доказывания вины на лиц, которые будут выдвигать обвинения. В противном случае судовладелец вынужден будет доказывать свою невиновность в обнаруженном загрязнении и его последствиях. В любом случае следует потребовать от администрации порта или представителя экологических властей собрать для лабораторного исследования пробы забортной воды и топлива, а также ГСМ с борта судна.

Образцы для лабораторного исследования должны быть опечатаны и изучены надлежащим образом компетентными органами, причем очень важно, чтобы при лабораторных анализах присутствовали представители Р&I или сюрвейера. Если лабораторное исследование образцов покажет несовпадение химического состава или иных свойств нефтепродуктов, взятых на судне, и загрязнителей морской воды, то появляется хороший аргумент для проведения защиты от необоснованного обвинения судна в загрязнении моря. Впрочем, гарантии освобождения от спорных обвинений такая экспертиза не дает.

Корреспондент Р&I клуба может привлечь, исходя из обстоятельств конкретного дела, адвокатов и других специалистов, в частности, специалистов по ликвидации последствий загрязнения вод.

С технической точки зрения в любых случаях при операциях с нефтью, нефтепродуктами, так же, как и другими вредными веществами, шпигаты на палубе должны быть герметически закрыты, под местами соединения шлангов, воздушными трубками установлены поддоны, обеспечен надежный контроль над ними [4]. При бункеровке судов, грузовых операциях с растительными маслами и другими загрязняющими жидкими грузами, предварительное бонирование места операций обязательно. Услуга осуществляется силами и средствами портового флота. Всем судам запрещается использовать для очистки акватории препараты, опускающие нефть на дно и растворяющие ее в воде. При аварийных разливах нефти и нефтепродуктов судно, которое попало в нефтяное поле, не должно начинать движения без специального разрешения руководителя операции по ликвидации аварийного разлива. Судам и всем плавсредствам запрещается пересекать загрязненную акваторию. При прохождении вблизи района, где происходит сбор нефти, необходимо снизить ход до минимального.

На практике обычно уборка акватории портов производится силами и средствами порта. Затраты на проведение работ и утилизацию собранных нефтепродуктов будут отнесены за счет лица, признанного виновным в загрязнении. Если загрязнение

произошло именно нефтью или нефтепродуктами, действующая в Украине такса для исчисления размера возмещения причиненного ущерба равна 329 долл./кг нефтепродуктов.

Следует иметь в виду, что в подобных ситуациях первостепенное значение имеет оперативность и полнота информационного обмена между агентом, судовладельцем, Клубом, банком и др. Необходимо тщательно оформить всю документацию, поскольку не исключена вероятность возвращения к вопросу разлива через длительный период в случае обращения судовладельца/страховщика в суд/арбитраж.

Выводы. На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Описанный эвристический алгоритм поведения морского агента и капитана в случае разлива нефтепродуктов с агентируемого судна может стать удобным инструментом, позволяющим резко снизить количество случаев разлива, оценивать их последствия, свести к минимуму ответственность экипажа и судовладельца, а также размеры штрафных санкций к ним.

2. При использовании предложенного алгоритма задачу совершенствования деятельности агентской компании можно решать гораздо легче и эффективнее.

3. Можно рекомендовать практическое применение предложенных процедур в повседневную практику эксплуатации морских танкеров и судов других типов и их агенского обслуживания в портах захода, а также внедрение в учебный процесс студентов и курсантов морских учебных заведений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров И. М. Организационные и коммерческие взаимоотношения морского агента / И. М. Петров. – Севастополь : УМИ, 2007. – 132 с.

2. Торский В. Г. МАРПОЛ : Практическое пособие. Сер. «Безопасность и качество» / В. Г. Торский, А. И. Сагайдак, В. И. Любченко. – Одесса : АстроПринт, 1999. – 264 с.

3. Анфиногентов В. В. Аварийные разливы нефти, причины и количественная оценка // Материалы научно-технической конференции «Энергетика судна: эксплуатация и ремонт», 26.03.2014 – 28.03.2014. Часть II. – Одесса : ОНМА, 2014. – 140 с.

4. Shipboard Oil Pollution Emergency Plans for Existing Ships // MSA Merchant Shipping Notice. No 1599.

БІОТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ СУДНОВИХ СТІЧНИХ, ЛЬЯЛЬНИХ ВОД ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДНОЇ ТРОПІЧНОЇ РОСЛИНИ ЄЙХОРНІЇ

Чабан В.О.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Концентрації забруднюючих речовин у воді з кожним роком зростає, одна з головних причин це несанкціоновані викиди з суден льяльних та промивних вод при проведенні різних технологічних операцій на судні.

В водневе середовище потрапляють різні нафтопродукти, технічні масла, марганець, ртуть, феноли, що поглинаються рослинами та попадають в харчовий ланцюг на стіл людини.

Законодавчі та нормативні акти, які регулюють водні ресурси в більшій частині не працюють, одна з головних причин це недостатнє фінансування проведення наукових робіт із обґрунтування кордонів господарської діяльності підприємств.

Актуальність проблеми. В науковій діяльності широко відомий ефект евтрофікації або доступ до чистої води міського (А) і сільського (Б) населення окремих регіонах (евтрофірування) річок та озер від дії забруднення їх вуглеводнями. При цьому різко гинуть кормові запаси (фітопланктон), рибні запаси та інші організми, потім рослина маса, яка відмирає інтенсивно поглинає із води кисневі запаси, водні запаси накопичують сірководень, що приводить до загибелі всього живого в воді, водойми стають непридатними до споживання води.

Відповідно до закону динамічної природної рівноваги водна система постійно змінюється внаслідок кліматичних та річних коливань. Тому загрозу для екосистеми слід чекати від антропогенного середовища, ця загроза може виникнути влітку, коли температура води різко зростає, тому в регіоні створюється несприятлива тенденція зростання забруднених вод у загальному об'ємі відведення.

Водні ресурси є первинним чинником життєзабезпечення людства, тому вода повинна самоочищатись, але часто це не відбувається із причин недбалого відношення населення Землі до природних ресурсів.

В останній період часу в науці сформувалось точка зору, згідно якої морські організми можуть не тільки накопичувати шкідливі речовини, але й синтезувати, наприклад з сирої нафти, коли це підтвердиться, то це буде проблемою для всього екологічного середовища [1].

При випаровуванні та розчиненні вуглеводнів в воді, вони піддаються інтенсивному фотохімічному і біологічному окисленню, при цьому для окислення 1л нафти необхідно скільки кисню, який міститься в 400000 л. води. Все це знижує фауну морського середовища прибережної зони, від фактору зниження вмісту кисню воді [2].

Тому, ці водойми з часом забруднюються, ступінь накопичення та прояв токсичності залежить від гідротермічних і термічних характеристик водойм.

У водоймі вуглеводні акумулюються в мулі, які потім є джерелом хронічного забруднення його. При зростанні температури води в водоймі токсична дія вуглеводнів зростає [3].

Таким чином, антропогенне навантаження на річки Дніпро та Інгулець постійно зростають, відсутність обігових коштів на підприємствах перешкоджає відновленню та модернізації очисних споруд на підприємствах різної форми власності.

Постановка проблеми. Ніхто не може заперечувати про доцільність раціонально використання природних запасів таких як вода. Ці запаси ми забруднюємо різними токсичними та шкідливими речовинами не тільки з водою, але із викидами в повітря від різних переробних підприємств.

Вводяться нові промислові об'єкти, будуються нові судна, які при переробці чи транспортуванні вуглеводнів під час аварій забруднюють навколишнє середовище.

Будуються нові очисні споруди, але значне недоасигнування коштів приводить до того, що в цей час будівельні норми порушуються і не введені споруди із глибокого очищення забруднених вод.

Для очищення стоків в світовій практиці в теперішній час вивчаються менш затратні методи, тому до вивчення постало питання використати в нашій місцевості рослину ейхорнія, яка швидко росте та інтенсивно поглинає із водного середовища практично всі біогенні елементи та їх з'єднання

Ціль роботи. Мета даної статті є вивчення властивостей водної тропічної рослини ейхорнії до очищення льяльних, стічних вод від вуглеводнів, фенолів, сульфатів, фосфатів, хлоридів, нітратів, які попадають із суден та різних об'єктів господарської діяльності.

Результати досліджень. Об'єктом нашого дослідження стала водна поверхня в 0,25 га, де було систематичне викидання стоків, харчової, переробної промисловості в річку Інгулець. Ранньою весною були взяті аналізи води, дані приведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Вміст забруднюючих речовин у водоймі ранньою весною

Звішені речовини, мг/л	1100
Біологічне споживання кисню, мг O ² / л	850
Хімічне споживання кисню, мг O ² / л	1200
Амонійний азот, мг / л	130

Згідно з варіантом досліджень відбулось відстоювання води в відстійнику протягом місяця, після чого були взяті проби води та визначений вміст забруднюючих речовин, які були присутні у воді (таблиця 2). Вміст речовин у воді(після відстоювання) значно знизився, амонійний азот – 125, нітрати – 3,85 мг/л. Потім в цю водну ділянку було висаджено ейхорнію, яка росла там протягом всього періоду досліджень.

Поведінка рослини під час очищення стоків змінювалась у залежності від багатьох факторів – як концентрації різних інгредієнтів, температури води і повітря, кисневої забезпеченості, освітленості.

Таблиця 2 – Визначення показників забруднюючих речовин у воді в залежності від різних способів очищення

<i>Контрольний показник води</i>	<i>До очистки ейхорнією (після відстоювання)</i>	<i>Після очистки води ейхорнією</i>
ХПК, мгO ₂ /л	30,3	7,0
БПК, мгO ₂ /л	12,6	5,4
Жорсткість, мг-екв/л	2,6	2,0
Хлориди, мг/л	23,6	12,5
Сульфати, мг/л	77,0	39,1
Фосфати, мг/л	1,2	0,3
Нітрати, мг/л	4,1	0,25
Амонійний азот мг/л	5,0	0,96
Звішені, мг/л	220,0	39,0
Сухий залишок, мг/л	420,5	10,4

Дані табл. 2 свідчать про те, що вміст забруднюючих речовин у воді із застосуванням водної тропічної рослини ейхорнії знизився в порівнянні з варіантом до очистки водойми (після відстоювання), так згідно з цим хлориди після відстоювання води становили 23,6, після очищення води ейхорнією вони знизились на 11,1 мг/л, сульфати до очищення – 77,0, після очищення – 37,9 мг/л.

Таблиця 3 – Результати аналізів рослинних зразків ейхорнії товстоножкової по періодах відбору

Показники якості біологічних зразків	Період відбору зразків під час вегетації		
	25.05	12.07	29.08
Вологість, %	25,00	26,32	2,02
Сирий протеїн, %	34,7	35,98	30,83
Фосфор, %	1,32	1,39	1,12
Кальцій, %	1,63	1,72	1,71
Сира зола, %	20,12	21,10	19,76
Мінеральна домішка, нерозчинна в HCl, %	1,02	2,60	2,30
Каротин, мг / кг	11,46	22,70	60,02
Сира клітковина, %	7,91	12,26	13,34
Нітрати, мг / кг	87,30	81,90	69,30
Сирий жир, %	1,73	1,70	1,47

Після кінця вегетації рослин проводилось дослідження біологічних зразків ейхорнії, попередньо висушених до сухого стану – результати аналізів дані в табл. 3. Вміст речовин в рослині визначався на суху речовину, як показали результати аналізів нітрати склали на першому місяці віку рослин – 87,30, другому – 81,90, третьому – 69,30 мг / кг, сира клітковина – 7,91, 12,26, 13,34 % відповідно.

Висновок. Вперше в південній частині України були проведені наукові дослідження із введенням водної тропічної рослини ейхорнії для очищення льяльних, промивних та інших промислових вод, які мають в своєму складі надлишкову кількість хлоридів, сульфатів, фосфатів, нітратів. В подальшому будуть продовжені дослідження із даною рослиною по очищенню вод від інших забруднюючих речовин. Природа дала нам дешевий метод очищення навколишнього середовища з застосування представника вищої водної рослинності ейхорнії і зовсім не розумно залишати його без уваги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алхименко А. П., Цветков В. Ю. Масштабы воздействий аварийных нефтеразливов в водной среде «Ладожское озеро – река Нева – Финский залив» // Тез. докл. IV Международного экологического форума «День Балтийского моря». – СПб. : СПбОО «Экология и бизнес», 2003. – С. 9697.
2. Архипов Б. В., Пархоменко В. П., Солбаков В. В., Шапочкин Д. А. Математическое моделирование распространения нефтяных разливов в морской среде. – М. : ВЦ РАН, 2001. – 55 с.
3. Герлах С. А. Загрязнение морей. – Л. : Гидрометеиздат, 1985. – 264 с.
4. Исидоров В. А. Введение в химическую экотоксикологию : учебное пособие – СПб. : Химиздат, 1999. – 144 с.
5. Кацман Ф. М., Ершов А. А. Аварийность морского флота и проблемы безопасности судоходства // Транспорт Российской Федерации. – 2006. – № 5. – С. 82-84.
6. Леонов В. Е., Ходаковский В. Ф., Куликова Л. Б. Основы экологии и охрана окружающей среды : монография / Под редакцией В. Е. Леонова. – Херсон : Издательский центр ХГМИ, 2010. – 352 с.
7. Методика исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства – Утверждена Министерством природных ресурсов РФ (Приказ №71 от 30 марта 2007 года.)
8. Никаноров А. М., Пантюхин Я. В., Заволжский М. В., Коханая С. И. Адаптационные характеристики водных экологических систем. – СПб. : Гидрометеиздат, 1999. – С. 654.
9. SOLAS. Consolidated text of the International Convention for the Safety of Life at Sea 1974. – London, IMO, 2004. – P. 566.

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВОДОПІДГОТОВКИ І ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ПРОМПІДПРИЄМСТВ

Шевченко В.В., Філіпчук О.М.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування
імені адмірала С.О. Макарова
(Україна)

Вступ. Запропоновану технологію підготовки води можна використати на теплових та атомних електростанціях, в системах водопідготовки на морських суднах для підпитки котлоагрегатів і на господарські побутові потреби екіпажу. Другий напрямок даної технології – очистка (очищення) стічних відпрацьованих розчинів промислових підприємств і перш за все гальванічних виробництв.

Актуальність дослідження. На цей час водопідготовка або очистка промислових стоків, наприклад, на теплових електростанціях та промислових підприємствах полягає у реагентному вапнованому пом'якшенні з одночасною коагуляцією [1]. На наступному етапі підготовлену воду піддають хімічному знесоленню на іонообмінних фільтрах. В процесі водопідготовки, згущений шлам випускається з апарату, фільтрується на фільтрпресі відвозиться на звалище, оскільки є непридатним для подальшого використання. Отже, прийнятий на даний час метод водопідготовки або переробки агресивних промислових стоків зводиться в основному до їх нейтралізації, що не економічно і пов'язано з екологічними проблемами.

Ця проблема може бути вирішена за допомогою електрохімічних методів регенерації з застосуванням електродіалізної установки (ЕДУ) переробки стоків [2,3].

Постановка задачі. На основі аналізу й проведених досліджень в області енергоресурсозберігаючих технологій розробити універсальний модуль ЕДУ для водопідготовки і очистки стічних вод промпідприємств.

Результати досліджень. На першому етапі розглянуто процес електрохімічного пом'якшення який аналогічний реагентному частковому пом'якшенню води. Проте замість додавання у воду лужних реагентів (розчин залізного коагулянту та вапняне молоко), воду обробляють у катодних камерах спеціального універсального модуля ЕДУ, який схематично приведено на рис. 1.

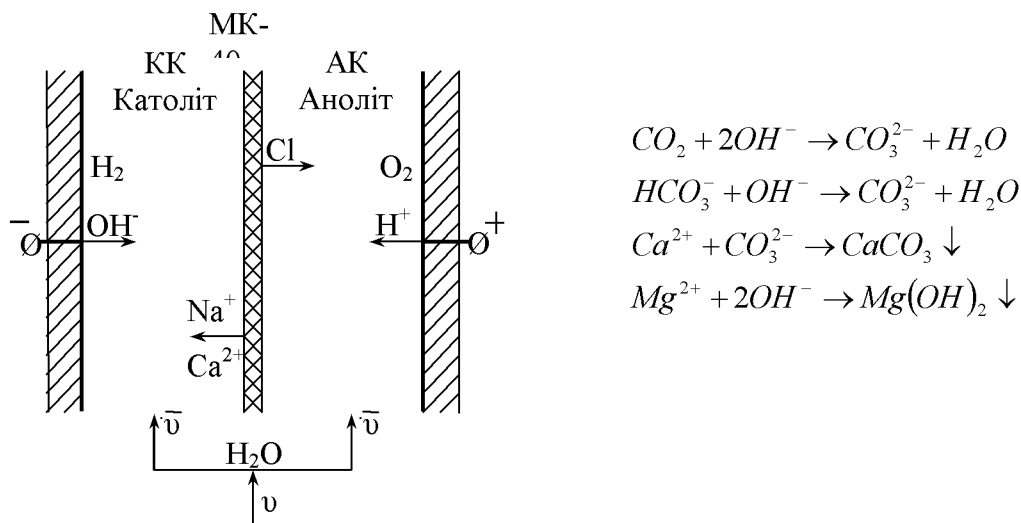


Рисунок 1 – Схема функціонування електродіалізного осередку ЕДУ

Вихідна вода H_2O з швидкістю v подається у робочі камери ЕДУ, які одокремлені катіонообмінною мембраною МК-40. При подачі електричного струму катіони натрію

Na^+ і кальцію Ca^{2+} крізь мембрану МК-40 мігрують з анодної камери в катодну. Одночасно під час розряду молекул води H_2O в катодній камері накопичуються гідроксил-іони OH^- , що утворюються на катоді. З правої сторони від рисунку показані реакції, що відображують, яким чином у воді утворюється розчин їдкою натру, який вступає у взаємодію із сполуками жорсткості, перетворюючи їх у нерозчинні карбонат кальцію CaCO_3 і гідроксид магнію $\text{Mg}(\text{OH})_2$, що випадають в осадок і можуть бути відокремлені від води у відстійнику [4].

На другому етапі об'єктом дослідження був відпрацьований хромовий електроліт гальванічного цеху суднобудівного заводу. Розчин, що моделював природній стік, складався з (г/л): хромового ангідриду CrO_3 – 71,6; сірчаної кислоти H_2SO_4 – 95,0; заліза Fe – 4,76 та міді Cu – 7,46.

Попередньо іонообмінні мембрани (МА-40 і МК-40) були піддані статичним випробуванням в наведеному розчині хромового електроліту на протязі 6-ти місяців, що склало порядку 4320 годин. Досліджені мембрани зберегли свої фізико-хімічні властивості і не мали зовнішніх пошкоджень.

По закінченню статичних випробувань, мембрани були використані в електродіалізній установці (рис.1), регенерації відпрацьованого розчину електроліту. Визначена оптимальна концентрація хромового ангідриду до 100 г/л, іонів заліза до 50 мг/л, тривалентного хрому до 50 г/л та міді до 40 г/л. Визначені технологічні, гідравлічні та електричні параметри ЕДУ для регенерації стічних вод при відповідній концентрації хімічних елементів

Висновок. Подальші дослідження в цій області утворять передумови до значного зниження загальних витрат й піднімуть техніко-економічну ефективність ЕДУ, як в області водопідготовки для підпитки котлоагрегатів, у тому числі й судових, так і в області регенерації стічних вод промислових підприємств різного спрямування

ЛІТЕРАТУРА

1. Лившиц О. В. Справочник по водоподготовке котельных установок. – М. : Энергия, 1976. – 288 с.
2. Рогов В. М. Электрохимическая технология изменения свойств воды / В. М. Рогов, В. Л. Филипчук. – Л. : Высшая школа, 1989. – 125 с.
3. Шевченко В. В. Исследование гидродинамики и массопереноса в электродиализной ячейке опреснителя // Теплоэнергетика и хладотехника : сб. труды НКИ. – Николаев : НКИ, 1989. – С. 82-86
4. Гребенюк В. Д. Обработка воды ионитами / В. Д.Гребенюк, А. А. Мазо. – М. : Химия, 1980. – 256 с.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

А

Акімов О.В., 238
Александровская Н.И., 179
Алексеев А.В., 6
Алексейчук Б.М., 107
Астайкин Д.А., 100

Б

Байжуманов М.К., 78
Бадищук В.І., 307
Басараба Ю.Б., 315
Бень А.П., 154, 226
Беспальый В.А., 164
Бідюк П.І., 193
Блах І.В., 228
Бобыр В.А., 231
Богдан Ю.А., 236
Божко А.О., 32
Бойко А.П., 175
Бондаренко О.В., 175
Борсук С.П., 82
Браїло М.В., 238
Букетов А.В., 238
Букетова Н.М., 226
Булгаков А.Ю., 102
Бурмака И.А., 107
Бутенко І.В., 75
Бушер В.В., 240

В

Варбанец Р.А., 9, 179
Васильев М.А., 64
Вдовиченко В.І., 86
Вишнякова Є.В., 12
Волков А.Н., 111
Волошин Д.К., 179
Вороненко С.В., 15
Врублевский Р.Е., 183

Г

Галкин С.А., 265, 268
Гальченко С.М., 185, 189
Глазєва О.В., 240
Гнагов А.В., 243
Годованюк С.П., 115
Голикова В.В., 70
Гончаренко А.В., 18
Горбатюк Є.В., 292
Груздев В.В., 22
Гусев В.В., 118

Д

Даньк В.В., 15
Денисов В.Г., 24
Дервянко А.А., 25
Дорогань О.И., 90
Дулдиер А.П., 248

Є

Євдокімова В.А., 18
Єнчев С.В., 28
Єрмак О.М., 32

З

Заблоцкий Ю.В., 250
Золотий Р.З., 307

І

Ивановский В.Г., 9
Ільницька С.І., 37
Іщенко І.М., 254

К

Казак В.А., 157
Казак В.М., 157, 185, 189
Калиниченко Е.В., 123
Калинчак В.В., 139
Караюз І.В., 193
Карташов В.В., 307
Клементьєва О.Ю., 254, 285
Климець В.В., 319
Князь А.И., 126
Колиев И.Д., 289
Кондратенко Ю.П., 161
Конін В.В., 41
Коробко В.В., 257
Котыло А.В., 265, 268
Кошевой В.М., 45
Кравченко О.В., 49
Красненький В.М., 238
Кривоносенко О.П., 194
Криштопа С.І., 261
Кудырко О.Н., 204
Кудырко С.В., 204
Кузьмин А.А., 139
Куценко О.В., 41
Кучеренко Ю.Н., 179
Кырнац В.И., 9

Л

Лазарчук П.Г., 157
Лейбович Л.І., 327
Леонов В.Е., 331

М

Малыгин Б.В., 265, 268
Мачуга О.С., 270
Медведенко О.М., 71
Меженков А.В., 75
Милетин А.В., 128
Мирзоев Б.М., 86
Мищенко А.Ю., 64
Міщук Д.О., 273
Моисеенко С.В., 208
Московко А.А., 257
Мухтаров П.Ш., 86

Н

Насіров Ш.Ш., 86
Настасенко В.О., 198, 228,
279, 285
Наталуха Ю.В., 54
Нефедов Л.И., 164, 204
Нигалатий В.Д., 311

О

Ольшамовский В.С., 289

П

Павлов И.А., 9
Паламарчук И.В., 154
Параняк Н.М., 323
Парменова Д.Г., 130
Пахомова Ю.А., 208
Пацурковський П.А., 327
Петров И.М., 335
Пелевін Л.Є., 292
Погорлецкий Д.С., 265, 268
Погребняк И.Ф., 311
Приходько Е.А., 132
Прокопчук Ю.А., 168
Присянок В.В., 296
Проценко Б.М., 185
Проценко В.О., 285
Пятаков Э.Н., 135

Р

Рева О.М., 78, 82, 86
Редчиц Д.А., 208
Ремнева В.В., 212
Рублєв И.И., 331
Рябенський В.М., 90, 215

С

Савчук В.Д., 147
Сагин С.В., 300
Садуакасова Н.Р., 78
Санько Я.В., 49
Сапронов О.О., 226
Селиванов С.Е., 139
Селиверстов И.А., 309
Семенец В.В., 54
Сіденко Є.В., 161
Скирденко В.О., 238
Соколов А.Е., 219
Соколова О.В., 219
Соловей А.С., 172
Солодовников В.Г., 304
Спешилов В.М., 143
Степкова В.В., 143
Стрелковская Л.А., 222
Стець Р.Є., 323
Стухляк П.Д., 307

Т

Тетерятник О.А., 292
Тимошенко Н.А., 194
Товкач С.С., 28
Токарев В.В., 54
Тригуб С.Н., 139
Троцан Г.Н., 309

У

Усач В.М., 189
Усач С.М., 189
Устименко И.М., 94
Ушкаренко А.О., 90, 215

Ф

Филипчук А.Н., 61, 342

Х

Хоменко С.О., 71
Хомяков В.Ю., 147
Хохряков Е.П., 61
Худяков И.В., 59

Ц

Цымбал Н.Н., 111

Ч

Чабан В.О., 339
Черненко А.С., 139
Черненко В.В., 254

Ш

Шарко А.В., 311
Шевченко В.В., 61, 342
Шевченко М.В., 204
Шевченко О.І., 97
Шевчук Д. О., 64
Шиндерук С.О., 243
Шишкин А.В., 45
Шульгін В.А., 71

Я

Якушев А.О., 149
Яцок В.М., 226

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА	3
<i>Секція: Контроль, діагностика і прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ КОСВЕННОГО ИНДИЦИРОВАНИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ	6
<i>Алексеев А.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
МОНИТОРИНГ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА СРЕДНЕОБОРОТНОГО ТЕПЛОВОЗНОГО ДИЗЕЛЯ К6S310DR	9
<i>Варбанец Р.А., Ивановский В.Г., Кырнац В.И., Павлов И.А.</i> Одесский национальный морской университет (Украина)	
КОМПЛЕКСНА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМАЛІЗАЦІЇ ВИГЛЯДУ ТА ПАРАМЕТРІВ КАНАЛІВ УПРАВЛІННЯ РУХОМИМ ОБ'ЄКТОМ ТА ПІДГОТУВАННЯ ДАНИХ ДЛЯ ПОСТОБРОБКИ	12
<i>Вишнякова Є.В.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	
АНАЛИЗ РАБОТЫ КОМБИНИРОВАННОГО ГАЗОТУРБОГЕНЕРАТОРА СИСТЕМЫ НАДДУВА ДИЗЕЛЕЙ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ	15
<i>Вороненко С.В., Даньк В.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
A CONCEPT OF BALLAST WATER TREATMENT ON THE BASIS OF MULTI-ALTERNATIVENESS	18
<i>Goncharenko A.V., Evdokimova V.A.</i> Kherson state maritime academy (Ukraine)	
ВЛИЯНИЕ ПРОСТОЕВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ	22
<i>Груздев В.В.</i> Одесский национальный морской университет (Украина)	
ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ	24
<i>Денисов В.Г.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ШВАРТОВКА НОСОМ КОНВЕНЦИОННОГО ТАНКЕРА К ТОЧЕЧНОМУ ПРИЧАЛУ	25
<i>Деревянко А.А.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ НА ОСНОВІ WAVENET-РЕГУЛЯТОРА	28
<i>Єнчев С.В., Товкач С.С.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	
ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ПШОХІДНІ ПОТОКИ	32
<i>Єрмак О.М., Божко А.О.</i> Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Україна)	
ПІДВИЩЕННЯ ШВИДКОДІ ОБРАХУНКІВ ІНТЕГРОВАНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗА РАХУНОК ЕКОНОМНОГО МЕТОДУ ОБЕРТАННЯ МАТРИЦЬ	37
<i>Льницька С.І.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	
ТОЧНІСТЬ НАЗЕМНОГО ОБЛАДНАННЯ СУПУТНИКОВОЇ СИСТЕМИ ПОСАДКИ	41
<i>Конін В.В., Куценко О.В.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	
ECDIS ENHANCEMENT FOR SMART VHF RADIO COMMUNICATION	45
<i>Koshevoy V., Shishkin A.</i> Odessa national maritime academy (Ukraine)	
ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ КОРИСТУВАНЬ ІНДИВІДУАЛЬНИМ ТРАНСПОРТОМ	49
<i>Кравченко О.В., Санько Я.В.</i> Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова (Україна)	
О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ЦВЕТОВОГО ЗРЕНИЯ ЧЕЛОВЕКА	54
<i>Токарев В.В., Наталуха Ю.В., Семенец В.В.</i> Харьковский национальный университет радиоэлектроники (Украина)	
ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ ПРОЦЕССОМ В ДВС	59
<i>Худяков И.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
СУДОВЫЕ ОПРЕСНИТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПОВЫШЕНИЕ ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ	61
<i>Шевченко В.В., Филищук А.Н.</i> Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина) <i>Хохряков Е.П.</i> Судоходная компания «ВUB» (Украина, г. Херсон)	

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИЛ И МОМЕНТОВ САМОЛЕТА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОСОБОЙ СИТУАЦИИ	64
<i>Шевчук Д. О., Васильев М. А., Мищенко А. Ю.</i> Национальный авиационный университет (Украина, г. Киев)	

Секція: Тренажерні системи та людський фактор на транспорті

СТРЕСОГЕННЫЕ ФАКТОРЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ СРЕДЫ СОВРЕМЕННОГО СУДОВОГО ОПЕРАТОРА	70
<i>Голикова В.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	

ТЕОРЕТИЧНІ ПІДСТАВИ СИТУАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УПРАВЛІННЯ ПОВІТРЯНИМ СУДНОМ	71
<i>Медведевко О.М.</i> Інститут телекомунікації та глобального інформаційного простору НАН України (Україна, м. Київ), <i>Шульгін В.А., Хоменко С.О.</i> Кіровоградська льотна академія Національного авіаційного університету (Україна)	

КОНФЛИКТЫ НА РЕГУЛЬОВАННЫХ ПЕРЕХРЕСТЯХ ПІД ЧАС ЗМІНИ СИГНАЛІВ СВІТЛОФОРА	75
<i>Меженков А.В., Бутенко І.В.</i> Автомобільно-дорожній інститут Державного вищого навчального закладу «Донецький національний технічний університет» (Україна)	

ОТНОШЕНИЕ ПИЛОТОВ К РИСКУ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ ПРИ ОТКАЗЕ ДВИГАТЕЛЯ	78
<i>Рева А.Н.</i> Национальный авиационный университет (Украина, г. Киев), <i>Байжуманов М.К., Садуакасова Н.Р.</i> Академия гражданской авиации Республики Казахстан (г. Алматы, Республика Казахстан)	

УРАХУВАННЯ ЛЮДСЬКОГО ЧИННИКА У ПРОАКТИВНОМУ РОЗВ'ЯЗАННІ «ТРИКУТНИКА РИЗИКІВ» ІКАО	82
<i>Рева О.М., Борсук С.П.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	

**ДИНАМІКА ОСНОВНОЇ ДОМІНАНТИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
АВІАДИСПЕТЧЕРОМ ПРИ УСКЛАДНЕННІ
УМОВ ДІЯЛЬНОСТІ** **86**

Рева О.М.

Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ),

Мухтаров П.Ш., Мирзоев Б.М.

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

Вдовиченко В.І.

Некомерційна освітня установа «Корпоративний центр підготовки персоналу –
Інститут аеронавігації» (Російська Федерація, м. Москва),

Насіров Ш.Ш.

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

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПОДГОТОВКИ
СПЕЦИАЛИСТОВ ПО СУДОВОМУ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЮ** **90**

Рябенский В.М., Ушкаренко А.О., Дорогань О.И.

Национальный университет кораблестроения имени
адмирала С.О. Макарова (Украина, г. Николаев)

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ЦЕПИ В ОПИСАНИИ ПРОЦЕССОВ
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ** **94**

Устименко И.М.

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

**ОСОЗНАННЯ МОТИВАЦІЇ МАЙБУТНЬОЇ ВИРОБНИЧОЇ
ДІЯЛЬНОСТІ – ПЕРЕДУМОВА УСПІШНОГО ПРОФЕСІЙНОГО
НАВЧАННЯ** **97**

Шевченко О.І.

Одеська національна морська академія (Україна)

Секція: Безпека судноплавства

**АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ СМЕШАННЫХ ЗАКОНОВ
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ
НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ** **100**

Астайкин Д.А.

Одесская национальная морская академия (Украина)

**ВЫБОР ДОПУСТИМОГО МАНЕВРА РАСХОЖДЕНИЯ ДВУХ СУДОВ С
ПОМОЩЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПАСНОЙ ОБЛАСТИ ИХ КУРСОВ** **102**

Булгаков А.Ю.

Одесская национальная морская академия (Украина)

**ВЛИЯНИЕ ЧИСЛА ЛИНИЙ ПОЛОЖЕНИЯ НА ТОЧНОСТЬ
ОБСЕРВАЦИИ** **107**

Бурмака И.А., Алексейчук Б.М.

Одесская национальная морская академия (Украина)

СОВМЕСТНЫЙ УЧЕТ ПРИ РАСХОЖДЕНИИ ОПАСНОЙ ЦЕЛИ И НАВИГАЦИОННОГО ПРЕПЯТСТВИЯ С ПОМОЩЬЮ СУДОВОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ	111
<i>Волков А.Н., Цымбал Н.Н.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СИТУАЦИИ НА СУДНЕ И В МОРЕ	115
<i>Годованюк С.П.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ВИБРОДИАГНОСТИКА СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	118
<i>Гусев В.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ПОВОРОТА СУДНА	123
<i>Калиниченко Е.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕКООРДИНАТНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ РАДИОЛОКАЦИОННОМ ОБНАРУЖЕНИИ ОБЪЕКТОВ НА ФОНЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПОМЕХ СУДОВЫМИ РАДИОЛОКАТОРАМИ	126
<i>Князь А.И.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
РАСЧЁТ ПЕРИОДА КАЧКИ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ	128
<i>Милетин А.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ФАКТОРОВ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОФИЛЯ РИСКА СУДОВЫХ РАБОТ	130
<i>Парменова Д.Г.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ОЦЕНКИ РИСКА В ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	132
<i>Приходько Е.А.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
РАСХОЖДЕНИЕ СУДОВ С ПОМОЩЬЮ МАНЕВРА ИЗМЕНЕНИЯ КУРСА	135
<i>Пятаков Э.Н.</i> Херсонский филиал Одесского морского тренажерного центра (Украина)	

**ВОСПЛАМЕНЕНИЕ, ЗАЖИГАНИЕ, ГОРЕНИЕ И
САМОПРОИЗВОЛЬНОЕ ПОГАСАНИЕ УГЛЕРОДНОЙ
ЧАСТИЦЫ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ** 139

Селиванов С.Е., Тригуб С.Н.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Калинчук В.В., Черненко А.С., Кузьмин А.А.

Одесский национальный университет

имени И.И. Мечникова (Украина)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-
УПРАВЛЯЮЩЕЙ СУДОВОЙ
СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАИБОЛЬШЕЙ
ТОЧНОСТИ МОРЕПЛАВАНИЯ В ОТКРЫТОМ МОРЕ** 143

Спешилов В.М., Стенкова В.В.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**ЗАГРУЗКА СУДНА ТИПА «КОАСТЕР» НАВАЛОЧНЫМ
ГРУЗОМ С ИСПОЛИЗОВАНИЕМ МЕТОДА
«ЕСТЕСТВЕННОЙ» СЕПАРАЦИИ** 147

Хомяков В.Ю., Савчук В.Д.

Одесская национальная морская академия (Украина)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ СУДОВОЙ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ
ЗАДАННОЙ ФОРМЫ** 149

Якушев А.О.

Одесская национальная морская академия (Украина)

*Секція: Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень
у транспортній галузі*

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ
ТРАНСОКЕАНСКИХ ПЕРЕХОДОВ** 154

Бень А.П., Паламарчук И.В.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ НАВЕДЕННЯМ КУЛІ ЗА ДОПОМОГОЮ
САМОНАВЧАЛЬНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ** 157

Казак В.А., Казак В.М., Лазарчук П.Г.

Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)

**МЕТОДИ ОБРОБКИ НЕЧІТКОЇ ЛІНГВІСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ
В ЗАДАЧАХ БАГАТОКРИТЕРІЙНОГО ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ** 161

Кондратенко Ю.П., Сіденко Є.В.

Чорноморський державний університет імені П. Могилы

(Україна, м. Миколаїв)

**ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПРИ ПОДБОРЕ ПЕРСОНАЛА
В УСЛОВИЯХ НЕЧЁТКОЙ ИНФОРМАЦИИ** 164

Нефёдов Л.И., Беспальный В.А.

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)

**ЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ ПАРАДИГМЫ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
НА ОСНОВЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОБОБЩЕНИЙ** 168
Прокопчук Ю.А.
Институт технической механики НАНУ и ГКАУ
(Украина, г. Днепропетровск)

**ВЫБОР КОНТРОЛИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ
ГРУЗОВЫХ ОПЕРАЦИЙ С ТЯЖЕЛЫМИ
И НЕГАБАРИТНЫМИ ГРУЗАМИ НА
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СУДАХ** 172
Соловей А.С.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

Секція: Системний аналіз та математичне моделювання складних об'єктів

**ВИБІР ПРОЕКТНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУДЕН ДЛЯ ДОСТАВКИ
ПЕРСОНАЛУ НА ШЕЛЬФОВІ ВІТРОПАРКИ СТАТИСТИЧНИМ
МЕТОДОМ** 175
Бондаренко О.В., Бойко А.П.
Національний університет кораблебудування імені
адмірала С.О.Макарова (Україна, м. Миколаїв)

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОЧЕГО ЦИКЛА
MAN 12K98МЕНА РЕЖИМАХ «ECONOMY MODE»
И «EMISSION MODE» С РАСЧЕТОМ ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ
МЕТОДОМ В.С. СЕМЕНОВА – В.И. КВЯТКОВСКОГО** 179
Варбанец Р.А., Волошин Д.К., Кучеренко, Ю.Н., Александровская Н.И.
Одесский национальный морской университет (Украина)

**УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ
ОБРАБОТКИ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО КОНТРОЛЛЕРА** 183
Врублевский Р.Е.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

**ОПТИМИЗАЦИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
УПРАВЛЯЕМОГО ПОЛЕТА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ** 185
Казак В.Н., Проценко Б.М., Гальченко С.Н.
Національний авіаційний університет (Україна, г. Київ)

**ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ДИНАМІЧНИМИ
СИСТЕМАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ
НЕЙРОРЕГУЛЯТОРІВ НА ОСНОВІ
ЕТАЛОННОЇ МОДЕЛІ** 189
Казак В.М., Усач В.М., Усач С.М., Гальченко С.М.
Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)

ПРОГНОЗУВАННЯ ПРОДУКТОВИХ БАЛАНСІВ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ АДАПТИВНОГО ФІЛЬТРА КАЛМАНА	193
<i>Караюз І.В., Бідюк П.І.</i> Інститут прикладного системного аналізу Національного технічного університету України «КПІ» (Україна, м. Київ)	
СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОЇ БАГАТОВИМІРНОЇ СИСТЕМИ СТАБІЛІЗАЦІЇ ВЕРТОЛЬОТА СЕРЕДНЬОГО КЛАСУ	194
<i>Кривоносенко О.П., Тимошенко Н.А.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)	
СТРОГОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЛНОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ГРАВИТАЦИОННОГО ПОЛЯ И ОБЪЕДИНЕНИЕ ГРАВИТАЦИОННОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЕЙ	198
<i>Настасенко В.О.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ И ТРАНСПОРТА ГАЗА	204
<i>Нефедов Л.И., Шевченко М.В., Кудырко О.Н., Кудырко С.В.</i> Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ОБТЕКАНИЯ ТРЕХЭЛЕМЕНТНОГО ПРОФИЛЯ 30P30N	208
<i>Редчиц Д.А.</i> Інститут транспортних систем і технологій НАН України (Україна, г. Дніпропетровськ), <i>Моисеенко С.В.</i> Херсонський національний технічний університет (Україна), <i>Пахомова Ю.А.</i> Інститут транспортних систем і технологій НАН України (Україна, г. Дніпропетровськ)	
НЕЧЕТКАЯ КЛАСТЕРИЗАЦИЯ, ОСНОВАННАЯ НА ЭВОЛЮЦИОННОМ FCM-АЛГОРИТМЕ	212
<i>Ремнева В.В.</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	
АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПИСАНИЯ ИНТЕРФЕЙСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАБОЧЕГО МЕСТА ОПЕРАТОРА ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	215
<i>Рябенский В.М., Ушкаренко А.О.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова (Україна, г. Николаев)	
МОДЕЛИРОВАНИЕ АГЕНТОВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ В ТРЕНАЖЕРНЫХ СИСТЕМАХ НА ТРАНСПОРТЕ	219
<i>Соколов А.Е., Соколова О.В.</i> Херсонський національний технічний університет (Україна)	

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ
ПРИ ФОРМИРОВАНИИ БАЗЫ ПРАВИЛ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО
ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА ДЛЯ
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОТКАЗОВ РАБОТЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ
УСТАНОВОК** 222

Стрелковская Л.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Секція: Проблеми надійності та енергозбереження

**ЗАКОНОМІРНОСТІ ВПЛИВУ ВМІСТУ МОДИФІКАТОРА
НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИДНОЇ МАТРИЦІ** 226

Бень А.П., Сапронов О.О., Букетова Н.М.

Херсонська державна морська академія (Україна),

Яцюк В.М.

Тернопільський національний педагогічний університет (Україна)

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ВІТРОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ 228

Блах І.В., Настасенко В.О.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**СУДОВАЯ ЭРГАТИЧЕСКАЯ ФУНКЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГРУЗОВОЙ ЛИНИИ** 231

Бобыр В.А.

Одесская национальная морская академия (Украина)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ
КОГЕНЕРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК НА БАЗЕ
ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ** 236

Богдан Ю.А.

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

**ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ
З ПОЛІПШЕНИМИ МЕХАНІЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ** 238

Букетов А.В., Браїло М.В., Скирденко В.О., Акімов О.В.,

Красенький В.М.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**МЕТОДИКА РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПАСИВНИХ ФІЛЬТРІВ
ВИЩИХ ГАРМОНІК** 240

Глазева О.В.

Одеська національна морська академія (Україна),

Бушер В.В.

Одеський національний політехнічний університет (Україна)

**АКСІАЛЬНО НЕСИМЕТРИЧНІ ІНСТРУМЕНТИ МАГНІТНО-
ІМПУЛЬСНОГО РИХТУВАННЯ** 243

Гнатов А.В., Шиндерук С.О.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Україна)

МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ГОРЕНИЯ В ТОПОЧНОМ УСТРОЙСТВЕ СУДОВОГО КОТЛА <i>Дулдиер А.П.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	248
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ НАГРУЗОК В ПАРАХ ТРЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ <i>Заблоцкий Ю.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	250
ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ПРИВІД – ГЕНЕРАТОРНИЙ АГРЕГАТ КОМБІНОВАНОГО ПРОПУЛЬСИВНОГО КОМПЛЕКСУ <i>Иценко І.М., Черненко В.В., Клементьєва О.Ю.</i> Херсонська державна морська академія (Україна)	254
ВЛИЯНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ТЕПЛООБМЕНА НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОАКУСТИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ <i>Коробко В.В., Московко А.А.</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина, г. Николаев)	257
ЕЛЕКТРОТЕРМОМЕХАНІЧНА ТЕОРІЯ ЗНОШЕННЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАР ТЕРТЯ <i>Криштопа С.І.</i> Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)	261
ВЛИЯНИЕ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НА УМЕНЬШЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И СМАЗКУ ДЕТАЛЕЙ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ СУДОВЫХ УСТАНОВОК <i>Мальгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Галкин С.А., Котыло А.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	265
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ЭКОНОМИИ ПРИ ВНЕДРЕНИИ В СУДО- И МАШИНОСТРОЕНИИ МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗДЕЛИЙ <i>Мальгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Галкин С.А., Котыло А.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	268
ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НАЧІПНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТРАНСПОРТУ, ЕКСПЛУАТОВАНОГО НА ТЕРИТОРІЯХ З УХИЛОМ <i>Мачуга О.С.</i> Національний лісотехнічний університет України (Україна, м. Львів)	270
ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОПОРЦІЙНОГО ГІДРАВЛІЧНОГО КЕРУВАННЯ <i>Мищук Д.О.</i> Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)	273

ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ГІДРОХВИЛЬОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК МАЯТНИКОВОГО ТИПУ 3-4-ГО ПОКОЛІНЬ	279
<i>Настасенко В.О.</i> Херсонська державна морська академія (Україна)	
ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ ТА ВДОСКНАЛЕННЯ ОПОРНИХ ВУЗЛІВ СУДНОВИХ І ПРОМИСЛОВИХ КРАНІВ НА ОСНОВІ САМОМАСТИЛЬНИХ ПІДШИПНИКІВ З АНТИФРИКЦІЙНИМИ ВСТАВКАМИ	285
<i>Настасенко В.О., Проценко В.О., Клементьєва О.Ю.</i> Херсонська державна морська академія (Україна)	
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ СУДОВЫХ ПРОВИЗИОННЫХ КАМЕР	289
<i>Ольшамовский В.С., Колиев И.Д.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ІСНУЮЧИХ ТРАНШЕЄКОПАЧІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇХ РОЗВИТКУ	292
<i>Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Тетерятник О.А.</i> Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)	
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ДЕЙДУДНЫХ КАПРОЛОНОВЫХ ПОДШИПНИКОВ	296
<i>Присянок В.В.</i> Азовский морской институт Одесской национальной морской академии (Украина, г. Мариуполь)	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ ТОНКИХ ПЛЕНОК МОТОРНЫХ МАСЕЛ	300
<i>Сагин С.В.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРНИСТЫХ ТОПЛИВ В СУДОВЫХ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ	304
<i>Солодовников В.Г.</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ МОДИФІКОВАНИХ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ПІДВИЩЕНИХ ТЕМПЕРАТУРАХ	307
<i>Стухляк П.Д., Бадичук В.І., Золотий Р.З., Карташов В.В.</i> Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя (Україна)	

- МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ
НА ОСНОВЕ Fe–Al** 309
Селиверстов И.А.
Херсонский национальный технический университет (Украина),
Троцан Г.Н.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ
МЕТАЛЛОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
КОНСТРУКЦИЙ** 311
Шарко А.В., Погребняк И.Ф.
Херсонский национальный технический университет (Украина),
Нигалатий В.Д.,
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- Секція: Захист довкілля, екологічна безпека, ресурсозберігаючі технології*
- ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПРОВІДНОЇ ПЕРЕДАЧІ
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ТРАНСПОРТІ** 315
Басараба Ю.Б.
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу (Україна)
- ОДИН ІЗ ШЛЯХІВ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ ВЛОВЛЕННЯ
ЗЕРНОВОГО ПИЛУ ПРИ ЙОГО ЗАВАНТАЖЕННІ В СУДНА** 319
Батлук В.А., Климец В.В.
Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)
- ЗАСТОСУВАННЯ НОВИХ ЗАХОДІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ
ЗАБРУДНЕНОСТІ ДОВКІЛЛЯ ВИРОБНИЧИМ ПИЛОМ
В ЦЕМЕНТНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ** 323
Батлук В.А., Параняк Н.М., Стець Р.Є.
Національний університет «Львівська політехніка» (Україна)
- КІНЕТИКА ОКИСЛЮВАННЯ СІРКОВОДНЮ КИСНЕМ
У ПОВІТРІ СУДНОВИХ ПРИМІЩЕНЬ** 327
Лейбович Л.І., Пацурковський П.А.
Національний університет кораблебудування імені
адмірала С.О. Макарова (Україна, м. Миколаїв)
- ИССЛЕДОВАНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ДЕЙСТВИЯ ЗАЩИТНОГО
ПОКРЫТИЯ НА СКОРОСТЬ КОРРОЗИИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ
ПОВЕРХНОСТЕЙ КОРПУСОВ СУДОВ** 331
Леонов В.Е., Рублёв И.И.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- УЧАСТИЕ СУДОВОГО АГЕНТА В ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ
РАЗЛИВА НЕФТЕПРОДУКТОВ** 335
Петров И.М.
Одесская национальная морская академия (Украина)

БІОТЕХНОЛОГІЯ ОЧИСТКИ СУДНОВИХ СТІЧНИХ, ЛЬЯЛЬНИХ ВОД ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ВОДНОЇ ТРОПІЧНОЇ РОСЛИНИ ЄЙХОРНІЇ 339

Чабан В.О.

Херсонська державна морська академія (Україна)

ЕНЕРГОРЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ВОДОПІДГОТОВКИ І ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД ПРОМІСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ 342

Шевченко В.В., Філітцук О.М.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова (Україна)

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК 344

ДЛЯ НОТАТОК:

Збірка матеріалів
VI Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2014

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Клементьєва О. Ю.*
Друк, фальцювальню-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 19.05.2014. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 22,5. Тираж 120 прим.

Херсонська державна морська академія
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4312 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20, к. 224
тел. (0552) 44-25-24