

Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції
Материалы V Международной научно-практической конференции
Materials of the 5th 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-2013

Збірка матеріалів конференції у двох томах

Том 1

Volume 1

**28-30 травня 2013 року
Херсон, Україна**

**28-30 мая 2013года
Херсон, Украина**

**May 28-30, 2013
Kherson, Ukraine**

Організатори конференції:

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМЕНІ АДМІРАЛА МАКАРОВА
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ «КПІ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
СЕВАСТОПОЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
БРЕМЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПРИКЛАДНИХ НАУК
ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ НАН БІЛОРУСІ
НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ «ЦИКЛОН»
КРЮІНГОВА КОМПАНІЯ «MARLOW NAVIGATION»

Програмний комітет:

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

Організаційний комітет:

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

У збірнику представлено матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 28-30 травня 2013 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-2013) [Збірка матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт. (28-30 травня 2013 р., Херсон)]. – Т. 1. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013. – 180 с.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей П'ятої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013)», метою якої є аналіз та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів щодо застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі. Конференція проходить у місті Херсоні, що розташоване на мальовничих берегах річки Дніпро, на базі старшого морського навчального закладу нашої держави – Херсонської державної морської академії. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади України, Росії, Білорусі, Азербайджану та інших країн зарубіжжя.

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

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

Для зручності наукові праці конференції розміщено у двох томах. До *першого тому* 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. У *другому томі* представлено матеріали, в яких розглядаються питання тренажерних систем та людського фактору на транспорті, безпеки судноплавства, а також матеріали щодо 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-2013 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 1:

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ**

МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА

Варбанец Р.А., Головань А.И., Александровская Н.И.,
Одесский национальный морской университет
(Украина)

Проблема дистанционного контроля параметров работы дизельной энергетической установки транспортного судна (СЭУ) актуальна по ряду причин. Во-первых, – вследствие высокой стоимости топлива. Менее чем за последние десять лет стоимость основных видов морских топлив (MDO, IFO180, IFO380) возросла почти в три раза и в настоящий момент составляет более 1000\$ за тонну MDO. Во-вторых, действующие в настоящий момент требования МАРПОЛ 73/78 П. VI ограничивают процент выбросов NOx и SOx в выпускных газах судовой дизельной энергетической установки. Превышение этих норм, возникающее по причине отсутствия детальной объективной информации о состоянии дизельной СЭУ, влечет за собой очень большие штрафы судовладельцев. Кроме этого, регулярный контроль эксплуатационных параметров повышает уровень технической эксплуатации дизельной СЭУ и способствует не только детальному учету эксплуатационных затрат и планированию ремонтов, но и эффективному управлению сложной многосистемной современной судовой дизельной энергетической установкой.

Время desktop-приложений, как и время локального решения задач управления технологическими процессами быстро уходит в прошлое. В настоящее время актуально сетевое, корпоративное online-управление и контроль, когда при принятии сложного решения учитываются мнения многих компетентных специалистов и всем видны результаты совместной деятельности. Эффективность такой стратегии в разы выше за счет быстрых обратных связей и исключения случайных субъективных факторов.

От технического состояния СЭУ зависит способность судна выполнять свою главную задачу – перевозить грузы, при этом обеспечивая безопасность мореплавания и жизнь экипажа. Кроме дизелей в состав СЭУ входят вспомогательные дизель-генераторы и котел. Текущие расходы на эксплуатацию этих объектов в виде расходов на топливо, масло и ремонт также стоят на первом месте. Поэтому актуальными для СЭУ являются следующие задачи: контроль мощности на всех эксплуатационных режимах, учет потребления топлива и масла, а также точный учет моторесурса в зависимости от степени нагруженности механизмов. Безусловно, актуальной является задача выработки эффективной стратегии планирования эксплуатации дизельной СЭУ, основанная на анализе полученных данных.

В связи с преимущественным распространением дизельных энергетических установок на флоте, она является одной из важнейших задач повышения конкурентоспособности в сфере морского и речного транспорта.

В эксплуатации судна на долю дизельной СЭУ приходится до 40% эксплуатационных расходов. Специфичными для морской эксплуатации являются переменные нагрузочные режимы и влияние множественных внешних факторов. Спецификой дизельной СЭУ является то, что основные процессы, характеризующие техническое состояние, трудно поддаются визуализации и контролю. Специфичным для морской отрасли является также то, что принимающий основные стратегические управленческие решения персонал находится на берегу. В ситуации фактического отсутствия детальной объективной информации о текущем состоянии энергетических объектов и судна в целом эти стратегические решения могут быть не так точны, как необходимо или даже ошибочны. Выход, естественно, один – разработать мероприятия по своевременной доставке управляющему персоналу объективной и подробной информации о судне в реальном времени.

Проблемой дистанционного контроля параметров дизельной СЭУ занималось ряд организаций. В первую очередь, это крупнейшие судовладельческие компании: A.P. Moller-Maersk Group, MAK International Shipping, LLC и др., а также крупнейшие двигателестроительные компании: MAN, Wartsila-Sulzer, MAK-Caterpillar Marine Power Systems и др. Проблеме контроля параметров дизельной СЭУ посвящены работы отечественных и зарубежных авторов: С. В. Камкина, И. В. Возницкого, Ю. Я. Фомина, С. В. Семенова, В. Г. Ивановского.

Анализ структур и функциональных возможностей существующих систем и методов контроля эксплуатационных параметров дизельных СЭУ показал, что в большинстве случаев решалась задача локального контроля с передачей данных в офис в полуавтоматическом режиме. В этом случае был не исключен субъективный фактор и возможные искажения или запаздывания информации. В случае решения задачи автоматического получения и передачи информации крупными судовладельческими компаниями (напр. Maersk) решение было сугубо индивидуальным, с использованием специфических средств измерения и связи и, как правило, дорогостоящим. Последний фактор исключал возможность широкого использования методов дистанционного контроля эксплуатационных параметров СЭУ на транспортных судах.

В практике эксплуатации дизельных СЭУ существует проблема постепенного снижения мощности и повышения тепловой напряженности одновременно с повышением расхода топлива, что связано с накоплением не критических, трудновывяемых дефектов топливной аппаратуры, механизма газораспределения и цилиндропоршневой группы. Это происходит из-за непринятия своевременных мер по восстановлению работоспособности основных узлов двигателя, что в свою очередь является следствием отсутствия точной и детальной информации об эксплуатационных параметрах.

Таким образом, учитывая специфику эксплуатации морских судов, актуальной является задача дистанционного контроля полученных во время эксплуатации на борту судна параметров дизельной СЭУ. Дистанционный контроль параметров СЭУ является необходимым условием экономически эффективной, безаварийной и экологически безопасной эксплуатации современного транспортного судна.

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ КОНТАКТНО-ИМПУЛЬСНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАР ТРЕНИЯ БАРАБАННО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Журавлев Д.Ю., Курыляк Я.В.,

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа (Украина),

Карась В.И.,

Бережанский агротехнический институт

(Украина)

Введение. Противоречивая трактовка понятия «импульс» и «флуктуация», влияющих на изменение как внешних, так и внутренних эксплуатационных параметров металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов транспортных средств заставило обратить внимание на «импульсную проблему». На самом деле «импульс» является составляющей «флуктуации» в быстропротекающих процессах на поверхности пятна контакта в его материалах и при этом он характеризует резкий рост того или иного параметра в сторону его увеличения от уровня средней величины. Флуктуация внешних и внутренних параметров трения носит во времени медленный и быстрый характер, но при этом величина параметров колеблется от минимума и до максимума, и наоборот. В основу всех теоретических выкладок, сопровождаемых гипотезами и идеями, заложены принципы электро- и теплодинамики, происходящих как на контакте так и в его материалах на электронно-ионном уровне.

Актуальность исследований. Несистематизированные данные о природе импульсного взаимодействия микровыступов металлополимерных пар трения барабанно-колодочного тормоза и сопровождаемых при этом электрических и тепловых процессов [1-5] под воздействием мгновенных нормальной и тангенциальной сил, динамического коэффициента трения, электрического и теплового токов, развиваемого суммарного тормозного момента и других как внутренних, так и внешних параметров трения заставляют искать новые подходы к раскрытию сущности эффектов, процессов и явлений, происходящих на контактном пятне с позиции нанотрибологии.

Постановка задач. Задачами исследований по данной работе явилось:

– раскрытие механизма образования внешнего («рабочая поверхность металлического элемента трения – рабочая поверхность полимерной накладки») и внутреннего («рабочая поверхность полимерной накладки – электролит») двойных электрических слоев в поверхностных и приповерхностных зонах пары трения «металл – полимер»;

– формирование микроконденсаторов в металлополимерных парах трения.

Результаты исследований. В барабанно-колодочном тормозе энергию, накопленную заряженным конденсатором, можно рассматривать как энергию электрического поля, заключенного между обкладками конденсатора. В тормозе обкладками конденсатора являются «внутренняя поверхность обода тормозного барабана – рабочие поверхности полимерных накладок» (рис. 1).

Электрическое поле возникает между рабочими поверхностями металлополимерных пар трения, находящихся как в замкнутом так и в разомкнутом состоянии (импульсные разряды тока).

В формировании микроконденсаторов в металлополимерных парах трения существенную роль играет возникновение двойных электрических слоев (ДЭС) в диапазоне температур ниже и выше допустимой температуры для материалов накладок.

Строение ДЭС вблизи твердой поверхности (металлического элемента трения), которая имеет отрицательный заряд ($-q_m$) и формирует его поверхностную плотность σ_m (потенциалообразующий слой), является наружной цилиндрической пластиной

конденсатора, а ионы (катионы), находящиеся в объеме приповерхностного слоя накладки, образуют внутреннюю цилиндрическую пластину противоположного знака (адсорбционная и диффузионная части ДЭС). При этом трибосистема, в целом, оказывается электронейтральной

$$-\sigma_M = \sigma_1 + \sigma_2, \quad (1)$$

где σ_1 и σ_2 – плотность зарядов адсорбированного и диффузионного слоев.

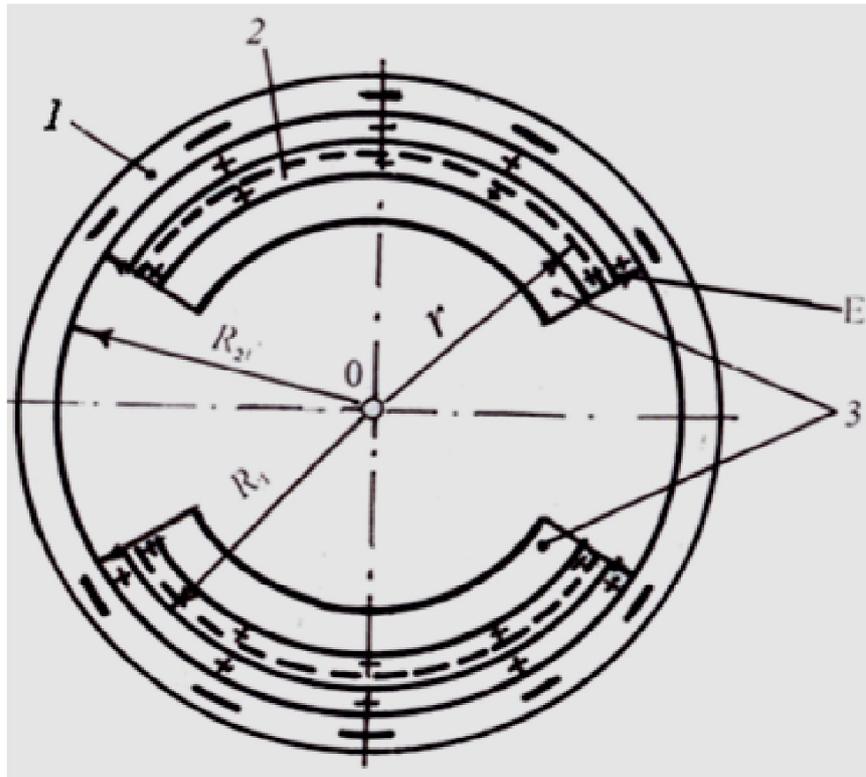


Рисунок 1 – Фрикционные узлы барабанно-колодочного тормоза (цилиндрические конденсаторы):

1 – тормозной барабан; 2 – фрикционные накладки; 3 – тормозные колодки; E – напряженность поля

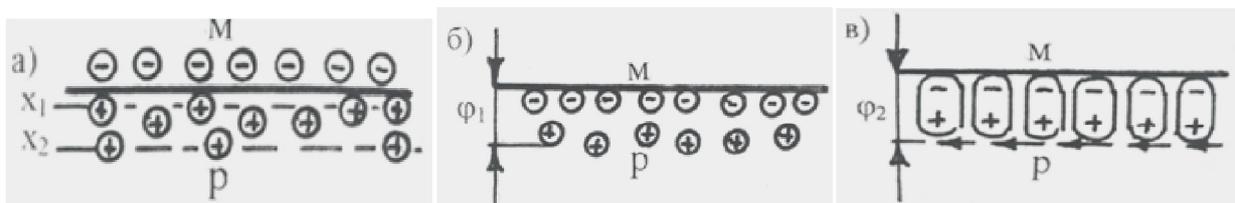


Рисунок 2 а, б, в – Схемы построения внешнего (а) и внутреннего (б, в) двойного электрического слоя в паре трения и в поверхностной зоне полимерной накладки:

M – металл; P – раствор электролита; ←← – плоскость скольжения

Абсолютные значения зарядов по различные стороны ДЭС, являющегося цилиндрическим конденсатором с молекулярными обечайками, равны между собой. Поляризация объемного заряда сопровождается захватом заряженных носителей на границе раздела фаз в результате происходящего их свободного разряда. Это способствует изменению количества носителей на обечайках, что обуславливает поляризацию (деполяризацию) объемного заряда ДЭС при прикладывании к его обечайкам внешней разности потенциалов. Она появляется в результате контактно-импульсного взаимодействия микровыступов поверхностей при трении. В этих условиях контактирующие фазы не обмениваются зарядами, а вся энергия внешнего электрического

поля, вырабатываемая в результате скольжения рабочих поверхностей металлополимерных пар трения, расходуется на заряд двойных электрических слоев, расположенных на наружной и внутренней микроповерхности цилиндрических микроконденсаторов.

В этом случае емкость (C_1) ДЭС определяется по зависимости вида

$$C_1 = \frac{2\pi\varepsilon_1 L_1}{\ln(R_2 / R_1)}, \quad (2)$$

где ε_1 – электрическая постоянная; L – усредненная ширина поверхностей взаимодействующих пар трения; R_2, R_1 – радиусы рабочих поверхностей металлического элемента трения и полимерных накладок.

Контактно-импульсное взаимодействие микровыступов металлополимерных пар трения в барабанно-колодочных тормозах в интервале поверхностных температур выше допустимой для материалов полимерных накладок носит характер электрохимической системы. В ней происходят обратимые катодно-анодные процессы, а их временные зарядно-разрядные характеристики аналогичны электрохимическим цилиндрическим конденсаторам.

Емкость в последних создается ДЭС, который образуется между фазовой границей «металл-полимер».

Образование ДЭС происходит на межфазной границе двух сред с различными характеристиками проводимости электронной (металлический элемент трения) и ионной (поверхностный и приповерхностные слои накладки, находящиеся в различных термодинамических состояниях). Поверхностный и приповерхностный слои полимерных накладок являются многокомпонентными структурами, т.е. гетерогенной системой, в которой рассмотрение их моделей необходимо вести с точки зрения химической кинетики колебания реакций, что подтвердило изменение электрохимического потенциала металлической и неметаллической поверхностей при нагружении пары трения в области их различного структурного и теплового состояния. Установлено, что химпотенциал увеличивается в зоне температур, превышающих допустимую для материалов накладки, т.к. на ее поверхности имеются островки электролита. В этом случае емкость (C_2) ДЭС определяется по зависимости вида

$$C_2 = \frac{2\pi\varepsilon_2 L_2}{\ln(R_2 / R_1)} - \frac{S}{d}, \quad (3)$$

где ε_2 – диэлектрическая проницаемость слоя Гельмгольца, за которую принимают диэлектрическую проницаемость электролита (его разбавителя); L_2 – усредненная ширина поверхностей взаимодействующих пар трения; S и d – активная площадь рабочей поверхности металлического элемента трения и толщина ДЭС.

Межфазовая граница на блокирующей обечайке, которой является рабочая поверхность металлического элемента трения, не пропускает заряды в двух направлениях. Физическая природа этого процесса состоит в том, что формирование ДЭС вызвано специфической адсорбцией, поверхностными превращениями и т.д., а не переходом заряда через саму границу. ДЭС на блокирующей обечайке представляет собой своеобразный молекулярный конденсатор, заряды которого на ее поверхности вызваны перераспределением электронов или заряженных точечных дефектов в поверхности металлического элемента трения и ионов в электролите поверхностного слоя полимерных накладок.

Поскольку толщина (d) ДЭС мала (порядка нескольких межатомных расстояний), то слой обладает высокой емкостью на единицу площади поверхности ($20-50$ мкФ/см²), что значительно превышает соответствующую величину в традиционных конденсаторах (диэлектрик имеет толщину $(5-7) \cdot 10^2$ межатомных расстояний).

Разделение зарядов может быть вызвано различными причинами:

- переходом электронов с обечайки в раствор электролита или наоборот – электронный ДЭС; заряды одинакового знака образуют ионы, которые перешли в раствор, а электроны, которые остались, образуют заряд противоположного знака;
- спецификой адсорбции на поверхности обечайки от ионов одного знака – адсорбционный эффект ДЭС;
- ориентацией полярных молекул (например, молекул воды) возле рабочей поверхности металлического элемента трения, в результате чего все молекулы сориентированы к указанной выше поверхности одной и той же стороной – ориентационный эффект ДЭС.

Как правило, различные виды возникновения ДЭС реализуются одновременно и при этом остаются электронейтральными.

Для общего представления о формировании ДЭС рассмотрим модель его построения на границе раздела «металл-раствор электролита» (см. рис. 2 а, б, в). Когда на границе фаз действуют только электрические силы, ионы в растворе могут подойти к поверхности металла на расстояние не ближе, чем радиус сольватного иона, поскольку на ней сохраняется мономолекулярный слой адсорбированного растворителя. В случае специфической адсорбции ионов, когда они полностью или частично теряют сольватную оболочку, центры адсорбированных ионов могут подойти к поверхности на более близкое расстояние. Плоскость, проведенная через их центры, называют внутренней плоскостью Гельмгольца (плоскость X_2 , см. рис. 2 а).

В объеме раствора электролита за внешней плоскостью Гельмгольца, проведенной через центры ближайших поверхностей ионов (плоскость X_1 , см. рис. 2 а, [2]), располагается диффузионный ионный слой с потенциалом φ_1 (см. рис. 2 б). Несмотря на то, что плотность заряда в диффузионном слое снижается по мере удаления от поверхностей полимерных накладок, тем не менее его можно уподобить цилиндрическому конденсатору с некоторым эффективным расстоянием между обечайками, имеющими эффективную толщину диффузионного слоя L . Теоретически L описывается зависимостью вида:

$$L = \sqrt{\frac{\varepsilon_r RT}{8\pi c F^2}}, \quad (4)$$

где ε_r – относительная диэлектрическая проницаемость раствора электролита; R – универсальная газовая постоянная; T – абсолютная температура; c – ионная концентрация; F – число Фарадея.

Установлено, что при снижении концентрации ионов толщина диффузионного слоя увеличивается, т.е. граница заряженного слоя смещается вглубь электролита поверхностного слоя накладки. В сильно разбавленных растворах электролита граница диффузионного слоя может смещаться за границу так называемого слоя скольжения, т.е. плоскости, за границами которой становится возможным движение жидкости вдоль межфазной границы. Таким образом, при протекании жидкости вдоль границы «твердое тело-жидкость» происходит перемещение объемного заряда и появляется разность потенциалов вдоль потока жидкости. Явления, связанные с появлением объемного заряда в растворе электролита за границами плоскости скольжения, называют электрокинетическими. Потенциал плоскости скольжения называют электрокинетическим потенциалом φ_2 (рис. 3 в).

Основные данные о строении ДЭС получены по результатам емкостных измерений при отсутствии переноса зарядов через межфазную границу.

Существование двойного электрического слоя на межфазной границе двух сред («рабочая поверхность металлического элемента трения – рабочая поверхность полимерной накладки»), а также на горячей и холодной поверхностях ее приповерхностного слоя играет важную роль не только в ионном обмене между

микровыступами поверхностей трения, но и в адсорбции ионов в них. Наличие двойного электрического слоя существенно влияет на электроповерхностные процессы: проводимости, поляризации дисперсных частиц, массопереноса и энергоперемещения через заряженные дисперсные системы, электростатического взаимодействия между заряженными частицами и т.д. При этом электроповерхностные процессы являются составляющими электрокинетических явлений, имеющих место в приповерхностных слоях полимерных накладок.

В общем случае энергия, запасенная или аккумулированная цилиндрическим конденсатором тормоза за время единичного торможения равна

$$\Delta U = \frac{1}{2} C (\varphi_2 - \varphi_1)^2, \quad (5)$$

где φ_2, φ_1 – усредненная разность потенциалов, развивающаяся между поверхностями металлополимерных пар трения тормоза за процесс торможения.

Таким образом, проиллюстрирована природа возникновения и развития энергетических уровней поверхностных и приповерхностных слоев пары трения «металл - полимер» барабанно-колодочного тормоза транспортного средства.

Выводы. Таким образом, раскрыто механизм образования внешних и внутренних двойных электрических слоев в поверхностных и приповерхностных зонах пары трения на основании которых происходит формирование на их поверхностях микроконденсаторов, являющихся аккумуляторами энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трибология / М. В. Киндрачук, В. Ф. Лабунець, М. І. Пашенко, Є. В. Корбут – К. : Вид-во нац. авіа. ун-ту «НАУ-друк.», 2009. – 392 с.
2. Адамсон А. Физическая химия поверхностей / А. Адамсон. – Мир, 1979. – 829 с.
3. Киндрачук М. В. Явление тепловой стабилизации в металлополимерных парах трения (диплом открытия №444) / М. В. Киндрачук, А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, Д. А. Вольченко. – Заявитель : Киевский национальный авиационный университет (Украина). Приоритет открытия: 31 декабря 1970 г.
4. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / Под общ. Редакцией А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 2003. – 575 с.

ПРОБЛЕМИ ТА НЕОБХІДНІСТЬ ІНТЕГРАЦІЇ БЕЗПІЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ЗАГАЛЬНИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПРОСТІР

Харченко В.П., Льницька С.І.,
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Безпілотні авіаційні системи є відносно новим напрямом в авіації, який отримав бурхливого розвитку завдяки появі сучасної електроніки, матеріалів, інформаційних та комп'ютерних технологій тощо. Висока зацікавленість ряду країн до безпілотних авіаційних систем пояснюється тим, що їх ефективно можна використовувати для вирішення тих завдань, виконання яких без БПЛА через певні причини є неможливим, становить загрозу для життя людини, або є економічно не вигідним [1-6]. Зокрема, що стосується військової авіації, то відомий американський авіаспеціаліст Джон Варден взагалі вважає, що до 2025 р. близько 90 % бойових літаків будуть безпілотними, і лише 10 % – пілотованими [6].

Актуальність досліджень. Потенційних користувачів БПЛА у різних сферах людського життя і діяльності дуже багато, проте через відсутність чітких правил і регулювань, технічних вимог, класифікації та інших питань ринок БПЛА знаходиться зараз у стадії очікування. Зацікавленість світової спільноти у найшвидшому впровадженні безпілотних авіаційних систем у єдиний повітряний простір знаходить відображення у діях відповідних органів управління країн. Зокрема у 2012 році Конгресом Сполучених Штатів Америки було визначено Федеральне управління цивільної авіації (Federal Aviation Administration, FAA) дату по інтеграції БАС в національний повітряний простір (НПС) 2015-им роком. Тобто до того часу БАС повинні повноцінно функціонувати у НПС США. Європейський союз теж не хоче відставати від США, і планує інтегрувати БАС у єдиний повітряний простір до 2016 року. Тому дослідження, що пов'язані з розробкою, використанням та впровадженням БПЛА є вельми актуальними на даний час.

Постановка задачі. В роботі ставиться задача по аналізу та систематизації основних вигод та проблем від інтеграції безпілотних авіаційних систем у загальний повітряний простір у різних країнах на прикладі США, Європейського Союзу та України.

Результати досліджень. Проведено дослідження у двох основних взаємопов'язаних напрямках: 1) потенційні сфери застосування БПЛА та прогноз отриманих при цьому прибутків; 2) цілеспрямовані дії і проблеми, які зустрічаються на шляху інтеграції БПЛА у загальний повітряний простір країн. Почнемо із першого питання.

Потенційні сфери застосування БПЛА та прогноз отриманих при цьому прибутків. Висока зацікавленість світової спільноти у використанні БПЛА для виконання різних актуальних задач знаходить своє відображення у ряді публікацій [1-7]. Шляхом проведеного аналізу було визначено, що потенційно БПЛА можуть використовуватись для таких цілей: бойові дії; військове розвідування та охорона державних кордонів; задачі правоохоронних органів; боротьба зі злочинністю і тероризмом; охорона стаціонарних та пересувних об'єктів; організація телекомунікацій, зв'язку і мовлення; виявлення та ліквідації надзвичайних ситуацій; дослідження нафто- і газопроводів; пошукові роботи різної спрямованості; сільське, лісне і рибне господарства; моніторинг погоди; аерокартографія; вантажні перевезення, тощо.

Цікаво, що коли слухачів вебінару «ГНСС та Безпілотні авіаційні системи», серед яких було понад 700 спеціалістів з 59-ти країн та 42-ох штатів США (у такому кількісному складі: 30 % – кінцеві користувачі ГНСС, 15 % – виробники ГНСС обладнання; 17 % – урядовці/політики; 19 % – розробники прикладних застосувань; 19 % – системні інтегратори), попросили обрати найбільш перспективне застосування БПЛА, було отримано такі результати: екологічний моніторинг та управління – 21 %; сільське

господарство (кроплення культур, їх моніторинг) – 21 %; автономна доставка вантажів – 6 %; пошуково-рятувальні роботи – 6 %; аерофотозйомка і картографія – 46 % [8].

Схожі думки виказують і керівники великих зацікавлених у цьому питанні компаній. Зокрема, генеральний директор компанії «Volt Aerial Robotics» (США, м. Сент-Луїс) Рорі Пауль вважає, що як тільки зникнуть теперішні обмеження на використання БПЛА, відкриються нові ринки продажу, серед яких найбільш економічно вигідним буде агропромисловий комплекс: «Якщо ми допоможемо фермерам на 1 % зменшити витрати, наприклад, на гербіциди та пестициди, в той же час забезпечивши збільшення прибутків на 1 %, це витікає у багатомільярдну економічну вигоду». Перспективність використання БПЛА для сільського господарства він пояснює так: «Це просте економічне рівняння. Найбільший потенціал для БПЛА є аерофотозйомка та збір даних. Можна взяти БПЛА і легко перепрофілювати знімки для поля фермера за центи доларів, що набагато дешевше у порівнянні з використанням традиційних літаків...» [9].

Генеральний директор міжнародної асоціації безпілотних систем (Association for Unmanned Vehicle Systems International, AUVSI) Мішель Тоскано також вважає, що 80 % використання БПЛА, як тільки їх допустять у національний повітряний простір США, перших десять років припадатиме на точне сільське господарство [9]. Відповідно, і в дослідницькому економічному звіті [10], виконаному його компанією, зазначається, що хоча існує багато різних варіантів використання БПЛА в національному повітряному просторі, проте вони вважають, що точне землеробство та громадська безпека є двома найбільш перспективними комерційним та цивільним ринками, які складуть 90 % від відомих потенційних ринків застосування БПЛА.

Відповідно до того ж дослідницького економічного звіту [10], безпілотні авіаційні системи принесуть десятки б'льйонів доларів в американську економіку, як тільки вони будуть інтегровані у повітряний простір США. Зокрема, економічний ефект від інтеграції БАС в НПС складе більше ніж 13,6 б'льйонів доларів за перших три роки інтеграції, і зросте до 82,1 б'льйонів за 2015 – 2020 роки. Інтеграція в НПС створить більше ніж 34000 робочих місць виробників БАС, і більше ніж 70000 нових робочих місць за перших три роки інтеграції. До 2025 року загальна кількість створених робочих місць складатиме 103776. Створені виробничі професії вимагатимуть відповідних технічних знань та будуть високооплачуваними. Прибуток від податкових зборів складе більше ніж 482 м'льйони доларів за перші одинадцять років наступної інтеграції 2015 – 2025 років [10, 11].

У висновках міжнародної асоціації безпілотних систем зазначається, що за кожен рік затримки інтеграції БАС в НПС США втрачає більше ніж 10 б'льйонів доларів потенційної економічної вигоди. Це означає втрати потенційного прибутку 27,6 м'льйонів доларів за кожен день, поки БАС не інтегровані в НПС [10, 11].

Таким чином, коли необхідність найшвидшої інтеграції БАС у загальний повітряний простір не викликає сумнівів, то перейдемо до другого напрямку досліджень.

Цілеспрямовані дії і проблеми, які зустрічаються на шляху інтеграції БПЛА у загальний повітряний простір країн. У Європейському союзі в 2005 році була ініційована науково-дослідницька програма SESAR (Single European Sky ATM Research Programme), яка спрямована на об'єднання технологічних, економічних та законодавчих аспектів модернізації системи організації повітряного руху і, з використанням правової бази «Єдиного європейського неба» (Single European Sky, SES), забезпечення узгодження планів і ресурсів різних учасників програми з метою успішного розвитку і впровадження необхідних технологій.

Відповідно до поставленої Конгресом США задачі інтегрувати БАС в національний повітряний простір (НПС) до 2015-го року Федеральне управління цивільної авіації FAA зараз працює над оновленням правил, які спочатку були написані для пілотованих літальних апаратів. Також зараз FAA зараз працює над створенням тестових місць, в яких компанії зможуть безпечно працювати з прототипами і виробляти рішення технічних обмежень, що властиві БАС. Перспективи інтеграції БАС в

національний повітряний простір FAA поділяє на три стадії (рис. 1): пристосування (Accommodate), інтеграції (Integrate), розгортання (Evolve) [8]. На першій стадії передбачається лише часткове використання зі спеціальним дозволом; на другій – мають бути встановлені критерії сертифікації БАС та визначені стандарти їх технічних характеристик; на третій – інтеграція у повітряний простір наступної генерації. На даний час проходить перша стадія, і тому федеральні, державні та місцеві органи влади повинні отримати від FAA відповідний сертифікат (Certificate of Waiver or Authorization, COA) перед польотом БЛА в NAS. На рис. 2 відображено кількість виданих FAA сертифікатів на дозвіл польотів у національному повітряному просторі за останні п'ять років, причому комерційних використань серед них не було [8].

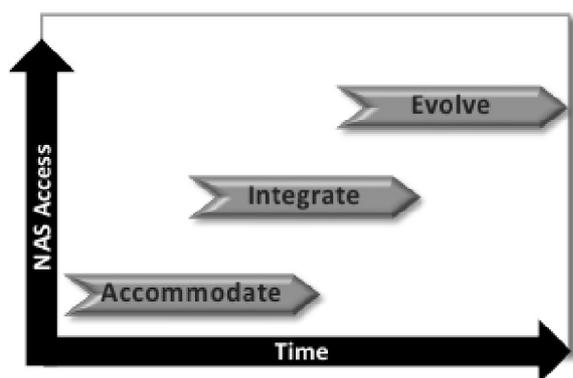


Рисунок 1 – Перспективи FAA по інтеграції БАС в НПС [8]

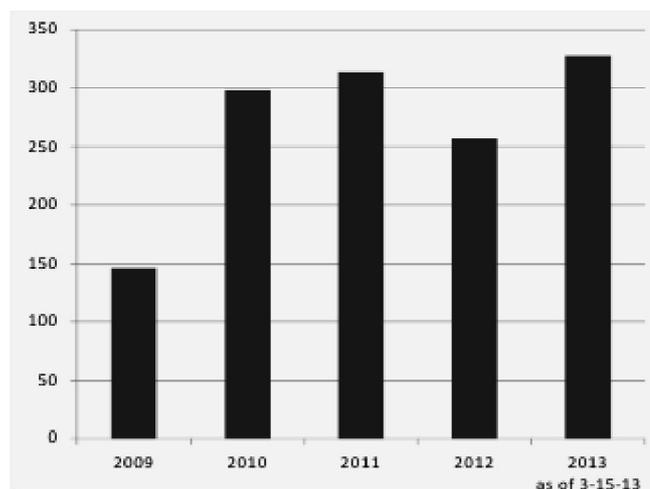


Рисунок 2 – Кількість виданих сертифікатів на дозвіл польотів [8]

Що стосується проблем, які зустрічаються на шляху інтеграції БПЛА у загальний повітряний простір, то ученим із дослідницького центру NASA ці проблеми було згруповано у трикутник, вершинами якого є три ключові проблеми: 1) літак і його складові системи; 2) люди; 3) процедури (рис. 3) [8].



Рисунок 3 – Проблеми інтеграції БАС в єдиний повітряний простір США [8]

В Україні галузь безпілотної авіаційної техніки тільки набуває масштабного розвитку, і є висока зацікавленість у даному питанні, що підтверджується рядом досліджень, що проводяться у даному напрямку. Проте незважаючи на перспективність створення БПЛА та їх інтеграції у загальний повітряний простір, існує ряд проблем, що стримують їх розвиток. Зокрема в Україні недосконала законодавча і нормативно-правова

база щодо проектування, виробництва, експлуатації, сертифікації БПЛА та контролю пов'язаної з ними діяльності, немає чітко визначеної класифікації самих БПЛА, немає процедур підготовки та атестації кадрів (операторів БПЛА, операторів цільового обладнання, інструкторів, інженерно-технічного складу) [7]. Це всі ті задачі, які потребують найшвидшого вирішення, якщо Україна не хоче залишитись позаду інших країн. В принципі, ці проблеми і задачі дуже схожі на ті, які виділяють для себе і США, і Європейський союз, і тому, напевне, має сенс переймати їх досвід у цих питаннях та проводити взаємну співпрацю у виробленні спільних рішень.

Висновки. У роботі проведено аналіз потенційних сфер використання БАС та можливих отриманих прибутків у разі їх використання. Визначено, що найбільш перспективними галузями використання БАС є картографія, точне землеробство та державна безпека. Крім того, окреслено основні дії, які виконуються різними країнами на шляху до інтеграції БАС у свої повітряні простори, та визначено основне коло проблем, які зустрічаються на шляху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Bennett M. Development of Technologies for Low-cost Oceanographic Unmanned Aeronautical Vehicles: Doct. of Engineer. thesis / M. Bennett. – University of Southampton, UK, 2009. – 218 p.
2. 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. – P. 1-7.
3. Зинченко О. Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования / О.Н. Зинченко. – М. : Ракурс // [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=681>
4. Трубников Г. В. Применение беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях / Г. В. Трубников. // [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://br-la.ru/primenenie-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-v-grazhdanskix-celyax/3/>
5. Ерохин Е. Беспилотные летательные аппараты и безопасность границ / Е. Ерохин. // [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://uav.ru/stati.php>
6. Витковский А. Беспилотник будущего – машина, которая сможет все / А. Витковский. – ФГУП «РОСОБОРОНЭКСПОРТ», Россия // [Электронный ресурс]: – Режим доступа: <http://uav.ru/stati.php>
7. Сальник Ю. П. Сучасний стан оснащення збройних сил України безпілотними авіаційними комплексами / Ю. П. Сальник, І. В. Матала, В. А. Онищенко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил, 2011, Вип. 2 (28). – С. 46-51.
8. Webinar materials «GNSS and Unmanned Aerial Systems: The Road Ahead», 14 March 2013. – 57 p.
9. Miranda Green. Unmanned Drones May Have Their Greatest Impact on Agriculture / The Daily Best, Mar 26, 2013 // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.thedailybeast.com/>
10. D. Jenkins, B. Vasigh. The economic impact of unmanned aircraft systems integration in the United States / Association for unmanned vehicle system international, March 2013. – 40 p.
11. Dee Ann Divis. Study Predicts \$81 Billion U.S. Market for UAS / Inside GNSS Journal // [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.insidegnss.com/node/3460>

ВИЗНАЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ СИГНАЛІВ У ПРОСТОРІ СУПУТНИКОВОЮ СИСТЕМОЮ ПОСАДКИ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН

Конін В.В., Куценко О.В.,
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Безпека та ефективність польотів повітряних суден забезпечується системами організації повітряного руху. Як зазначено в [1], складовими частинами даних систем, які виконують основні функції, є зв'язок навігація та спостереження. В сучасній інтерпретації глобальні системи з функціями зв'язку, навігації, спостереження визначаються як системи CNS/ATM. 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. 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. Бортова підсистема складається з навігаційного приймача, апаратури прийому даних з наземної підсистеми та контрольної апаратури.

Актуальність досліджень Етапу посадки повітряного судна приділяється особлива увага, як одному з найбільш небезпечних етапів польоту. Велика увага приділяється цілісності сигналів у просторі супутникової системи посадки. Відповідно до [2] цілісність – це міра довіри, яку можна віднести до правильності інформації, що надається системою в цілому. Цілісність включає в себе здатність системи забезпечити користувача своєчасними і достовірними попередженнями (спрацюваннями сигналізації) в тих випадках коли система не повинна використовуватися для наміченої операції чи етапу польоту.

Постановка задачі. Сигнали у просторі визначаються в [3] як вихідні дані ідеалізованого безпомилкового бортового навігаційного приймача. Даний приймач визначається як такий, що не може мати збоїв роботи, які впливають на цілісність. При цьому варто зазначити, що відсутність збоїв зовсім не означає відсутності похибок визначення позиції. Тут мається на увазі, що приймач не має затримок та помилок при обробці отриманих даних. Це дозволяє розглядати цілісність просторових сигналів в сфері позиції повітряного судна враховуючи тільки наземну підсистему та передачу даних.

Бортова підсистема провадить моніторинг навігаційного приймача окремо від моніторингу сигналів у просторі за для забезпечення задовільного рівня цілісності системи в цілому.

Наземною підсистемою провадиться моніторинг корекцій псевдовідстаней, а також моніторинг параметрів наземного і космічного сегментів GNSS з метою забезпечення вчасного визначення та індикації неправильної роботи супутникової системи посадки чи інші обставин які можуть спричинити небезпеку при використанні сигналів у просторі. За результатами моніторингу наземна підсистема забезпечує передачу на борт параметрів цілісності описаних в [4].

Вимоги що до цілісності визначення позиції включають три елементи:

1. Ймовірність того, що похибка визначення позиції більша ніж допустима похибка, яка не спричиняє спрацювання сигналізації.
2. Проміжок часу до спрацювання сигналізації.
3. Величина гранично допустимої похибки яка не спричиняє спрацювання сигналізації.

Для супутникової системи посадки умова, яка спричиняє спрацювання сигналізації, визначається як похибка визначення позиції більша гранично допустиму похибку

протягом часу який більше за час до спрацювання сигналізації. Нажаль, справжню похибку визначення позиції визначити не можливо. Довірчий інтервал похибки розраховується на основі параметрів похибок наданих наземною підсистемою та визначених характеристик бортового безпомилкового приймача і називається рівнем захисту.

Поняття недостовірної інформації, яка може міститися в сигналах у просторі, має велике значення при визначенні похибки місцезнаходження повітряного судна. Залишкові похибки скоректованої псевдовідстані проектується в локальну систему координат пов'язану злітно-посадковою смугою з урахуванням геометрії навігаційних супутників в будь-який момент часу. Унікальним аспектом використання супутникової системи посадки являється зміна в часі характеристик системи внаслідок зміни геометрії розташування навігаційних супутників. Також система підлягає впливу ряду факторів, які спричиняють похибки різних джерел походження. За походженням, джерела похибок поділяються на наступні категорії: навігаційні супутники, середовище розповсюдження сигналів, опорні приймачі наземної підсистеми, власне обладнання наземної станції та обладнання бортової підсистеми. До джерел похибок навігаційних супутників відносяться: дрейф шкали годинника, неточність переданих ефемерид, збої передавача навігаційного супутника, зсув переданого коду відносно фази несучої та деформація переданого сигналу. До джерел похибок середовища розповсюдження сигналу відносяться: іоносферні просторовий та короткотерміновий градієнти, тропосферна затримка, інтерференція сигналів біля опорних приймачів та повітряного судна, а також помилки, що виникають при прийомі диференційних поправок. До джерел похибок наземних опорних приймачів відносяться: апаратура наземних антен та приймачів, а також дзеркальна та розсіяна багатопроменевість при прийомі сигналів. До джерел похибок наземної станції відносяться: збої програмного забезпечення, збої передавача диференційних поправок та зміщення фазових центрів антен опорних приймачів як спільне так і окремо кожного. До джерел похибок обладнання бортової підсистеми відносяться: апаратура бортових приймача і антени, збої програмного забезпечення, а також багатопроменевість при прийомі сигналів від супутників та наземного обладнання.

Похибки від деяких джерел повністю усуваються в наземній чи бортовій підсистемі, а також за допомогою авіоніки, що не відноситься до супутникової системи посадки. Проте, в більшості випадків після диференційних корекцій, згладжування фазою несучої та інших засобів в даних все ж присутні залишкові похибки, за якими ведеться моніторинг. Відповідно до результатів моніторингу встановлюються показники точності наземного (GAD) та бортового (AAD) обладнання. GAD являє собою комбінацію літери та цифри. Літера А – представляє точність досягну при використанні доступних на даний момент приймачів та обмежених методик придушення багатопроменевості. Літера В – представляє точність досягну при використанні високоточних навігаційних приймачів та кращих методик придушення багатопроменевості. Літера С – представляє точність досягну при використанні найкращих на даний момент навігаційних приймачів та методик придушення багатопроменевості. Цифра представляє кількість навігаційних приймачів наземної підсистеми GBAS. AAD являє собою літеру. Літера А – представляє точність досягну при використанні доступних на даний момент приймачів. Літера В – представляє точність досягну при використанні найкращих на даний момент навігаційних приймачів.

Задача моніторингу цілісності сигналу в просторі полягає в тому, щоб переконатися, що ймовірність того, що недостовірною інформація буде надана повітряному судну не бортовими елементами супутникової системи посадки є суттєво низькою. Дана задача частково виконується за допомогою розрахунку довірчого інтервалу сукупної похибки навігаційної системи (NSE) для даної геометрії розташування навігаційних супутників і порівняння отриманого значення з деякими визначеними порогоми спрацювання сигналізації, а саме вертикальним (VAL) та боковим (LAL) порогом

спрацювання сигналізації. Якщо поточна похибка навігаційної системи більша ніж поріг спрацювання сигналізації протягом проміжку часу до спрацювання сигналізації то вважається що присутня недостовірна інформація. Якщо ймовірність недостовірної інформації не є суттєво низькою, то цілісність системи не забезпечується.

Оскільки істина позиція повітряного судна не відома, то і дійсну похибку визначення позиції теж не можна визначити. Верхні межі довірчих інтервалів похибки визначення позиції по вертикалі і по боку можуть бути визначені з використанням даних наданих наземною підсистемою та характеристик бортового безпомилкового приймача, і називаються рівнями захисту по вертикалі (VPL) і по боку (HPL). При цьому розглядається дві гіпотези збою супутникової системи посадки:

– H_0 – описує так звані умови нормальних вимірювань коли вважається, що відсутні збої в роботі усіх наземних опорних приймачів та усіх навігаційних супутників.

– H_1 – описує так звані умови вимірювань з помилками коли вважається, що присутній збій в одному і тільки одному опорному приймачі, який не відслідковуються наземною підсистемою спричиняє спотворення в переданій наземною підсистемою інформації і вносить похибку в визначення позиції бортовою підсистемою.

Відповідно розглядається рівні захисту за умови гіпотези H_0 та H_1 , з яких обирається більше значення

$$VPL = MAX\{VPL_{H_0}, VPL_{H_1}\}, \quad LPL = MAX\{LPL_{H_0}, LPL_{H_1}\}.$$

Відповідно до [2] рівні захисту за умови гіпотези H_0 визначаються за виразами

$$VPL_{H_0} = K_{ffmd} \sqrt{\sum_{i=1}^N (s_vert_i^2 \times \sigma_i^2)};$$

$$LPL_{H_0} = K_{ffmd} \sqrt{\sum_{i=1}^N (s_lat_i^2 \times \sigma_i^2)}$$

а за умови гіпотези H_1

$$VPL_{H_1} = MAX\left\{\left|\sum_{i=1}^N (s_vert_i \times B_{i,j})\right| + K_{md} \sqrt{\sum_{i=1}^N (s_vert_i^2 \times \sigma_{H1_i}^2)}\right\};$$

$$LPL_{H_1} = MAX\left\{\left|\sum_{i=1}^N (s_lat_i \times B_{i,j})\right| + K_{md} \sqrt{\sum_{i=1}^N (s_lat_i^2 \times \sigma_{H1_i}^2)}\right\}$$

де N - кількість навігаційних супутників; M - кількість опорних навігаційних приймачів наземної підсистеми; K_{ffmd} - це множник отриманий з ймовірності не виявлення збою за умови гіпотези H_0 ; K_{md} - це множник отриманий з ймовірності не виявлення збою за умови гіпотези H_1 ; $s_lat_i = s_{y,i}$; $s_vert_i = s_{v,i} + s_{x,i} \times tg(GPA)$; $s_{x,i}, s_{y,i}, s_{v,i}$ - часткові похідні похибки по позиції по осям системи координат зв'язаної з посадковою смугою відносно похибки по псевдовідстані для i -го навігаційного супутника, які можна отримати як елементи матриці проекції S яку можна визначити за допомогою виразу

$$S = \begin{bmatrix} s_{x,1} & s_{x,2} & \dots & s_{x,N} \\ s_{y,1} & s_{y,2} & \dots & s_{y,N} \\ s_{v,1} & s_{v,2} & \dots & s_{v,N} \\ s_{t,1} & s_{t,2} & \dots & s_{t,N} \end{bmatrix} = (G^T \times W \times G)^{-1} \times G^T \times W,$$

де $G_i = [-\cos(El_i) \cos(Az_i) - \cos(El_i) \sin(Az_i) - \sin(El_i) \ 1]$ - рядок матриці G для i -го навігаційного супутника, $W = (\text{diag}[\sigma_1 \ \sigma_2 \ \dots \ \sigma_N])^{-1}$;

$\sigma_i = \sqrt{\sigma_{pr_gnd,i}^2 + \sigma_{res,i}^2 + \sigma_{multipath,i}^2 + \sigma_{tropo,i}^2 + \sigma_{iono,i}^2}$ - похибка визначення псевдовідстані i -го навігаційного супутника;

$\sigma_{pr_gnd,i}$ - параметр що передається наземною підсистемою і являє собою похибку яку вносить наземна підсистема для i -го навігаційного супутника;

$\sigma_{tropo,i}$ - залишкова тропосферна невизначеність для i -го навігаційного супутника;

$\sigma_{iono,i}$ - залишкова іоносферна невизначеність для i -го навігаційного супутника;

$\sigma_{res,i}$ - похибку приймача бортової підсистеми для i -го навігаційного супутника;

$\sigma_{multipath,i}$ - похибку в наслідок багатопроменевості від корпусу повітряного судна для i -го навігаційного супутника;

El_i - кут місця i -го навігаційного супутника;

Az_i - азимут i -го навігаційного супутника який відрховується по годинниковій стрілці від осі x системи координат пов'язаної з злітно-посадковою смугою;

GPA - кут глісади для кінцевої ділянки заходу на посадку;

$B_{i,j}$ - параметр що передається наземною підсистемою і являє собою різницю між переданою поправкою до псевдовідстані та поправкою отриманою при виключенні j -го навігаційного супутника з розрахунку для i -го навігаційного супутника;

$\sigma_{-H1_i} = \sqrt{\frac{M}{M-1} \sigma_{pr_gnd,i}^2 + \sigma_{res,i}^2 + \sigma_{multipath,i}^2 + \sigma_{tropo,i}^2 + \sigma_{iono,i}^2}$ - похибка визначення псевдовідстані i -го навігаційного супутника з урахуванням гіпотези $H1$.

Висновки. В даному огляді представлені особливості визначення цілісності супутникової системи посадки, а саме класифікація обладнання наземної та бортової підсистем, огляд похибок, які можуть виникнути при функціонуванні системи та методику визначення рівнів захисту.

ЛІТЕРАТУРА

1. В. В. Конин. Системы спутниковой навигации / В. В. Конин, В. П. Харченко.- К.: Холтех, 2010. – 250 с.
2. ICAO Приложение 10 Авиационная электросвязь том 1 шестое издание, 2006. – 606 с.
3. RTCA do - 245a minimum aviation system performance standards for the local area augmentation system (LAAS) 2004. - 226 с.
4. Методика оцінки параметрів цілісності авіаційною контрольно-корегувальною станцією / В. В. Конін, О. В. Куценко. // Вісник Інженерної Академії України. – №1. – 2009.

АЛГОРИТМ УПРОЩЕНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В УМОВАХ ИНТЕРВАЛЬНОЇ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТІ

Левин В.И.,

Пензенский государственный технологический университет
(Россия)

Результаты исследований. В работе [1] для некоторой функции F была сформулирована полностью определенная задача условной оптимизации

$$\left. \begin{aligned} F(x_1, \dots, x_n) = \max \\ \text{при } \Phi_i(x_1, \dots, x_n) \leq b_i, \quad i = \overline{1, m} \end{aligned} \right\}, \quad (1)$$

которая при интервальных значениях параметров целевой функции F , а также функций Φ_i и чисел b_{i1} преобразуется в неполностью определенную (интервальную) задачу условной оптимизации

$$\left. \begin{aligned} \tilde{F}(x_1, \dots, x_n) = \max \\ \text{при } \tilde{\Phi}_i(x_1, \dots, x_n) \leq \tilde{b}_i, \quad i = \overline{1, m} \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Попытаемся решить поставленную в [1] неполностью определенную (интервальную) задачу условной оптимизации (2). Выделяем при этом два возможных случая: 1) интервальные значения функции $\tilde{F}(x_1, \dots, x_n)$ в (2) при различных наборах значений x_1, \dots, x_n попарно не сравнимы; 2) интервальные значения функции $\tilde{F}(x_1, \dots, x_n)$ в (2) при различных наборах значений x_1, \dots, x_n попарно сравнимы. Нужно заметить, что в обоих выделенных случаях интервальные значения левых и правых частей неравенств (2) всегда сравнимы по величине – иначе эти неравенства были бы невозможны.

Рассмотрим сначала первый случай. Здесь неполностью определенная (интервальная) задача условной оптимизации (2) на основании теорем 1 и 3 из [2] переходит в следующую эквивалентную ей пару полностью определенных (детерминированных) задач условной оптимизации вида (1)

$$\left. \begin{aligned} F_1(x_1, \dots, x_n) = \max \\ \text{при } \Phi_{i1}(x_1, \dots, x_n) \leq b_{i1}, \quad i = \overline{1, m} \end{aligned} \right\}; \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} F_2(x_1, \dots, x_n) = \max \\ \text{при } \Phi_{i2}(x_1, \dots, x_n) \leq b_{i2}, \quad i = \overline{1, m} \end{aligned} \right\}, \quad (4)$$

где F_1 и F_2 – нижняя и верхняя граничные целевые функции интервальной целевой функции $\tilde{F} = [F_1, F_2]$ задачи (2), Φ_{i1} и Φ_{i2} – соответственно нижняя и верхняя граничные функции в интервальной функции ограничений $\tilde{\Phi}_i = [\Phi_{i1}, \Phi_{i2}]$ задачи (2), b_{i1} и b_{i2} – нижняя и верхняя границы интервальной правой части ограничений оптимизационной задачи (2).

Таким образом, в первом случае неполностью определенная (интервальная) задача условной оптимизации (2) сводится к двум полностью определенным (детерминированным) задачам условной оптимизации (3), (4) типа (1). Эти задачи, в свою очередь, решаются известными и эффективными методами решения оптимизационных задач данного типа.

Во втором случае в неполностью определенной (интервальной) задаче условной оптимизации (2) на основании теорем 5 и 6 из [2] можно перейти от сравнения интервальных значений функции \tilde{F} (с выбором максимального значения) и интервальных

значений функций $\tilde{\Phi}_i$ и параметров \tilde{b}_i к сравнению вещественных чисел – центров M соответствующих интервалов. В результате задача (2) переходит в следующую эквивалентную ей полностью определенную (детерминированную) задачу условной оптимизации

$$\left. \begin{aligned} M[\tilde{F}(x_1, \dots, x_n)] &= \max \\ M[\tilde{\Phi}_i(x_1, \dots, x_n)] &\leq M(\tilde{b}_i), \quad i = \overline{1, m} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

или, после подстановки в (5) явных выражений центров M всех интервалов через их нижние и верхние границы

$$\left. \begin{aligned} 0,5[F_1(x_1, \dots, x_n) + F_2(x_1, \dots, x_n)] &= \max \\ 0,5[\Phi_{i1}(x_1, \dots, x_n) + \Phi_{i2}(x_1, \dots, x_n)] &\leq 0,5(\tilde{b}_{i1} + \tilde{b}_{i2}), \quad i = \overline{1, m} \end{aligned} \right\}.$$

Учитывая то, что при умножении функции на $k \neq 0$, экстремум будет наблюдаться при тех же аргументах, имеем окончательный вид задачи

$$\left. \begin{aligned} F_1(x_1, \dots, x_n) + F_2(x_1, \dots, x_n) &= \max \\ \Phi_{i1}(x_1, \dots, x_n) + \Phi_{i2}(x_1, \dots, x_n) &\leq \tilde{b}_{i1} + \tilde{b}_{i2}, \quad i = \overline{1, m} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Выводы. Предложенная выше усовершенствованная методика решения неполностью определенной (интервальной) задачи условной оптимизации (2) отличается от прежней разработанной автором методики тем, что вместо решения пары полностью определенных (детерминированных) задач условной оптимизации (3), (4), эквивалентной задаче оптимизации (2), достаточно теперь решать одну полностью определенную (детерминированную) задачу (6), которая также эквивалентна исходной задаче условной оптимизации вида (2).

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин В. И. Проблема упрощенной оптимизации в условиях интервальной неопределенности // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013) [Збірка матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт. (28-30 травня 2013 р., Херсон)]. – Т. 1. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013.

2. Левин В. И. Проблема сравнения интервалов при оптимизации в условиях интервальной неопределенности. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013) [Збірка матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт. (28-30 травня 2013 р., Херсон)]. – Т. 1. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ

Нефёдов Л.И., Беспалый В.А.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. Развитие рынка образовательных услуг в последние годы происходит на фоне быстрых изменений в окружающей среде и высоких темпов увеличения объемов информации. В этих условиях ключевое значение для эффективной работы общеобразовательных учреждений имеют управление и поддержка принятия управленческих решений, в том числе профориентационного характера.

Выделим основные причины, заставляющие исследователей и практиков все больше обращать внимание на новые информационные технологии, поддерживающие принятие управленческих решений.

Во-первых, кумулятивный рост важной информации делает необходимым применение новых технологий для поиска новых тенденций, потенциально открывающих новые перспективы для развития средней школы.

Во-вторых, динамизм внешней среды повышает вероятность принятия неэффективных управленческих решений из-за дефицита информации. Поскольку процесс принятия стратегических решений является в большой степени творческим процессом, то на разных его этапах необходимо опираться на аналитически обработанную информацию и имитационные модели, уменьшающие вероятность управленческих ошибок.

В-третьих, неопределенность в процессах принятия решений повышает роль прогнозных моделей. Моделирование учебных планов открывает возможности анализа их последствий на стадии разработки и, тем самым, снижает риск необоснованных решений. В некоторых ситуациях вообще невозможно обойтись без моделирования, поскольку эксперименты в учебном заведении в познавательных целях оказываются очень дорогостоящими.

Актуальность темы. Средние образовательные учреждения осуществляют свою деятельность на рынке образовательных услуг в сложных социальных и экономических условиях. Результативность деятельности школы зависит не только от её внутренней организации, но и от множества внешних противоречивых факторов, таких, как востребованность выпускников в профильных ВУЗах, конкурентность образовательной среды, дифференцированная потребность населения в образовательных услугах, запросы работодателей, транспортная инфраструктура, и т.д. Сложившиеся рыночные условия необходимо учитывать при постановке кардинальной цели управления школой для разрешения потребностей внешней среды к качеству образовательных услуг.

Основная проблемная ситуация заключается в том, что существующие оценки качества образовательных услуг, а, соответственно, и механизмы управления деятельностью школы, основываются преимущественно на внутришкольных показателях, а сами эти показатели носят четкий количественный характер. В реальных условиях деятельности администрация школы вынуждена оперировать нечеткими категориями, которые доминируют на рынке образовательных услуг, представляющего собой основной компонент внешней среды общеобразовательного пространства.

Постановка задачи. Целью работы является совершенствование и расширение функциональных возможностей автоматизированных инструментальных средств управления общеобразовательными учреждениями в условиях нечеткости и слабой структурированности данных и отношений на рынке образовательных услуг путем создания информационной технологии поддержки принятия решений (ИТ ППР) и исследования ее характеристик.

Для достижения поставленной цели требуется решение следующих задач:

1. Создать модель рынка образовательных услуг в сфере среднего образования с учётом нечёткости и недостоверности информации [1].
2. Определить пространство показателей качества управления деятельностью городской школы, направленное на повышение качества образования на рынке образовательных услуг [2].
3. Разработать инструментарий логического вывода принимаемых решений [3].
4. Разработать структурно-функциональную модель информационной технологии поддержки принятия управленческих решений администрацией средней школы.

Результаты исследований. Разработка ИТ ППР администрации средней школы позволит объединить различного рода показатели управления объектом и оперировать нечеткими категориями. Основные преимущества и существенные отличия такой ИТ ППР заключаются в том, что открывается возможность осуществлять оценивание показателей разной природы как качественного, так и количественного характера путем их приведения к единой числовой шкале. Разработка ИТ ППР администрации средней школы позволит на основе значений вычисляемых показателей вырабатывать рекомендации по корректировке процессов функционирования и планирования деятельности средней школы. Поддержка принятия управленческих решений в условиях нечёткой информации рекомендуется также для использования в качестве инструмента самооценки работы средней школы, что дает возможность определять тенденции дальнейшего стратегического, тактического и оперативного планирования работы, модифицировать перечень направлений подготовки, принимать текущие управленческие решения.

Также информационная среда образовательного учреждения может включать компоненты, обеспечивающие информатизацию всех основных видов деятельности школы: управление кадрами; управление ресурсами; обеспечение коммуникации; управление контингентом обучающихся, автоматизацию документооборота и т.д.

ИТ ППР школы предоставит руководителям и специалистам динамичное информационное сопровождение для проведения анализа складывающихся ситуаций, моделирования прогнозируемых процессов для принятия обоснованных как оперативных, так и тактических решений на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Выводы. Применяемые в настоящее время информационные технологии в среднем образовании носят нерегулярный характер и очень низкую степень взаимодействия с подразделениями общеобразовательных учреждений, что отчасти улучшает работу отдельных подразделений, но мало влияет на эффективность функционирования всего общеобразовательного учреждения. Разрабатываемая ИТ ППР позволит согласовать и улучшить работу всех подразделений, что повысит эффективность не только их работы, но и всего общеобразовательного учреждения.

Разработка такой информационной системы позволит существенно облегчить и сократить сроки планирования работы общеобразовательного учебного заведения, а также повысить качество принимаемых решений в условиях динамической внешней среды, за счёт создания средств поддержки принятия решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нефёдов Л. И. Модель оценки рынка образовательных услуг в сфере среднего образования с учётом нечёткой информации / Л. И. Нефёдов, В. А. Беспалый // Технология приборостроения. – Харьков : ГП НИТИП, 2011. – №2. – 52 с.
2. Комкина Т. А. Проблемы развития образования в условиях глобализации // Концепции. – Москва, 2008. – № 1 (20). – С. 21-37.
3. Аверкин А. Н. Нечеткие множества в моделях управления искусственного интеллекта / А. Н. Аверкин, И. З. Батыршин и др. / Под ред. Д. А. Поспелова. – М. : Наука, 1986. – 278 с.

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ В ОФИСЕ

Нефёдов Л.И., Петренко Ю.А., Кононыхин А.С.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. На сегодняшний день работа в офисе отличается гибкой и индивидуальной организацией труда. Помещение офиса становится местом информационной и коммуникационной деятельности персонала. Таким образом, необходимо создание не только функциональной, но комфортной и безопасной среды для более плодотворной работы.

Актуальность исследования. Эффективная организация размещения рабочих мест в офисе поспособствует повышению производительности труда, а также окажет влияние на эргономические характеристики рабочего процесса, повышение безошибочности, сокращение времени обработки информации и принятия решений. В данном случае под рациональным размещением рабочих мест и мебели, следует понимать такое, которое способствует устранению потерь времени, связанного с лишними передвижениями и обеспечивает экономное использование площади помещений. Размещение рабочих мест предполагает сопоставление их функциональных характеристик и параметров, которые должны обеспечить эффективный технологический процесс, с требованиями, предъявляемыми к комфортности пространственной организации проектируемого офиса.

Постановка цели и задачи. Цель работы – повышение эффективности, проектирования пространства офиса за счет разработки технологии автоматизированного проектирования размещения рабочих мест. Для решения рассматриваемой задачи, необходимо разместить геометрические объекты произвольной формы в областях прямоугольной геометрической формы.

При решении данной задачи необходимо учитывать, что каждый сотрудник офиса должен иметь возможность свободного подхода к своему рабочему месту или оборудованию коллективного пользования. Для обеспечения данного положения при размещении рабочих мест необходимо учитывать основные размеры проходов и другие расстояния в служебных помещениях [1].

Пусть известна площадь прямоугольного помещения S_{Π} и его геометрические параметры Q ; структура функциональных зон, их конфигурация и геометрические параметры \overline{Q}^{β} ; для каждой функциональной зоны L_{β} ($\beta = \overline{1, \beta'}$) комплект офисного оборудования Q_{γ}^{β} , закрепленного за одним рабочим местом, характеризуемый формой, занимаемой площадью S_{γ}^{β} и геометрическими размерами комплекта $M = \{M_{\gamma}\}$ ($\gamma = \overline{1, \gamma'}$). Рабочие места одной функциональной зоны размещаются однорядно соответственно на прямоугольных полосах L_{β} ($\beta = \overline{1, 2, \dots, n}$) [2].

Таким образом, возникает следующая задача: площадь помещения S_{Π} необходимо разбить на функциональные зоны $\beta = \overline{1, \beta'}$ с геометрическими параметрами \overline{Q}^{β} и заполнить их рабочими местами с геометрическими размерами каждого комплекта $M = \{M_{\gamma}\}$ ($\gamma = \overline{1, \gamma'}$), определив их количество $N^{\beta}(x_{\gamma}, y_{\gamma})$ $\gamma = \overline{1, \gamma'}$ и координаты местоположения (x_{γ}, y_{γ}) . При этом необходимо учитывать ограничения стандартов и санитарных норм в частности уровень естественного освещения и электромагнитных излучений [3].

Технология автоматизированного проектирования размещения рабочих мест в офисе. Качество заполнения площади офиса может быть оценено при помощи критерия плотности размещения. Также необходимо учесть критерии комфортности и безопасности рабочей среды. В качестве данных критериев будут использованы коэффициент естественного освещения и уровни электромагнитных излучений, а точнее их составляющие напряженность электрического и магнитного поля, а также плотность потока энергии.

Задача поиска оптимального решения размещения объектов относится к комбинаторному типу, в основе решения таких задач лежат процедуры порождения элементов конечного множества, указанного в условии задачи, проверка их соответствия заданным условиям и выделение, перечисление или подсчет количества в них элементов. Когда число вариантов решения велико, поиск среди них оптимального простым перебором затруднителен, а в ряде случаев практически невозможен [4].

Для нахождения оптимального варианта размещения рабочих мест может быть применен метод последовательного одиночного размещения, характеризующийся тем, что объекты размещаются последовательно и после того, как некоторые из них уже размещены, в дальнейшем исследуются только еще неразмещенные объекты и свободное пространство.

Суть метода заключается в нахождении варианта размещения рабочих мест, проверив его на удовлетворение ограничений и набора указанных критериев. Далее проводится поиск последующих вариантов со стремлением максимизировать минимальные уровни коэффициента естественного освещения, минимизировать максимальные уровни напряженности электрического, магнитного поля и плотности потока энергии. Итерации выполняются до тех пор пока обобщенная оценка и рассматриваемого варианта по всем критериям лучше, чем у предыдущего варианта. Тогда последний вариант будет рациональным, в противном случае проводится проверка последующих вариантов до получения лучшего.

На начальных этапах проектирования следует учитывать интервальные оценки критериев, а на этапах подготовки технической и рабочей документации будут применены четкие оценки.

Выводы. Разработанная технология автоматизированного проектирования размещения рабочих мест в офисе повысит эффективность проектирования офисного пространства и позволит принимать решения, обеспечивающие экономное использование площадей офиса при этом учитывая стандарты санитарных норм и правил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Планировка и организация рабочих мест служащих / Дроздов Игорь Николаевич // [Электронный ресурс]. – Режим доступа к сайту: <http://www.drozdovaland.ru> - Загл. с экрана
2. Модели и методы синтеза офисов по управлению программами и проектами: монография / [Л. И. Нефёдов, Ю. А. Петренко, Т. В. Плугина и др.] – Харьков : ХНАДУ, 2010. – 344 с.
3. Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования к производственной среде. Методы измерения: ГОСТ 50923-95 – ГОСТ 50923-95. – [Дата введения 1997-07-01]. – М. : Росстандарт, 1996. – 11 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации)
4. Информационный анализ и автоматизированное проектирование трехмерных компоновок оборудования химико-технологических схем : учебное пособие / Е. Н. Малыгин, С. Я. Егоров, В. А. Немтинов, М. С. Громов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 128 с.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Нефедов Л.И., Филь Н.Ю.,

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. Крым славится уникальной природой, климатическими условиями, историческими памятниками. Во время курортного сезона население полуострова увеличивается втрое, возрастает также интенсивность движения на автомобильных дорогах (АД). Большой наплыв туристов требуют повышенного внимания к обеспечению безопасности движения и обустройству крымских дорог дополнительными средствами безопасности.

По данным ГАИ, в Крыму 3314 км покрытия автомобильных дорог общего пользования нуждаются в ремонте. Наиболее сложное положение – на автодорогах государственного значения, на территории Армянска, Краснопереконского, Джанкойского, Кировского, Первомайского районов, практически на всех территориальных дорогах государственного значения, на большинстве местных дорог [1].

Кроме того, большинство автомобильных дорог Крыма пролегает в горной местности. Сложные геологические условия горного Крыма и южного побережья приводят к многочисленным оползням в этих районах. С 2008 года начался рост активности оползневых процессов девятого цикла с максимумом массовой активности в 2012-2014 годах, когда в пределах автомобильных дорог в активном состоянии будет около 70 процентов оползней; 5-10 процентов оползневых участков покажут интенсивную и катастрофическую активность. Главная причина периодической активизации сдвигов – геологические циклы водонасыщения грунтов, которые имеют периодичность 7-8 и 10-12 лет [2].

Оползни действуют на всей протяженности южного Черноморского побережья, от Керчи до Севастополя, и пересекают автомобильные дороги. Наиболее поражённые участки автомобильных дорог государственного значения Симферополь – Ялта и Ялта – Севастополь, Алушта – Судак – Феодосия и ряд автомобильных дорог местного значения [3].

Актуальность. Ликвидация последствий оползней – это длительный процесс, занимающий в среднем от 6 до 10 месяцев. Опыт показывает, что предупреждать оползневые явления на автомобильных дорогах значительно дешевле, чем ликвидировать их последствия, ведь это приводит не только к увеличению затрат на строительные работы, но и к потерям в экономике вследствие ограничения или приостановки движения транспорта.

Однако объёмы финансирования не соответствуют необходимым потребностям. Кроме того, специфика дорожной отрасли предполагает наличие большого объёма информации, представленной вербально.

Постановка задачи. Таким образом, в настоящее время не разработаны модели формирования портфеля проектов предупреждения оползней на автомобильных дорогах на перспективу и текущий период в условиях неопределённости входной информации о технико-эксплуатационных показателях автомобильной дороги.

Результаты исследований. Автомобильные дороги Крыма отличаются разнообразием сочетаний элементов плана и профиля, широким диапазоном изменения их параметров, при выборе которых решающее влияние оказывает, как правило, сложность рельефа местности. Степень сложности автомобильной дороги определяет ее транспортные качества и условия безопасности движения по ней. Автомобильная дорога работает под влиянием большого количества факторов, которые необходимо учитывать при ее проектировании и организации работ по ремонту и содержанию [4].

После ввода в эксплуатацию на дорогу воздействуют:

- нагрузки от проходящих автомобилей и других транспортных средств;
- грунтовые и поверхностные воды;
- погодно-климатические факторы;
- хозяйственная деятельность людей в районе проложения дороги.

Основные конструктивные элементы автомобильных дорог и обобщающие параметры оценки технико-эксплуатационного состояния приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Основные конструктивные элементы автомобильных дорог

Основные конструктивные элементы	Обобщающие параметры оценки технико-эксплуатационного состояния
1. Полоса отвода	Состояние полосы отвода Обеспечение водоотвода Состояние земляного полотна Состояние обочин
2. Земляное полотно	Геометрические характеристики земляного полотна Геометрические характеристики дорожной одежды Тип дорожной одежды Тип покрытия Состояние покрытия
3. Дорожная одежда	Состояние бордюрного камня
4. Пересечения и примыкания	Геометрические характеристики Тип покрытия Состояние покрытия
5. Искусственные сооружения	Геометрические характеристики Состояние элементов искусственных сооружений
6. Обстановка пути	Состояние покрытия тротуаров, площадок, разворотных кругов Наличие разрушений и несоответствий нормативным требованиям ограждений и сигнальных столбиков Наличие знаков, ограждений и разметки в соответствии с проектом организации дорожного движения Несоответствие знаков нормативным требованиям Состояние разметки
7. Водоотвод	Наличие и состояние ливневой канализации и открытого водоотвода

Оценка технико-эксплуатационного состояния автомобильных дорог производится специалистами. Результаты осмотра состояния автомобильных дорог используются при формировании портфеля проектов предупреждения оползней на автомобильных дорогах.

Выводы. В работе рассмотрены вопросы формирования портфеля проектов предупреждения оползней на автомобильных дорогах на перспективу и текущий период в условиях неопределенности входной информации о технико-эксплуатационных показателях автомобильной дороги.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ямочный ремонт крымских дорог обещают закончить к лету // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://auto.investigator.org.ua/road/9804/>
2. Рудько Г. И., Ерыш И. Ф. Оползни и другие геодинамические процессы горноскладчатых областей Украины (Крым, Карпаты) : монография – К. : Задруга, 2006. – 624 с.
3. Завойчинский В. В. Главные трассы страны // Всеукраинский имиджевый журнал «XXI Украина». – 2008. – №7 – С. 21-23.
4. Васильев А. П. Критерии и методы планирования ремонта и очередности работ по результатам диагностики / А. П. Васильев, В. К. Апестин, С. С. Куликов // Автомобильные дороги. – 1993. – № 6. – С. 6-9.

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ ЛАГГЕРА

Нивин А.Е., Саушев А.В.,

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова
(Россия, г. Санкт-Петербург)

Введение. Одним из перспективных методов оценки технического состояния сложных систем управления является идентификация по динамическим характеристикам, которая отличается широкими возможностями фильтрации помех и возмущений. Под идентификацией понимают определение структуры и параметров математической модели, которые обеспечивают наилучшую близость выходных величин модели и объекта при одинаковых входных воздействиях [1]. Задача идентификации динамических систем сводится, в общем случае, к определению оператора модели системы, преобразующего ее входные воздействия в выходные величины. Для решения этой задачи все более широкое применение находит статистическая идентификация в базисе ортогональных функций [2].

Актуальность исследований. Возрастающая сложность систем управления, изменчивые условия эксплуатации, что особенно характерно для транспортных средств, обуславливают необходимость регулярного контроля и прогнозирования их состояния. Особую актуальность при этом приобретает разработка методов идентификации систем управления в реальном масштабе времени. В докладе рассматривается один из возможных подходов к решению этой задачи, основанный на использовании функций Лаггера.

Постановка задачи. При идентификации систем управления может применяться процедура вычисления коэффициентов разложения их импульсных переходных функций в ряд по системе ортонормированных преобразованных функций Лаггера [1, 2, 3]. При этом импульсная переходная функция идентифицируемой системы представляется рядом

$$\omega(\tau) = \sum_{j=0}^{\infty} \beta_{ja} l_{ja}(\tau),$$

где β_{ja} – коэффициент разложения, $l_{ja}(\tau)$ – базисные функции Лаггера.

Эту модель удобно использовать в тех случаях, когда необходимо знать реакцию системы на то или иное воздействие, а ее структура и параметры (вид передаточной функции, постоянные времени, коэффициенты усиления) не представляют интереса. Такой подход характерен, например, для процесса создания (анализа и синтеза) самонастраивающихся систем [4]. Известные подходы к идентификации не учитывают того факта, что динамические системы могут существенно отличаться по быстродействию, что приводит к увеличению числа членов разложения импульсной переходной функции $\omega(\tau)$ в ряд и к снижению достоверности результатов.

Результаты исследований. Получим соотношения, позволяющие определять по известным коэффициентам β_{ja} неизвестные параметры идентифицируемой системы управления, а также взаимосвязь этих коэффициентов, характеризующую структуру передаточной функции системы [5]. Выразим коэффициенты β_{ja} через производные передаточной функции. Можно показать, что первые пять коэффициентов β_{ja} будут иметь значения:

$$\beta_{0\alpha} = \sqrt{2\alpha} W(\alpha);$$

$$\beta_{1\alpha} = \sqrt{2\alpha} [W(\alpha) + 2\alpha W'(\alpha)];$$

$$\beta_{2\alpha} = \sqrt{2\alpha}[W(\alpha) + 4\alpha W'(\alpha) + 2\alpha^2 W''(\alpha)];$$

$$\beta_{3\alpha} = \sqrt{2\alpha}[W(\alpha) + 6\alpha W'(\alpha) + 6\alpha^2 W''(\alpha) + (4/3)\alpha^3 W'''(\alpha)];$$

$$\beta_{4\alpha} = \sqrt{2\alpha}[W(\alpha) + 8\alpha W'(\alpha) + 12\alpha^2 W''(\alpha) + (16/3)\alpha^3 W'''(\alpha) + (2/3)\alpha^4 W^{(4)}(\alpha)],$$

где $W^{(4)}$ – обозначение четвертой производной передаточной функции.

Из полученного выражения следует, что k -й коэффициент разложения выражается через первые k производных передаточной функции. Это означает, что k -я производная передаточной функции, в свою очередь, может быть выражена через коэффициенты $\beta_{0\alpha}, \beta_{1\alpha}, \dots, \beta_{k\alpha}$.

Опуская для краткости записи индекс α при коэффициентах $\beta_{j\alpha}$, получим выражения для производных при условии, что $k = 0, 1, 2, 3, 4$:

$$\left\{ \begin{array}{l} W(\alpha) = \frac{1}{\sqrt{2\alpha}} \beta_0; \\ W'(\alpha) = \frac{1}{2\alpha\sqrt{2\alpha}} (-\beta_0 + \beta_1); \\ W''(\alpha) = \frac{1}{2\alpha^2\sqrt{2\alpha}} (\beta_0 - 2\beta_1 + \beta_2); \\ W'''(\alpha) = \frac{3}{4\alpha^3\sqrt{2\alpha}} (-\beta_0 + 3\beta_1 - 3\beta_2 + \beta_3). \end{array} \right.$$

Методика определения функциональной зависимости между коэффициентами разложения импульсной переходной функции $\beta_{j\alpha}$ и параметрами реальной системы управления заключается в нахождении соотношений между этими параметрами и производными передаточной функции и последующим выражении производных $W^{(k)}(\alpha)$ через коэффициенты $\beta_{j\alpha}$ в соответствии с последней формулой.

Выводы. Рассмотренный подход был реализован при идентификации систем управления электроприводами объектов водного транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А. А., Кораблев Ю. А., Шестопапов М. Ю. Идентификация и диагностика систем. – М. : Академия, 2009. – 352 с.
2. Бессонов А. А. и др. Методы и средства идентификации динамических объектов. – Л. : Энергоатомиздат, 1989. – 280 с.
3. Егупов Н. Д., Пупков К. А. Методы классической и современной теории автоматического управления. Том. 2. Статистическая динамика и идентификация систем автоматического управления. – М. : МГТУ им. Н.Э Баумана, 2004. – 640 с.
4. В.И. Городецкий, А.К. Дмитриев, В.М. Маркелов и др. Элементы теории испытаний и контроля технических систем. – Л. : Энергия, 1978 – 324 с.
5. Маркелов А. С. Взаимосвязь структуры и параметров линейной САУ с коэффициентами разложения передаточной функции в ряд Лагерра / Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, №4 – 1982. – С.160-165.

СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМЫ ПРЕДЕЛЬНЫХ ОБОБЩЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОДВИЖНЫМИ АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Прокопчук Ю.А.,

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ, Украинский государственный
химико-технологический университет
(Украина, г. Днепропетровск)

Функции и задачи интеллектуального управления ПАО. Современная интеллектуальная система управления подвижным антропоцентрическим объектом (ПАО) представляет собой объединенную информационным процессом совокупность технических средств и программно-алгоритмического обеспечения, работающую во взаимосвязи с человеком или автономно, способную на основе априорной информации (моделей знаний, моделей мира, онтологии) и текущих измерений при наличии мотивации (миссии) синтезировать цель, вырабатывать решение о действии и находить рациональные способы достижения цели [1-8].

Примеры ПАО: суда (надводные и подводные), самолеты, вертолеты, КА, поезда, «оснащенные» автомобили, некоторые типы роботов специального назначения (оборонного, космического и т.д.). Оператор может находиться как на самом объекте, так и осуществлять дистанционное управление. Отдельный ПАО может быть частью *сетевидного* объекта, например кластера ПАО, интеллектуального роя, стаи и т.д. Под *кластером* в узком смысле будем понимать набор разнородных малогабаритных аппаратов (МА), входящих в состав (орбитальной, воздушной, морской, наземной, гетерогенной) группировки, совместно выполняющих общую функцию с большей, чем единичный МА, эффективностью и управляемый как единое целое. Кластер объектов может образовывать *виртуальный* ПАО, например, виртуальный спутник.

Основные задачи интеллектуального управления ПАО:

- обеспечение *ситуационной осведомленности* оператора, экипажа (выделение параметров порядка развития ситуаций, поддержка принятия решений оператором, образная визуализация ситуации на основе когнитивного мультимодального интерфейса, виртуальный анализ зон обзора внекабинного пространства);
- обеспечение *активной безопасности* (информационно-системная безопасность [3]; различение и устранение внешних и внутренних угроз, например, столкновений судов, КА или ракетных атак [1]; обеспечение остойчивости судна при сильном волнении [2]; движение судна во льдах; локализация отказов бортовых систем; диагностика функционального состояния ПАО);
- реализация режима *автопилота* для типовых ситуаций функционирования (например, стыковка КА, парковка автомобиля, движение вдоль русла в фазовом пространстве [4]), максимальная автоматизация функций низкоуровневого управления; решение типовых боевых задач: «уклонение от ракеты», «защита с нападением», «ввод группы в бой», «бой 1×1», «бой 1×N» и т.д. [1];
- повышение *степени наблюдаемости и управляемости* ПАО (выделение переменных состояния с высокой степенью наблюдаемости и управляемости; лучше управляемы те компоненты вектора состояния, у которых больше модули элементов строк канонической матрицы управления); выдача рекомендации по выбору (увеличению или уменьшению) динамических параметров ПАО при совершении маневра, во время которого управление осуществляется по нескольким параметрам с одним доминирующим;
- поддержка решений и управления в *нештатных ситуациях* (обеспечение быстрого принятия решения в непредвиденных или недостаточно формализованных штатных ситуациях; продолжение функционирования ПАО при неисправных датчиках ориентации, положения, например: аппроксимация углового движения для высокоточного

определения параметров этого движения при отсутствии датчика угловой скорости, гашение угловой скорости КА и ориентация батарей на солнце с использованием зависимости величины тока батарей от их положения относительно солнца, поддержание трехосной орбитальной ориентации спутника связи с помощью анализа изменения мощности радиосигналов от потребителей связи при угловых колебаниях КА и т.д.);

- автоматизированный *контроль качества* выполнения сеансов функционирования (обучение операторов ПАО, например летчиков, космонавтов, штурманов, водителей);

- рациональное *распределение функций* управления между бортовыми системами ПАО, наземным комплексом управления (НКУ) и центром приема и обработки информации (ЦПОИ), а также между сетевыми объектами (за НКУ должна остаться функция резервного решения тех задач, которые возложены на бортовую СУ, но не могут выполняться вследствие неисправности бортовой аппаратуры, БЦВС или ошибок в бортовом программном обеспечении; степень участия ЦПОИ в работе СУ определяется возможностью использования дополнительной оперативной обратной связи по качеству и количеству полученных результатов мониторинга);

- структурно-функциональный синтез (временного) *кластера* малогабаритных (космических, воздушных, морских, наземных, гетерогенных) аппаратов как виртуального ПАО в составе системы мониторинга, инспекции на базе постоянно действующей группировки (синтез предполагает выполнение следующих основных этапов: 1) формирование дерева целей и задач кластера; 2) формирование структуры кластера с обоснованием его качественного состава; 3) прогноз развития системы мониторинга на базе кластера и т.д.);

- реализация технологии *банка взаимодействующих наблюдателей* (среды радикалов) при создании виртуальной среды и технологии «интеллектуальной стаи»; синтез ультраоператора комплексной обработки информации виртуального ПАО (методологией, позволяющей объединить разнородные сведения в единую модель, служит системный синтез, теория ультрасистем [3] и парадигма предельных обобщений [5]);

- обеспечение *гетерогенной среды моделирования* ситуаций в рамках сеанса функционирования и гетерогенной мультиагентной среды функционирования.

Системный синтез и парадигма предельных обобщений. Основными недостатками при использовании интеллектуального управления (ИУ) ПАО в практических приложениях являются сложность реализации всего комплекса функциональных систем, а также проблемы, связанные с реализацией механизма синтеза цели. С учетом жестких требований по быстродействию и объему памяти БЦВМ, которое отводится для алгоритмического обеспечения ИУ ПАО, реализовать его в полном объеме на данном этапе развития технологий не представляется возможным. Необходима радикальная редукция, но с сохранением целостности, как восприятия ситуации, так и реакции на ее изменения.

Редукция информационного обеспечения ИУ предполагает реализацию концепции системного синтеза [1, 4], которая заключается в выделении и последующем управлении ПАО только по ключевым параметрам. Однако универсальные критерии выбора таких параметров отсутствуют, что делает задачу их определения актуальной. Типичны случаи, когда переменные вектора состояния являются слабоуправляемыми и осуществлять управление такими переменными нецелесообразно. Поэтому удачный выбор моделей целеполагания (прогнозирующих моделей) с высокой степенью управляемости в рамках конкретного сеанса функционирования также является актуальной задачей при синтезе систем управления ПАО. В работах [5-8] рассматривается системный синтез, опирающийся на синергетическую концепцию единства процессов самоорганизации и управления в рамках парадигмы предельных обобщений (ППО). Данный подход отличается полным учетом естественных нелинейных свойств объектов, приспособляемостью к внутренним и внешним возмущениям.

Системный синтез означает, что вначале должно быть найдено *системное решение* (или *концептуальное решение*), приводящее к нужному результату (z/Z), которое в последующем разворачивается в иерархию частных решений. Важно, что сам результат (z/Z) является тем решающим системообразующим фактором, который активно влияет как на различение (построение синдромных моделей знаний), так и на отбор степеней свободы (наборов параметров порядка, синдромов, радикалов), нужных для достижения поставленной цели, т.е. именно желаемый результат функционирования (z/Z) создает упорядоченную форму взаимодействия всех средств ПАО при наблюдении и управлении, т.е. *когерентность поведения* между компонентами системы [5]. Таким образом, цель функционирования синтезируемых систем управления заключается в достижении ПАО целевых аттракторов - асимптотических пределов (предельных синдромов и/или предельных вероятностных закономерностей) в их пространстве состояний, отражающих желаемые технологические режимы ПАО [4, 5].

Степень наблюдаемости любого параметра напрямую зависит от степени обобщенности домена, из которого выбираются значения. Предельное обобщение позволяет выделить хорошо наблюдаемые домены параметров, так как слабонаблюдаемые домены параметров могут быть эффективно оценены только с помощью дополнительных ресурсов (приборных, временных, вычислительных).

Пример ситуационного вектора $SV = \{z/T\}$ в типовой ситуации различения «Выбор тактики пилота» (по материалам [1]):

SV {Дальность до цели / $[0...4000]$? 3500; Видимость/ $[0...10]$? 9; Высота/ $[0...20000]$?12000; Скорость / $[0...2000]$? 1500; Кол-во горючего / $[0...10]$? 9; Кол-во боеприпасов / $[0...10]$? 9; Мастерство летчика / $[0...10]$? 9; Состояние ЛА / $[0...10]$? 7; Метео условия/ $[0...10]$? 7; Ветер / $[0...10]$? 3}

Обобщенные тесты в свою очередь рассчитываются на основе первичных тестов, например тесты «Метео условия/ $[0...10]$ » и «Ветер / $[0...10]$ » определяются по тестам «Метео» (данные приборных измерений): *Метео* {Температура? - 50; Давление? 727; Влажность? 91; Напр.ветра? 247; Скор. ветра? 54}.

Заключение СИУ: $z/Z = 4$, где $Z = \{1\text{-Сесть на ближайший аэродром; 2 - Возвращаться на базу; 3 - Продолжить, быть готовым вернуться; 4 - Продолжить, соблюдать осторожность; 5 - Продолжить задание в штатном режиме}\}$.

Заключение z/Z получено с помощью предельной синдромной модели знаний $\{S^*\}$, которая сформирована на основе контекста $\langle \Omega(Z), \{G(\tau)\} \rangle$, где $\Omega(Z) = \{ \alpha(\{z/T\}, z/Z) \}$ - база прецедентов, $\{G(\tau)\}$ - банк тестов. Под *синдромом* понимается неизбыточная совокупность значений тестов, позволяющая однозначно установить заключение: $S = (\{z/T\} \rightarrow z/Z)$. Некоторые из синдромов являются параметрами порядка [5, 7].

Таким образом, для каждого теста τ строится оргграф доменов теста $G(\tau) = \{T \rightarrow T^p\}_\tau$. Если приведенные в примере SV домены считать базовыми (T_0), то домены следующего уровня обобщения могут иметь такой вид (правила преобразования опущены):

Дальность до цели/ $T_1 = \{\text{Оч.Малая; Малая; Средняя; Большая; Оч.Большая}\}$;
 Видимость/ $T_1 = \{\text{Нулевая; Малая; Средняя; Большая; Отличная}\}$;
 Высота/ $T_1 = \{\text{Минимальная; Малая; Средняя; Большая; Максимальная}\}$;
 Скорость/ $T_1 = \{\text{Минимальная; Малая; Средняя; Большая; Максимальная}\}$;
 Кол-во горючего/ $T_1 = \{\text{Почти нет; Мало; Среднее; Достаточное; Полные баки}\}$;
 Кол-во боеприпасов/ $T_1 = \{\text{Почти нет; Мало; Среднее; Достаточное; Полный боезапас}\}$;
 Мастерство летчика/ $T_1 = \{\text{Оч. низкое; Низкое; Среднее; Высокое; Оч. высокое}\}$;
 Состояние ЛА/ $T_1 = \{\text{Еле летит; Пока летит; Без крит.повр; Хорошее; Очень хорошее}\}$;
 Метеорол. усл-ия/ $T_1 = \{\text{Оч плохие; Плохие; Нормальные; Хорошие; Отличные}\}$;
 Ветер/ $T_1 = \{\text{Почти нет; Слабый; Средний; Сильный; Оч.сильный}\}$.

Домены T_1 всех тестов могут быть также обобщены [5, 8]. Пример оргграфа для теста «Дальность до цели» (структурно-завершенный оргграф $G^{++}(d)$ показан на рис. 1):

Дальность до цели $\wedge d$ {
 T2 {Малая $\wedge 1$ 2;
 Средняя $\wedge 3$;
 Большая $\wedge 4$ 5}
 T1 {Оч.Малая $\wedge 1$ [0, p1];
 Малая $\wedge 2$ (p1, p2];
 Средняя $\wedge 3$ (p2, p3];
 Большая $\wedge 4$ (p3, p4];
 Оч.Большая $\wedge 5$ (p4, p5]}
 T0 {[0, 4000]}
 $G(d) = \{T0 \rightarrow T1 \rightarrow T2\}$

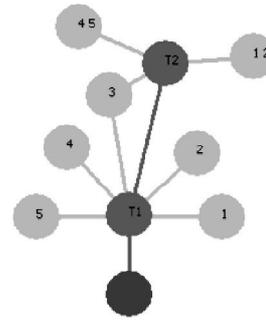


Рисунок 1 – Орграф $G^{++}(d)$

Уточним смысл термина «Степень управляемости – Dc » (Degree of controllability). Степень управляемости синдрома $S(\{\underline{z}/T\}, \underline{z}/Z)$ определяется минимальной степенью управляемости всех входящих тестов, а именно: $Dc(S) = \min_{\tau \in S} \{Dc(\underline{z}/T)\}$. Выбор синдрома в качестве цели управления по критерию максимальной управляемости происходит в соответствии с формулой:

$$S_U = \arg \max_{S \in \{S\}} (\min_{\tau \in S} \{Dc(\underline{z}/T)\}).$$

Заключение. Системный синтез и анализ степеней управляемости и наблюдаемости предельных синдромов (конкурентных наборов параметров порядка) дают возможность сформировать математические модели типовых ситуаций, использование которых в системе управления ПАО позволяет эффективно осуществлять маневры, принимать решение о целесообразности использования тех или иных приборов для определения интересующих параметров, а также выбирать оптимальные характеристики системоквантов поведения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев С. Н., Жерлов А. К., Федосов Е. А., Федунев Б. Е. Интеллектуальное управление динамическими системами: монография. – М. : Физико-математическая литература, 2000. – 352 с.
2. Нечаев Ю. И. Концептуальные основы создания бортовых интеллектуальных систем // Информационно-измерительные и управляющие системы. Часть 2. – 2006. – № 9. – С. 39-49.
3. Чечкин А. В., Пирогов М. В. Методика обеспечения информационно-системной безопасности сложных систем // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2008. – №7. – С. 11-17.
4. Колесников А.А. Прикладная синергетика: основы системного синтеза. – Таганрог : Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007 – 384с.
5. Прокопчук Ю. А. Принцип предельных обобщений: методология, задачи, приложения : монография. – Днепропетровск : ИТМ НАНУ и НКАУ, 2012. – 384 с.
6. Прокопчук Ю. А. Когнитивная модель деятельности // Збірник наукових праць «Індуктивне моделювання складних систем». – Київ : МННЦ ІТС НАНУ та МОНУ, 2012. – Вып 4. – С. 177-188.
7. Прокопчук Ю. А. Модели спонтанной когнитивной динамики // Материалы III Международной научной конференции «Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем – OSTIS-2013» (Минск, 21-23 февраля 2013 г.). – Минск: БГУИР, 2013. – С. 251-256.
8. Прокопчук Ю. А. Методология формирования полимодельных комплексов сложных систем // Материалы Международной конференции «Интеллектуальные системы в авиации» (Баку, 15-16 февраля 2012 г.). – Баку : Изд. Центр полиграфии НАН Азербайджана, 2012. – С. 34-37.

ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ РІВНЕМ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ ПО КРИТЕРІЮ ЕФЕКТИВНОСТІ

Рева О.М.,

Кіровоградський національний технічний університет (Україна),

Алексєєв О.М.,

Державна авіаційна служба України

(Україна, м. Київ)

Вступ. Цивільна авіація (ЦА) є стратегічним пріоритетом геополітичного, соціального та економічного розвитку України і важливою складовою частиною виробничої та соціальної інфраструктури, а її стійке та ефективне функціонування – необхідна умова забезпечення національної безпеки, стійкого економічного росту та підвищення рівня життя населення.

Зазначимо, що авіаційну діяльність в вітчизняній аеронавігаційній системі здійснюють близько 90 сертифікованих в Авіаційній адміністрації України експлуатантів усіх форм власності. За цей період загальний наліт на повітряних судах (ПС) усіх типів склав близько 4120342 годин, мали місце 17 катастроф; 28 аварій; 77 серйозних інцидентів. Значне зростання кількості інцидентів сталося через порушення технічного обслуговування ПС, що свідчить про недостатній рівень інженерного аналізу відмов авіаційної техніки (АТ), відсутність у експлуатантів необхідної кількості запасних частин і агрегатів, зниження вимог керівного складу авіакомпаній до якості виконання технічного обслуговування. При цьому стурбованість викликає фізичне старіння парку ПС і відсутність законодавчо врегульованих механізмів його оновлення в умовах низької кредитоспроможності державних підприємств. У зв'язку з виробітком призначених ресурсів і загального терміну служби авіатехніки відбувається різке щорічне скорочення її сертифікованої кількості. Особливу стурбованість викликають катастрофи, зумовлені зіткненням справних ПС із землею поверхнею в гірській місцевості через недостатню професійну підготовку (ПП) екіпажів ПС до виконання таких польотів. Помилки, що постійно повторюються, у пілотуванні своєчасно не виявляються і належним чином не аналізуються, обробка інформації бортових самописців рейсових польотів в авіакомпаніях здійснюється формально. Деякі льотні фахівці авіакомпаній не дають належної оцінки якості виконання польотів, що, зрештою приводить до масових порушень вимог керівництва з льотної експлуатації [2].

Таким чином, слід констатувати хибний факт порушення системи вдосконалення організації льотної і льотно-методичної роботи, чому у колишньому СРСР, приділялася найпильніша увага. Методичне забезпечення тренувань льотних екіпажів до парування небезпечних відмов АТ потребує серйозного поліпшення, оскільки програми тренувань не лише не повною мірою відображають порядок введення відмов, але часто і виключають найбільш критичні для безпеки етапи польоту. Тренування проводяться не комплексно, оскільки не містять формування елементів взаємодії членів екіпажа. Програми перенавчання льотного складу, курси навчально-льотної підготовки пілотів не переглядалися протягом багатьох років.

Актуальність досліджень. Недоліки і проблеми в функціонуванні вітчизняної аеронавігаційної системи пояснюються відсутністю загальнотеоретичного базиса та загальноприйнятих науково-обґрунтованих підходів до управління рівнем безпеки польотів (БП) за визначеними критеріями ефективності. Їх розробка в обов'язковому порядку має орієнтуватися на вимогу ІКАО, яка визначає, що жодний регіон не повинен мати рівень частоти АП більш ніж удвічі перевищує загальносвітовий [3]. Йдеться про такі головні напрямки:

- введення прийняттого рівня БП в державі;
- обов'язкові процедури, що забезпечують розробку та впровадження системи

управління БП (СУБП);

– обов’язкові процедури забезпечення безпосереднього управління рівнем БП в межах прийняттого або встановленого підприємством рівня (постійний моніторинг та регулярна оцінка БП, коригувальні дії, необхідні для витримування узгоджених показників БП, нагляд за показниками БП, аналіз польотної інформації, управління ризиком АП, та ін.).

Постановка задачі. Управління БП – це головна менеджерська функція, яка повинна розглядатися на рівні, щонайменше адекватному за ступенем важливості іншим бізнес-функціям будь-якої авіакомпанії. Його реалізація має спиратися на збалансоване виділення ресурсів на виробничі завдання і засоби захисту, що сприятимиме встановленню кордону безпеки [1]

Виходячи з наведеного, метою цієї публікації є визначення методологічних основ створення:

- автоматизованої системи моніторингу рівня безпеки польотів;
- автоматизованої системи управління ризиками при виробництві польотів;
- автоматизованої системи прогнозування рівня безпеки польотів;
- системи підтримки прийняття рішення за результатами аналізу ризику виходу за експлуатаційні обмеження.

Результати досліджень. ІКАО рекомендує щоб впровадження СУБП, схваленої державою, яка, як мінімум, забезпечувала виявлення фактичних і потенційних загроз безпеці; гарантії прийняття коригуючих заходів по зменшенню ризику / небезпеки; безперервний моніторинг і регулярну оцінку досягнутого рівня БП «СУБП повинна визначати відповідні сфери відповідальності, в тому числі пряму відповідальність старших менеджерів за забезпечення БП». На рис. 1 показані вимоги до системи управління безпекою. Наглядний повноважний орган і експлуатант погоджують прийнятний рівень безпеки, який має бути досягнутий у рамках СУБП експлуатанта і одним з елементів (показників) якого (але не єдиним) є: 0.5 пригод з людськими жертвами на 100 000 польотів; зниження цього показника на 40% за 5 років (заданий рівень безпеки) [1, 2].



Рисунок 1 – Вимоги ІКАО до систем управління безпекою польотів

Таким чином спираючись на вищевикладене автори провонують поєднати ретроактивну та проактивну методику управління БП, яка дозволить більш дієво

здійснювати збір інформації по БП від внутрішніх і зовнішніх джерел; виявлення факторів ризику до настання авіаційних подій з прийняттям заходів щодо зниження впливу ризику; плюс в перспективі апріорне приватне і сумарне кількісне оцінювання ризику авіаційної події в майбутніх польотах і порівняння його з заданим рівнем БП; плюс синтез цільових оптимізованих заходів щодо зниження ризику авіаційної події в майбутніх польотах до прийнятного. Оцінку ефективності по управлінню БП визначимо наступним чином

X_i	$\Delta P_{БПi}$	ΔC_i	\mathcal{E}_i	R_i
X_1	$\Delta P_{БП1}$	ΔC_1	\mathcal{E}_1	R_1
X_2	ΔP_2	ΔC_2	\mathcal{E}_2	R_2
X_3	$\Delta P_{БП3}$	ΔC_3	\mathcal{E}_3	R_3
...
X_i	$\Delta P_{БПi}$	ΔC_i	\mathcal{E}_i	R_i
...
X_{n-1}	$\Delta P_{БПn-1}$	ΔC_{n-1}	\mathcal{E}_{n-1}	R_{n-1}
X_n	$\Delta P_{БПn}$	ΔC_n	\mathcal{E}_n	R_n

де X_i – набір управлінських рішень, $\Delta P_{БП}$ прирощення вірогідності безпечного польоту, яке обумовлене дією управлінських рішень X_i , ΔC_i – вартість заходів необхідних для реалізації управлінських рішень X_i , \mathcal{E} ефективність X_i набору заходів, R_i – ранг X_i набору заходів

Ефективність згідно з термінологією ISO 9000:2000 – зв'язок між досягнутим результатом та використаними ресурсами $\mathcal{E} = \frac{\Delta P_{БП}}{\Delta C_{БП}}$ критерій $\max_i \frac{\Delta P_{БП}}{\Delta C_{БП}}$ обмеження

$$\Delta P_{БПi} > P_{БПуст} - P_{БПmax} /$$

Нижче на блок схемі (рис. 2) на основі [1] розробленою авторами наведена система управління БА та підтримка якості БП на припустимому рівні.

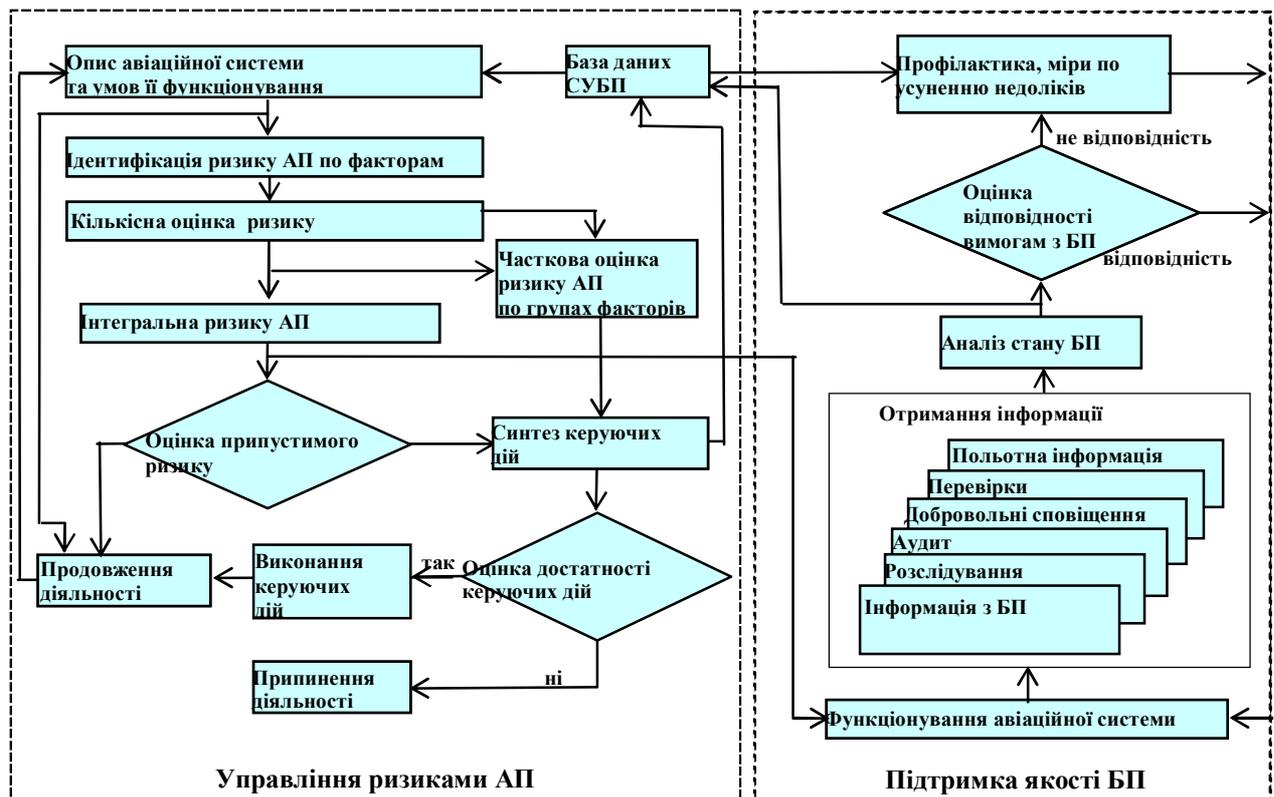


Рисунок 2 – Система управління безпекою польотів та підтримка її якості і на припустимому рівні

Висновки. Результатами процедури оптимізації управління рівнем БП за критерієм ефективності досягається повна відповідність компанії вимогам IOSA вид. 6 (2012 р.) в тому числі:

- реалізація активної стратегії превентивного управління рівнем БП;
- встановлення рівня БП, як цілі корпоративної СУБП за відсутності прийнятного рівня БП в державі;
- моніторинг поточного рівня БП в реальному масштабі часу;
- виявлення тенденцій у зміні рівня БП до того, як відбуваються АП;
- прогнозування рівня БП на майбутній період експлуатації;
- завчасне планування цільових регулюючих впливів і витрат на їх реалізацію;
- виключення навіть короточасного перевищення встановленого рівня аварійності;
- оцінювання не тільки результативності, а й ефективності управління БП;
- мінімізація дилеми між прибутковістю і безпекою комерційних польотів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) (Doc 9859 AN/460). ИКАО. 2006. – 355 с.
2. Алексеев О. М. Автоматизация процессов управления безопасностью полетов в аэронавигационной системе: дис. на здобуття ступеня канд.техн. наук 05.22.13 / О. М. Алексеев – К., НАУ, 2009. – 273 с.
3. Глобальный план обеспечения безопасности полетов. – Монреаль, Канада. – июнь 2007.

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ РЕСУРСАМИ ИНФРАСТРУКТУР

Скатков А.В., Воронин Д.Ю.,

Севастопольский национальный технический университет
(Украина)

Введение. В настоящее время сфера деятельности транспортных систем существенным образом расширяется – в ряде случаев при решении задач управления возникает необходимость перехода на инфраструктурный уровень абстракции [1]. То есть, необходимость введения нового термина «инфраструктура» диктуется ограниченностью использования понятий «система» и «подсистема» при рассмотрении указанных проблем. Рассмотрим причины слабой конструктивности подходов, базирующихся только на иерархическом использовании теории систем при анализе инфраструктурных взаимодействий. Элементы структуры формируются в систему по некоторому целевому признаку. В теории систем рассматриваются внешние и внутренние системообразующие факторы. Они могут носить экономический характер, обеспечивать информационную или функциональную безопасность. Однако, чем развитее инфраструктура, тем менее адекватна для нее данная концепция. Потому что рассмотренные факторы, безусловно, существуют, но составные части инфраструктуры настолько самостоятельны и независимы, что употребление централизованных понятий для их описания обладает слабой конструктивностью. Подсистемы в системе наделены четко выраженными функциями и ориентированы в первую очередь на обеспечение экстремума целевой функции всей системы (и именно в связи с этим оценивается их полезность, необходимость, эффект, степень развития). Для инфраструктур это не так – каждая из подсистем имеет свой относительный характер поведения, свои цели, а эффективность функционирования инфраструктуры во многом определяется уровнем коллинеарности этих целей при использовании ресурсного обеспечения для синтеза общего продукта [1].

Постановка задачи. Формально инфраструктуру можно описать в качестве динамической системы, функционирующей на основе управлений $u_i \in U$, компенсирующих возмущающее воздействие \mathcal{Y} и обеспечивающих требуемую фазовую траекторию Ξ , связанную с пребыванием инфраструктуры в работоспособных состояниях S : $S_1(t), S_2(t+1), \dots, S_n(t+n)$, при безусловном выполнении целевого ограничения $P_{i\Pi}(t) \equiv 0$, $\forall i = \{1, 2, \dots, |S|\}$, где $P_{i\Pi}(t)$ – вероятность перехода из состояния S_i в S_{Π} ; $S_i \in S$, S_{Π} – поглощающее состояние; $U = U_{TR} \cup U_{\overline{TR}}$, где U_{TR} – множество управляющих воздействий, связанных с транспортным обслуживанием инфраструктуры, $U_{\overline{TR}}$ – управляющие воздействия не связанные с транспортным обслуживанием. Необходимо в каждый момент времени принятия управленческих решений [2] сформировать такое $u_i(t) \in U_{TR}$, что $\Phi(u_i(t)) = K(u_i(t), G(u_i(t))) \rightarrow \max_{u_i \in U_{TR}}$. Где $\Phi(u_i)$ – критерий эффективности управления транспортными ресурсами инфраструктуры, $G(u_i)$ – модель влияния $u_i(t)$ на эффективность распределения транспортных ресурсов, K – функционал последствий принятых решений по управлению транспортными ресурсами на эффективность функционирования инфраструктуры в целом.

Результаты исследований. Для распределения транспортных ресурсов предлагается использовать три различных стратегии: Cons-дисциплина (требования обслуживаются в соответствии с порядком их появления), Min-дисциплина (обрабатываются в первую очередь требования, имеющие наименьшее прогнозное время обработки), Max-дисциплина (абсолютный приоритет у требований, имеющих максимальное прогнозное время обработки). В связи с априорной неопределенностью

будем считать, что на начальном этапе выбор всех стратегий равновероятен. Существует несколько алгоритмов адаптивного выбора, при разработке данной системы управления будем использовать алгоритм Варшавского-Воронцовой, описанный в [3].

Данный алгоритм предназначен для решения задачи адаптивного выбора варианта среди N дисциплин в случае с бинарными потерями $\xi_n \in \{0,1\}$. ξ_n – величина, определяющая потери в работе системы на конкретном временном интервале.

В векторном виде алгоритм представлен в матричном виде.

$$p_{n+1} = p_n + \gamma \cdot p_n^T \cdot e(x_n) \cdot (e(x_n) - p_n) \cdot (1 - 2 \cdot \xi_n),$$

где $p_n[N]$ – текущий вектор вероятностей выбора стратегий;

$p_{n+1}[N]$ – пересчитанный вектор вероятностей выбора стратегий;

x_n – вариант стратегии, реализуемый на текущий момент времени;

$e(x_n)$ – вектор, являющийся вершиной симплекса, которая соответствует x_n ;

γ – длина шага алгоритма, $\gamma \in (0;1)$.

Таким образом, была предложена адаптивная стратегия управления транспортными потоками инфраструктуры, которая для построения функции потерь использует значения $\Phi(u_i(t))$ в качестве опорных. На рисунке 1 изображены графики зависимости среднего коэффициента простоя транспортных средств от времени, построенные при помощи разработанной модели $G(u_i)$, при использовании адаптивного алгоритма и Конс-дисциплины распределения транспортных ресурсов, которая проявила себя лучше, чем Min- и Max-дисциплины.

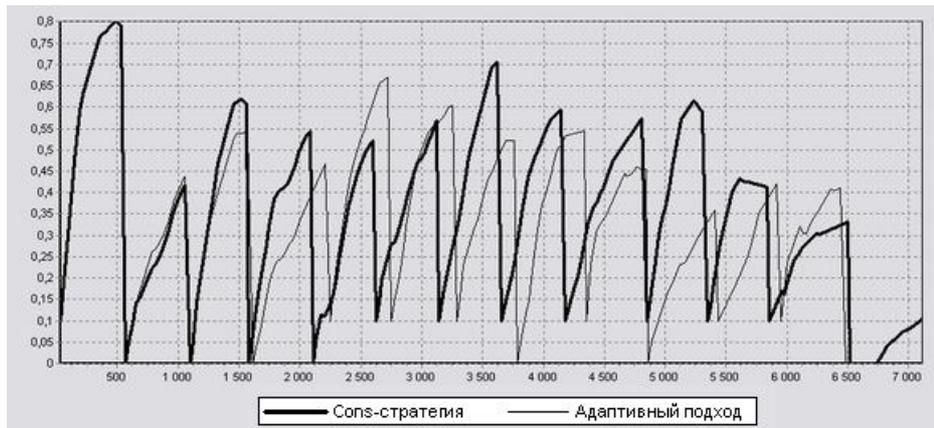


Рисунок 1 – График зависимости среднего коэффициента простоя транспортных средств

Выводы. Предложенный адаптивный подход позволяет компенсировать недостаток априорной информации, планируется внедрить предлагаемый подход в аппаратно-программный комплекс поддержки принятия решений по управлению ресурсами транспортных подсистем, с точки зрения максимизации качества функционирования инфраструктуры в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационные технологии для критических инфраструктур : монография / А. В. Скатков [и др.] – Севастополь : Изд-во «СевНТУ», 2012. – 306 с.
2. Гришанов Г. М. Исследование систем управления / Г. М. Гришанов, О. В. Павлов – Самара: Изд-во «Самар. гос. аэрокосм. ун-т.», 2005. – 128 с.
3. Назин А. В. Адаптивный выбор вариантов: Рекуррентные алгоритмы / А. В. Назин, А. С. Позняк. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1986. – 288 с.

ОБЛАЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

Хаханов В.И., Чумаченко С.В., Мизь В., Щербин Д.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(Украина)

Введение. Предлагается интеллектуальная система поддержки принятия решений на автомобильном транспорте, основанная на облачных технологиях, для мониторинга и управления дорожным движением в реальном масштабе времени с использованием дорожных контроллеров, средств радиочастотной идентификации автомобилей. Теоретические разработки интеллектуальных и мозгоподобных моделей, методов и двигателей анализа киберпространства, связанные с дискретной оптимизацией процессов поиска, распознавания и принятия решений, представлены в работах [1-6]. Опыт разработки и внедрения встроенных и RFID цифровых систем для мониторинга дорожного движения приведен в [7-8]. Опыт разработки и внедрения программных продуктов и облачных сервисов для оптимизации маршрутов транспортных средств украинских корпораций в целях минимизации материальных и временных затрат и повышения качества обслуживания пассажиров рассмотрен в работах [9-10].

Актуальность исследования. Тенденции развития кибернетического пространства связаны с облачными вычислениями. Корпоративные сети, персональные компьютеры, а также отдельные сервисы перемещаются в облака киберпространства. Достоинства виртуального мира заключаются в том, что микро-ячейки и макро-сети в облаках инвариантны по отношению к многочисленным гаджетам каждого пользователя или корпорации. Таким образом, каждый сервис, разрабатываемый в реальном мире, должен быть помещен в соответствующую ячейку облака, которое объединяет близкие по функциональностям и полезные человеку компоненты. Это относится и к сервису дорожного движения, которое имеет цифровое отображение в киберпространстве для последующего моделирования всех процессов на облаке с целью предложить каждому водителю качественные условия передвижения с экономией времени и средств.

Постановка задачи. Целью исследования является повышение качества и безопасности передвижения транспортных средств, а также минимизация временных и материальных затрат при движении автомобилей по заданным маршрутам. Сущность исследования – создание интеллектуальной инфраструктуры дорожного движения как облачного сервиса мониторинга инфраструктуры и управления дорожным движением в реальном масштабе времени на основе виртуальной инфраструктуры дорожного движения, интегрированной с уличными дорожными контроллерами, средствами радиочастотной идентификации автомобилей в целях повышения качества и безопасности передвижения транспортных средств, минимизации временных и материальных затрат при исполнении заданных маршрутов.

Результаты исследования. Взаимодействие реального мира (автомобиль и инфраструктура) с облаком формирует два типа отношений, задаваемых автоматными моделями: транспортной инфраструктуры с облаком мониторинга и управления; автомобиля с облаком для оптимизации и эффективности передвижения. Технические и функциональные возможности облака определяются следующими факторами: 1) Мониторинг реальной скорости движения всех транспортных средств и информирование о зонах скоростного режима. Цифровой мониторинг проезда на запрещающие знаки и сигналы светофоров. 2) Экономия топлива, уменьшение загрязнения окружающей среды, сокращение времени движения, благодаря выбору оптимального маршрута, предоставленного облаком. 3) Предотвращение пробок за счет планирования движения транспортных средств, учитывающего будущие маршруты остальных участников. Корректировка маршрута движения транспортного средства в реальном времени при изменении дорожной ситуации. 4) Интеллектуальное управление циклами переключения светофоров в зависимости от дорожной обстановки на перекрестках. 5) Генерирование

аналитических отчетов и рекомендаций по улучшению инфраструктуры дорог, расстановки знаков, светофоров и централизованное программирование циклов их переключения. 6) Предотвращение угона транспортного средства и самовольного покидания места ДТП, благодаря мониторингу местоположения каждого автомобиля. 7) Информирование с помощью тревожной кнопки специальных служб о происшествиях, случившихся на дорогах или с автомобилем. 8) Предупреждение водителя о потенциальной опасности на заказанном маршруте, полученной от облака в процессе движения. 9) Автоматическая регистрация динамики ДТП внутренними средствами идентификационного модуля.

«Умная пыль» – совокупность взаимосвязанных автономно функционирующих компонентов, образующих микросистему с приемо-передатчиком и средствами мониторинга, предназначенные для сбора информации о состоянии окружающей среды. Задачи «умной пыли»: 1) Мониторинг окружающей среды (температура, давление, влажность, осадки). 2) Мониторинг передвижения транспорта, частота передвижения, скорость, размер движущихся объектов. 3) Взаимодействие между собой движущихся объектов для определения координат, идентификация движущихся объектов, передача информации об объектах, движущихся навстречу друг другу, в облако управления. 4) Формирование электронного паспорта движущегося объекта. 5) Предотвращение угонов транспортных средств. 6) Обеспечение высокого уровня защиты электронных идентификаторов от несанкционированного проникновения. Стоимость метки радиочастотной идентификации обычно составляет не более 1% стоимости объекта идентификации. Ее функциональность заключается в сохранении взаимно-однозначного соответствия между меткой и объектом на протяжении всего жизненного цикла изделия.

Важнейшим аспектом технологической (технической) реализации интеллектуальной виртуальной инфраструктуры дорожного движения является организация связи между четырьмя компонентами системы, интегрированными с облаком: Cloud Servers – серверы, создающие облако долговременного хранения распределенных данных и сервисов; Buffer Computers – буферные компьютеры, обеспечивающие сбор данных от мониторов инфраструктуры и доставку сервисов управления дорожным контроллерам; C-RFID – компьютерные блоки радиочастотной идентификации транспортных средств; I-CMC – инфраструктурные контроллеры мониторинга и управления дорожным движением на основе радиочастотной идентификации транспортных средств.

Выводы. Таким образом, системная интеграция трех компонентов – облака мониторинга и управления, блоков радиочастотной идентификации транспорта, средств мониторинга и управления дорожной инфраструктуры – дает возможность автоматизировать процессы оптимального управления транспортом и дорожным движением в режиме реального времени для решения социальных, гуманитарных, экономических и экологических проблем.

Сервис облачного мониторинга меток радиочастотной идентификации транспортных средств в режиме on-line устраняет автомобильные номера из системы учета, что дает возможность: исключить непосредственное участие дорожной полиции в фиксации нарушений правил дорожного движения (превышение скорости, проезд на запрещающие сигналы светофоров, нарушение правил маневрирования); сэкономить тысячи тонн металла на изготовление номеров и упростить регистрацию автомобилей при покупке с нескольких дней до нескольких минут; автоматизировать оформление ДТП без участия сотрудников дорожной полиции путем цифрового мониторинга цифровой карты происшествия, скопированного с облака; существенно (x2-x5) сократить численный состав дорожной полиции, поскольку история перемещений автомобиля и его дорожных нарушений становится абсолютно прозрачной для облака, что позволит автоматически списывать со счетов водителя стоимость нарушения в соответствии с законодательством данной страны; полностью исключить коррупцию в отношениях водителя с дорожной

полицией, благодаря невозможности стереть информацию о нарушении в облаке; практически ликвидировать криминалитет в области угона автомобилей, благодаря встроеному в машину блоку радиочастотной идентификации, что обеспечивает круглосуточную наблюдаемость транспорта в режиме on-line, если автомобиль физически не уничтожен; упростить легализацию водителя путем идентификации водительской лицензии (driver's license) в списке разрешенных лиц блока радиочастотной идентификации автомобиля по протоколу «blue tooth», что позволяет устранить изготовление бумаг и доверенностей на вождение автомобиля другими лицами; в несколько раз уменьшить количество ДТП и существенно повысить качество жизни водителей и пассажиров благодаря тотальному мониторингу нарушений и неотвратимости наказаний за них; уменьшить на 30 % автомобильные выбросы углекислого газа за счет уменьшения времени простоев на перекрестках и выбора оптимальных режимов и маршрутов передвижения транспорта; обеспечить высокую рыночную привлекательность облака за счет продажи сервисов компаниям и частным лицам, что гарантирует получение высокой прибыли – от сотен миллионов до десятков миллиардов долларов, масштабируемой в зависимости от площади покрытия сервисами: города, области, страны, всего мира.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко М. Ф., Хаханов В. И., Литвинова Е. И. Структура логического ассоциативного мультипроцессора // Автоматика и телемеханика. – 2012. – № 10. – С. 71-92.
2. Хаханов В. И., Литвинова Е. И., Чумаченко С. В., Гузь О. А. Логический ассоциативный вычислитель // Электронное моделирование. – 2011. – № 1(33). – С. 73-89.
3. Hahanov V., Wajeb Gharibi, Litvinova E., Chumachenko S. Information analysis infrastructure for diagnosis // Information an int. interdisciplinary journal. – Japan, 2011. – Vol.14. № 7. – P. 2419-2433.
4. Хаханов В. И., Литвинова Е. И. Мультипроцессор для анализа информационного пространства. 1. Архитектура логического ассоциативного мультипроцессора // Вестник Томского государственного университета. 2011. – №1. – С. 95-108.
5. Хаханов В. И., Чумаченко С. В. Мультипроцессор для анализа информационного пространства. 2. Инфраструктура векторно-логического анализа. // Вестник Томского государственного университета. 2011. – №2. – С. 108-116.
6. Хаханов В. И., Мурад Али А., Литвинова Е. И., Гузь О. А., Хаханова И. В. Квантовые модели вычислительных процессов // Радиоэлектроника и информатика. – 2011. – № 3. – С.35-40.
7. Chen Xue-Mei, Wei Zhong-Hua. Vehicle management system based on multi-node RFID cards // 30th Chinese Control Conference (CCC). – 2011. – P. 5497-5499.
8. Hallowell S. F., Jankowski P. Z. Transportation security technologies research and development // IEEE Military Communications Conference. – 2005. – Vol. 3. – P. 1753-1756.
9. Oka T., Inoue S., Kakuda Y. An adaptive automobile control system using scheduling by imprecise computation and multiagent-based traffic information exchange and its experimental evaluation // 24th International Conference on Distributed Computing Systems Workshops. – 2004. – P. 610 – 615.
10. Samad T. Perspectives in Control Engineering Technologies, Applications, and New Directions. Intelligent Transportation Systems: Roadway Applications. Wiley-IEEE Press. – 2001. – P. 348-369.

СЕКЦІЯ 2:

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

ВИКОРИСТАННЯ ВІЛЬНО ПОРШНЕВОГО ДВЗ В ЯКОСТІ ПРИВОДА ВІЛЬНО ОСЦИЛЮЮЧОГО РУШІЯ

Андреев А.А., Самохвалов В.С., Маханько О.В.,

Херсонська філія Національного університету кораблебудування ім. адмірала Макарова
(Україна)

Над удосконалюванням гребного гвинта тудилися покоління талановитих винахідників, і сучасний гребний гвинт задовольняє багатьом технічним вимогам, пропонованим до суднових рушіїв. Але навіть недосвідченій в техніці людині здається дивним, що перш, ніж відкинути потік води за корму судна, гребний гвинт стрімко його закручує, затрачаючи на це вхолосту значну частину переданої йому енергії. Гребний гвинт у більшості суден нічим не захищений і в будь – який час може бути ушкоджений випадковим плаваючим предметом, на нього може намотатися рибальська сітка або трос. Та керованість гвинтових суден далека від досконалості. Напевно, не випадково природа, створивши десятки тисяч плаваючих істот, жодне з них не оснастила подібним рушієм.

На кафедрі суднових енергетичних установок Херсонської філії Національного університету кораблебудування на протязі останніх десяти років групою вчених розроблюються нові технології передачі потужності від двигуна до рушія. Було запропоновано в якості двигуна використовувати вільно поршневий двигун. А в якості рушія вільно осцилюючі пластини, розташовані в секторальних каналах. Це технічне рішення захищено патентом на корисну модель UA 18438 B63H11/100 (1). Побудована діюча модель гідрореактивного суднового двигуна, на якій виконуються досліди по оцінці як пропульсивних характеристик так і енергозберігаючого ефекту. На нашу думку відсутність закрученого потоку за рушієм буде сприяти підвищенню пропульсивного ККД до 80–90%.

Аналогічні дослідження виконувалися російським вченим і винахідником В. П. Костенко понад сто років тому. Дослідник розглядав вигин хвоста риби як вібруючу пластину, що має таку особливість як «можливість змінювати за бажанням ступінь пружності свого механізму» (2). Йому вдалося виявити загальні закономірності, приналежні кінематики плавання риб і роботи лопаті гребного гвинта.

Роботи, які виконані на кафедрі СЕУ Херсонської філії НУК, є продовженням досліджень розпочатих В. П. Костенко понад 100 років тому. І вони полягають в тому, що рух вільно осцилюючої пластини обмежений секторальним каналом. На нашу думку, це сприяє підвищенню ефективності рушія за рахунок відбиття потоків від стінок каналів. Гідродинамічні дослідження моделювались в комп'ютерній програмі «Flow Vision».

ЛІТЕРАТУРА

1. Патент на корисну модель № 18438 «Гідрореактивний судновий двигун», МПК B63H 11/100, 15.11.2006, – Бюл. № 11, 2006 р.
2. Казаров Ю. Жизнь выдающегося кораблестроителя // Катера и яхты. – 2002. – №2(180). – С. 46.

ОСОБЛИВОСТІ ВІДСТРОЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ В ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ НА РАННІХ СТАДІЯХ ПРОЕКТУВАННЯ

Вишнякова Є.В.,

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Алгоритми програмного забезпечення, що реалізуються безпосередньо в системі керування виконавчими механізмами рухомого об'єкта, як правило, моделюються в системах типу Simulink або подібних до них [1]. Така методика дозволяє врахувати особливості рухомого засобу в цілому та змодельовати вплив зовнішніх факторів, але при цьому не враховує особливості самих виконавчих механізмів, наприклад, наявність люфту при роботі сервоприводів чи необхідність підсилення керуючих впливів через особливості взаємодії сервоприводів із робочими поверхнями. Це створює першу проблему відстроювання алгоритмів програмного забезпечення систем керування рухомими об'єктами у повітряному просторі. Другою проблемою у функціонуванні систем керування є швидке й коректне отримання зворотного зв'язку (даних телеметрії) для визначення похибок, що обумовлюється загальними вимогами до систем керування [2]. При цьому з метою забезпечення цілісності та надійності роботи системи важливо провадити збір постійно, незалежно від поточного режиму керування – ручного або автоматичного, та обраного каналу зв'язку – основного чи резервного.

Постановка задачі. Оскільки проведення натурних випробувань апаратури не завжди можливо з огляду на метеочинники або певні технологічні проблеми, то з метою порівняння ефективності реалізації застосовуваних алгоритмів необхідно віднайти модель взаємодії реальної апаратури з математичною моделлю існуючого об'єкта. Також потрібно вирішити задачу визначення методів та каналів обміну телеметричною інформацією між стаціонарним пунктом керування та бортовим обладнанням. Обидві задачі необхідно вирішити таким чином, аби максимально прискорити процес відстроювання алгоритмів і програмного забезпечення, по можливості без розробки додаткових офісних чи тестових програм.

Результати досліджень. Для вирішення першої задачі застосовано комплекс, що складається з моделі об'єкту, реалізованої в середовищі Simulink, та плати керування сервоприводами, фізично зв'язаної з виконавчими механізмами. Моделююча програма здійснює видачу завдань по каналу RS232, система управління відпрацьовує отримані завдання та видає керуючі сигнали паралельно у двох напрямках: безпосередньо на сервоприводи, і назад до моделюючої програми з метою візуалізації отриманих даних. Такий комплекс дозволяє:

- 1) порівняти результати роботи «ідеальної» моделі з фактичною роботою алгоритмів, реалізованих в апаратній частині;
- 2) провести заміри мертвих зон сервоприводів та верифікувати алгоритми управління з урахуванням цього чинника;
- 3) приєднати робочі поверхні до сервомеханізмів, провести заміри фактичних кутів відхилення та скласти алгоритм визначення коефіцієнтів підсилення.

Результати роботи моделі об'єкту на першому етапі (без внесення уточнень до алгоритмів) без апаратної частини та моделі з апаратною частиною наведені на рис.1. Таким чином виявлено, що, хоча перехідний процес в напівнатурному комплексі відбувається довше та з більшим перерегулюванням, проте кінцевий результат досягається такий же, як і в моделі. Особливості роботи сервомеханізмів в подальшому будуть враховані при роботі каналів управління.

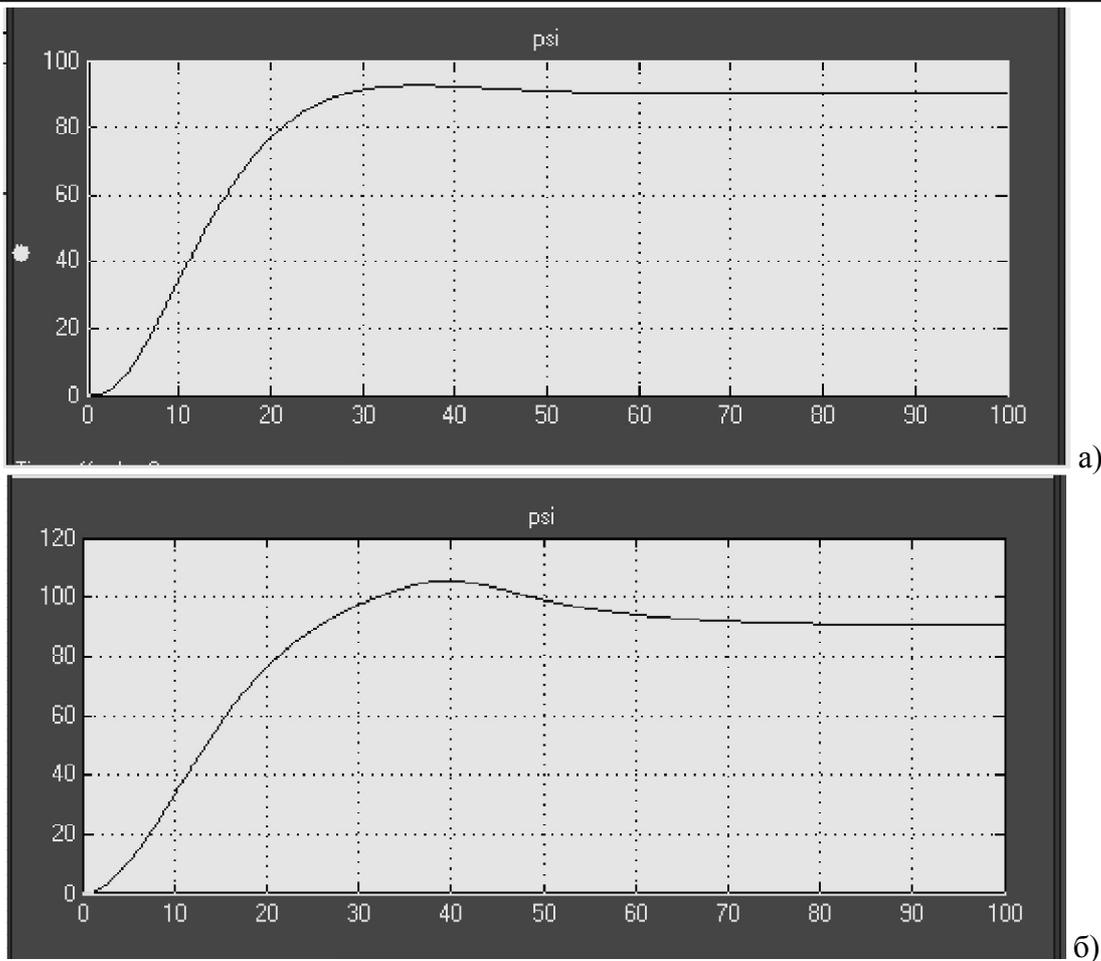


Рисунок 1 – Графіки зміни кута нахилу, отримані: а) – за допомогою математичної моделі; б) – комплексу відстроювання програмного забезпечення

З метою вирішення другої задачі (вибір оптимальних методів тестування каналів зв'язку та форматів пакетів обміну даними) було проведено аналіз існуючих систем, що використовують технологію «центрального пункту керування» – «бортовий прилад». Абсолютна більшість розробників таких систем (наприклад, Pararazzi[3], PIXHAWK[4]) йде шляхом створення офісного програмного забезпечення, орієнтованого на бортовий пристрій, специфічний в кожному випадку для кожного вищезгаданого продукту. Таким чином, хоча зовнішній інтерфейс офісних програм відрізняється не дуже сильно (як правило – це карти, на які наносяться траєкторії польотів, «бортові прилади» об'єкта, конфігураційне вікно та вікно налаштування засобів зв'язку для отримання даних телеметрії), та кожен виробник мусить створювати протокол обміну між офісною програмою та бортовим пристроєм самостійно. Крім того, такі проекти не дозволяють використовувати віртуальні бортові пристрої – симулятори рухомого об'єкту. На відміну від вищеназваних, проекти MicroPilot та OpenPilot розвиваються в напрямку уніфікації протоколів обміну між бортовими пристроями та офісними програмами «пункту управління» (ground station). Цей протокол [5] не залежить від конкретного типу бортового пристрою і спрямований на підтримання універсального обміну між офісною програмою OpenPilot ground station та бортовими пристроями будь-якої внутрішньої архітектури – єдиною вимогою до програмного забезпечення котрих є змога конвертувати у внутрішній формат із внутрішнього формату бінарні пакети певної структури. Таким чином розробник може:

- 1) не замислюватися над створенням персональної офісної програми центрального пункту керування;
- 2) мати змогу на ранніх стадіях проектування перевірити роботу різних технічних засобів зв'язку для отримання даних телеметрії;

3) за потребою згідно правил протоколу створити свій набір даних для обміну з офісною програмою та перевірити правильність пакетів за допомогою офісної програми та програми-симулятора, що входять до складу OpenPilot;

4) в подальшому за допомогою такої технології можна моделювати процес переходу від ручного режиму керування (симулятор) до автоматичного (бортовий пристрій).

Висновки. На етапі підготовки до натурних експериментів розроблено технологію напівнатурного тестування таких вузлів програмного забезпечення:

1) каналів управління сервомеханізмами за допомогою програмної моделі рухомого об'єкту та регуляторів, реалізованих на платі бортового пристрою. Дозволяє врахувати особливості як об'єкту, так і безпосередніх виконавчих механізмів;

2) каналів зв'язку, реалізованих на бортовому пристрої шляхом тестування взаємодії програмного забезпечення в частині збору інформації з офісною частиною;

3) початкове конфігурування програмного забезпечення в частині завдання траєкторії, налаштування датчиків, систем координат і т.п. шляхом взаємодії між офісним програмним забезпеченням та програмним забезпеченням бортового пристрою;

В процесі розвитку обрані технології дозволять врахувати особливості виконавчих механізмів та вдосконалити обрані алгоритми управління (в частині безпосереднього управління) та в частині обміну інформацією за потребою створити свій формат пакету обміну даними, що враховуватиме потреби проектованої системи та дозволить скоротити час обміну між офісною частиною та програмним забезпеченням бортового пристрою.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. – М. : Солон-Пресс, 2005. – 576 с.
2. Ричард Рид. Основы теории передачи информации. – М. : Вильямс, 2005. – 304 с.
3. Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://paparazzi.enac.fr/wiki/Software>
4. Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://qgroundcontrol.org>
5. Електронний ресурс. – Режим доступу: <http://wiki.openpilot.org/display/Doc/UAVTalk>

НАНОТРИБОЛОГИЯ ПРИ СОПРОТИВЛЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КОНТАКТОВ В МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАРАХ ТРЕНИЯ БАРАБАННО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Вольченко Д.А.,

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа (Украина),

Горюх Е.В.,

Бережанский агротехнический институт (Украина),

Снурников В.И.,

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
(Украина)

Введение. Возрастание плотности транспортных потоков способствует увеличению скоростей движения транспортных средств на свободных участках дороги. Безопасность их движения в значительной степени зависит от эффективности и энергоемкости металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов. К сожалению, последние не отвечают не только государственным стандартам по эффективности, но и правилу №13 ЕЭК ООН (Европейской экономической комиссии при Организации Объединенных Наций). Это связано с тем, что энергетические уровни поверхностных и приповерхностных слоев элементов трения (особенно фрикционных накладок) чрезвычайно высоки, при этом приповерхностный слой металлического элемента трения при торможении находится в квазистабильном состоянии, а полимерной накладки – в метастабильном.

Актуальность исследований. При исследовании металлополимерных пар трения существующих конструкций барабанно-колодочных тормозов и изучении особенностей их работы получены такие результаты:

- выявлены составляющие токов, генерируемых на микровыступах поверхностей трения при их контактно-импульсном взаимодействии, и их направления [1, 2];
- составлен баланс теплоты, аккумулируемой в поверхностных слоях пары трения «металл-полимер» [3];
- сформулированы условия предотвращения стабилизационного теплового состояния металлического элемента трения в зависимости от физико-химического состояния поверхностных и приповерхностных слоев полимерной накладки в интервале температур ниже и выше допустимой для ее материала [3];
- разработаны методы и средства повышения эффективности и энергоемкости металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов транспортных средств [3, 4].

Однако, в работах [1-4] не учитывалось электрическое сопротивление различных типов контактов металлополимерных пар трения.

Постановка задач. Исходя из актуальности исследований, сформулированы такие задачи:

- предложить для пар трения «металл-полимер» различные типы контактов с неодинаковыми энергетическими уровнями;
- оценить энергетические уровни различных типов контактов при импульсном взаимодействии их микровыступов.

Результаты исследований.

В процессе работы металлополимерных пар трения барабанно-колодочных тормозов (как и в других фрикционных системах) возможно одновременное взаимодействие рабочей поверхности фрикционной накладки с:

- ювенильной и неювенильной поверхностью обода тормозного барабана;
- окисными и неокисными пленками поверхности обода тормозного барабана;

- перенесенням на обод тормозного барабана слоем фрикционного материала.

Вид взаимодействия пары трения «металл-полимер» определяет тип контакта и его энергетический уровень (рис. 1 а, б, в). При этом основной характеристикой энергетического уровня любого типа контакта является работа выхода электронов из приповерхностного слоя металлического обода тормозного шкива (W_M) и ионов из приповерхностного слоя полимерной накладке (W_{II}). Указанные величины определены в [3].

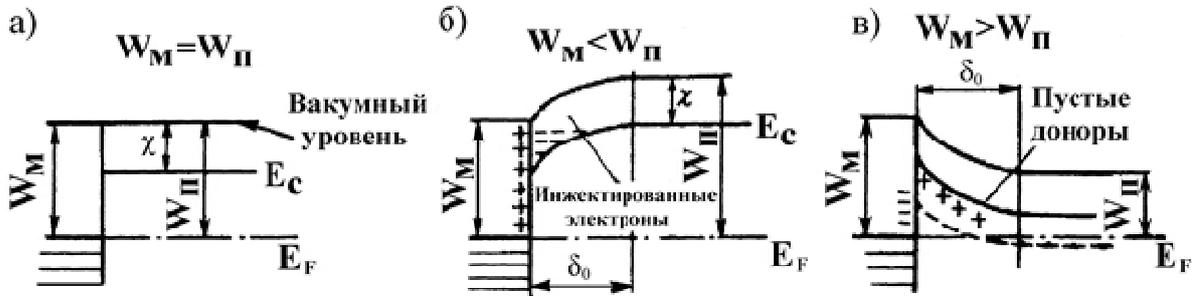


Рисунок 1 а, б, в - Энергетические уровни для пар трения «металл-полимер» с различными типами контактов:

а – нейтральный; б – омический или инжектирующий; в – блокирующий: E_C , E_F - энергетические уровни критического движения и Ферми; W_M , W_{II} - работы выхода электронов и ионов из металла и полимера; δ_0 - толщина обогащенного (б) и обедненного (в) электронами слоя; χ – электронное средство

Материалы элементов пары трения барабанно-колодочного тормоза относятся к неоднородным, в объеме которых сосуществуют аморфные и кристаллические фазы. В них возникает захват иного рода – на межфазных границах. Особенно это заметно когда происходит выгорание связующих компонентов из приповерхностного слоя полимерной накладке, что приводит к образованию жидких островков на ее поверхности. Жидкость является своего рода электролитом, сопротивление которого резко уменьшается в зависимости от степени его нагретости. Накапливание зарядов на границах обусловлено разницей в проводимостях рассматриваемых фаз (эффект Максвелла-Вагнера). При электризации такого материала носители будут или собираться вблизи данной межфазной границы, или, наоборот, уходить с нее в зависимости от того, какой из двух токов проводимости больше: притекающих к границе зарядов или уходящих от нее. Различия в локальных токах проводимости приводят также к диссипации зарядов при последующем проведении термостимулированных разрядов, так как в этом случае токи текут уже в противоположных направлениях.

Для процессов нейтрализации зарядов немаловажную роль играют также свойства контактов взаимодействия.

На рис. 1 а, б, в условно показано различие между нейтральными, омическими и заблокированными контактами. Нейтральные контакты не препятствуют нейтрализации зарядов, поступающих из приповерхностного слоя металлического элемента трения в течение термостимулированного разряда. То же можно сказать и об омических (инжектирующих) контактах, хотя в этом случае добавляется возможность инжекции носителей зарядов противоположного знака внутрь заряженной поверхности накладке. Блокирующие контакты действуют противоположным образом: они препятствуют как инжекции, так и нейтрализации зарядов. Таким образом, если контакты заблокированы, нейтрализация должна протекать внутри металлического элемента трения, не зависимо от того, будет ли данный контакт инжектирующим электроны или блокирующим. Все зависит только от того, какая из работ выхода электронов или ионов больше: металлического или полимерного элементов. Если работа выхода из металлического

элемента трения больше, чем из полимерного, образуется блокирующий барьер. Наличие последнего позволяет изучать методом термостимулированного разряда полуизоляторы и полупроводники, которым свойственны большие токи проводимости.

Процессами внутренней релаксации заряда в поверхностном слое полимерной наклейки управляют явления проводимости. Последние определяются такими характеристиками: подвижностью носителей и их концентрацией; условиями инъекции зарядов на пятнах контакта и т.д.

В полимерных материалах, способных длительно удерживать заряд, присутствуют центры захвата носителей, подвижность которых подавляется процессами захвата. Они оказывают воздействие и на процессы проводимости. Помимо собственных носителей заряда в поверхностном слое полимерной наклейки присутствуют и посторонние носители – электроны, инжектируемые в тело выступа металлополимерной пары трения.

При исследовании контактно-импульсной проводимости на пятне взаимодействия микровыступов необходимо отличать переходные процессы от стационарных. Это вызвано тем, что при излучении проводимости или подвижности носителей не удастся осуществлять одновременный контроль за распределениями зарядов в приповерхностном слое полимерной наклейки и на ее рабочей поверхности, что обусловлено отсутствием их структурной однородности и чистоты.

На подвижность носителей заряда в указанных слоях оказывает влияние наличие в них различных состояний – свободных (делокализованных) и связанных. Последние состояния могут возникать на мелких и глубоких уровнях захвата, расположенных по слоям наклейки. Движение ионов вблизи пятна контакта (зоны проводимости) представляет собой квантово-механическое туннелирование между делокализованными состояниями, расположенными по шкале энергии выше предела подвижности. Этот процесс происходит без какой-либо термической активации, и отвечающие ему подвижности зарядов оказываются относительно высокими – около $10 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ [5]. Для движения заряда, захваченного мелким уровнем, расположенным по шкале энергии ниже предела подвижности, необходимо определенное количество аккумулированной тепловой энергии, превращенной из генерируемой электроимпульсной энергии при трении. Процесс движения таких зарядов становится термоактивационным и сводится к последовательным их перетокам между локализованными состояниями. В этом случае подвижность зарядов на порядок ниже [около $10^2 \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$]. Время захвата носителей на глубоком уровне оказывается очень большим и их подвижность при этом резко падает [до 10^{-10} - $10^{-17} \text{ см}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$].

Во многих полимерных материалах, не обладающих энергетически сильными носителями, их можно создать посредством инъекции через пятно контакта микровыступа металлического элемента трения. Если приток носителей вследствие инъекции превышает поток частиц, переносимых через полимерную пленку наклейки, то происходит ограничение токов полем образующегося пространственного заряда. В обратном случае токи определяются интенсивностью инъекции из металлических пленок пятна контакта.

Диэлектрические потери в приповерхностном слое полимерной наклейки, находящемся в переменном электрическом поле при трении, представляют собой рассеиваемую мощность, т.е. энергию, генерируемую электрическим полем.

Различают две причины необратимых потерь энергии электрического поля в приповерхностном слое полимерной наклейки: за счет нагревания токами сквозной проводимости и замедленных видов поляризации.

Согласно закону Джоуля-Ленца протекание тока сквозной проводимости приводит к выделению теплоты в приповерхностном слое наклейки, при этом имеют место необратимые потери энергии внешнего поля.

При контактно-импульсном взаимодействии микровыступов поверхностных слоев элементов трения металлополимерной пары формируются термоэлементы, включающие в

себя полупроводники с p - n переходом. Они объединяются в микротермобатареи, которые обладают токовывпрямляющими свойствами. Прямое направление потенциального барьера поверхностного слоя металлического элемента трения связано с градиентом напряжения при условии, что внешнее напряжение перемещает электроны влево, а противоположное направление выполняет функции запирающей зоны. Однако для осуществления выпрямляющих свойств обязательно, чтобы n - p проводники были разделены связующими компонентами термоэлементов. В практике принято вводить в полупроводник (термоэлемент) доноры и акцепторы, образуя, таким образом, p - n переход где-то внутри термоэлемента, который является уже отдельной микротермобатареей. Так, например, германиевый пленочной слой может быть снабжен индиевым электродом с одной и сурьмяным слоем с другой стороны. Затем его нагревают так, чтобы атомы электродов диффундировали внутрь германиевой решетки. В результате этого атомы индия становятся акцепторами (принимающими), а атомы сурьмы – донорами (отдающими) (см. рис. 1 в). Такая рекомбинация электронов и дырок в пленочных микротермобатареях позволяет изменять градиент напряжения как во внутренней, так и во внешней цепи за счет диффузионных токов, которые влияют на работу выхода электронов из металлического элемента трения. Это обстоятельство указывает на новый подход к выбору материалов пары трения с учетом энергетического уровня их поверхностных и приповерхностных слоев.

Выводы. Доказано, что при выборе материалов элементов трения пары «металл-полимер» для барабанно-колодочных тормозов автотранспортных средств необходимо учитывать энергетические уровни их поверхностных и приповерхностных слоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2459986 России, МПК F16D 65/82, F16D 51/10. Способ определения составляющих электрических токов в парах трения «полимер-металл» барабанно-колодочного тормоза при их нагревании в стендовых условиях (варианты) / А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, И.В. Бачук, А.Н. Горбей, П.А. Поляков; заявитель и патентообладатель Ивано-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. – Заявл. 26.02.2010. Оpubл. 27.08.2012, Бюл.№24.
2. Пат. 2462628 России, МПК F16D 65/82, F16D 51/10. Способ определения направлений составляющих электрических токов в парах трения «полимер-металл» барабанно-колодочного тормоза при их нагревании в стендовых условиях / А.И. Вольченко, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, И.В. Бачук, А.Н. Горбей, П.А. Поляков; заявитель и патентообладатель Ивано-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. – Заявл. 19.04.2010. Оpubл. 27.09.2012, Бюл.№27.
3. Вольченко Д.О. Наукові основи керування зносо-фрикційними властивостями металополімерних пар тертя гальм для запобігання термостабілізаційного явища: дис... докт. техн. наук: 05.02.04 / Вольченко Дмитро Олександрович. – Київ, 2012. – 424 с.
4. Пат. 2460913 России, МПК F16D 65/833, F16D 51/10. Барабанно-колодочный тормоз / А.И. Вольченко, В.М. Павлиский, Н.А. Вольченко, Д.А. Вольченко, Я.Б. Сторож, П.А. Поляков; заявитель и патентообладатель Ивано-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. – Заявл. 21.06.2010. Оpubл. 10.09.2012, Бюл.№25.
5. Поплавко Ю.М. Физика активных диэлектриков / Ю.М. Поплавко, Л.П. Переверзева, И.П. Раевский. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета, 2000. – 480 с.

ФОРМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ МОДЕЛІ АВІАЦІЙНОГО ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА

Єнчев С.В., Таку С.О.,

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Попередня підготовка даних для навчання НМ є ефективним засобом отримання адекватних НМ-моделей. Існує кілька різних способів попередньої обробки експериментальних даних з метою отримання найбільш значимої інформації. До них відносяться фільтрація, видалення надлишкових даних і викидів сигналів.

Фільтрація. Фільтрація широко використовується для видалення з експериментальних даних небажаних шумів, періодичних збурень.

Видалення надлишкових даних і викидів сигналів. Іноді велике число пар вхід-вихід відносяться до однієї і тієї ж ділянки робочого діапазону системи і домінують в експериментальній множині. Крім тривалого навчання, це є причиною неадекватності моделі, оскільки кінцева модель представляє собою систему тільки в деякій області робочого діапазону. Видалення надлишкових даних зменшує навчальну множину, роблячи їх більш репрезентативними, що позитивно позначається на якості НМ-моделі.

До попередньої обробки даних також необхідно віднести *масштабування*. Це пояснюється тим, що:

- зазвичай сигнали мають різну розмірність, і сигнали з максимальною амплітудою стають домінуючими при побудові нейромережевої моделі;
- масштабування позитивно позначається на обчислювальній здатності алгоритмів навчання НМ;
- при використанні масштабованих даних виходять більш точні НМ-моделі [1].

Як і їхні біологічні прообрази, НМ можуть навчатися, тобто поліпшувати свою роботу під впливом середовища, що змінює її параметри. Існує безліч визначень терміну «навчання», однак стосовно НМ найбільш підходить наступне, дане Менделем і Маклареном :

Навчання – це процес, при якому вільні параметри нейронної мережі адаптуються в результаті її безперервної стимуляції зовнішнім оточенням Тип навчання визначається тим способом, яким виробляються зміни параметрів.

Відомі три парадигми навчання: «з учителем», «без вчителя» (самонавчання) і змішана [2]. У першому випадку нейронна мережа має в своєму розпорядженні правильні відповіді (виходи мережі) на кожен вхідний приклад. Ваги налаштовуються таким чином, щоб мережа виробляла відповіді, як можна більш близькі до відомих правильних відповідей. Навчання без вчителя не вимагає знання правильних відповідей на кожен приклад навчальної вибірки. У цьому випадку розкривається внутрішня структура даних або кореляції між зразками в системі даних, що дозволяє розподілити зразки за категоріями. При змішаному навчанні частина ваг визначається за допомогою навчання з учителем, в той час як інша виходить за допомогою самонавчання.

Як вже зазначалося, побудова НМ-моделі ГТД заснована на використанні апріорної інформації або експериментальних даних «вхід-вихід» ГТД. Отже, єдино прийнятним варіантом навчання НС є «навчання з учителем».

ЛІТЕРАТУРА

1. Терехов С. А. Нейросетевые информационные модели сложных инженерных систем. – В кн.: Нейроинформатика / А. Н. Горбань, В. Л. Дунин-Барковский, А. Н. Кирдин и др. – Новосибирск : Наука, Сибирское предпр-ие РАН, 1998. – 296 с
2. Волов А. Н. Нейросимуляция // Компьютера. – 2002. – №20. – С. 24-29.

ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

Єнчев С.В., Товкач С.С.,
Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Газотурбінний двигун (ГТД) як відновлюваний об'єкт протягом терміну служби вимагає постійного моніторингу, трудомісткість якого залежить від рівня автоматизації процесів отримання, обробки, зберігання, документування інформації про поточний стан авіаційного двигуна, а також контролю, діагностики, прогнозування його технічного стану, послідовність і методи виконання яких визначають інформаційну технологію моніторингу (ІТМ). Засобом їх реалізації є розподілені системи моніторингу, на які покладається задача визначення ступеня відповідності об'єкту моніторингу пропонованим вимогам, тобто контролю його технічного стану.

Розподілена система моніторингу являється логічним доповненням ІТМ, так як спільно з останньою здійснює аналіз фактичного технічного стану ГТД: прогнозування залишкового ресурсу, відстежує деградацію робочих характеристик авіаційного двигуна, визначає програму ремонтно-відновлювальних робіт і т. д. [1].

Разом з тим, незважаючи на значний обсяг досліджень в даних областях, інформаційні технології моніторингу технічного стану ГТД не є досконалими з ряду причин, основними з яких є, з одного боку, роз'єднаність баз даних випробувань, контролю та діагностики, відсутність інтелектуальних компонентів, що дозволяють якісно і ефективно здійснювати підтримку прийняття відповідальних рішень і, як наслідок, зменшувати загальний час, що витрачається на обслуговування ГТД, з іншого боку, нестаціонарність фізичних процесів в авіаційному двигуні, складність його математичного опису, залежність технічних характеристик двигуна від зовнішніх умов роботи, обмежений склад вимірюваних термогазодинамічних параметрів двигуна і т. д. Зазначені фактори призводять до необхідності прийняття рішень про технічний стан двигуна в умовах істотної невизначеності.

Актуальність досліджень. Слід зазначити, що використання нейронних мереж (НМ) для моделювання в умовах невизначеності є складним. Ефективний інструмент для подібного моделювання дає теорія нечітких множин. На даний момент нечітка логіка розглядається як стандартний метод моделювання та проектування. У 1997 р. мова нечіткого керування (Fuzzy Control Language) внесена до Міжнародного стандарту програмованих контролерів ІЕС 1131-7.

Системи на нечітких множинах розроблені й успішно впроваджені в таких галузях, як: медична діагностика, технічна діагностика, фінансовий менеджмент, управління персоналом, біржове прогнозування, розпізнавання образів, виявлення шахрайства, управління комп'ютерними мережами, управління технологічними процесами, управління транспортом, логістика, пошук інформації, радіозв'язок та телебачення. Спектр додатків дуже широкий – від побутових відеокамер, пилососів і пральних машин до засобів наведення ракет протиповітряної оборони і управління бойовими вертольотами і літаками. Практичний досвід розробки систем на нечітких множинах свідчить, що терміни і вартість їх проектування значно нижче, ніж при використанні традиційного математичного апарату. При цьому забезпечуються необхідні рівні якості. Батько нечіткої логіки Лотфі Заде якимось з цього приводу зауважив, що «майже завжди можна зробити такий же самий продукт без нечіткої логіки, але з нечіткою буде швидше і дешевше» [2].

Нечітка логіка. Структурна схема системи нечіткого логічного виводу наведена на рис. 1 [2]. Позначення:

x – вхідний чіткий вектор;

\bar{x} – вектор нечітких множин, відповідний вхідному вектору x ;
 \bar{y} – результат логічного виводу у вигляді вектора нечітких множин;
 y – вихідний чіткий вектор.

Загальний логічний вивід здійснюється, як правило, за наступні 4 етапи.

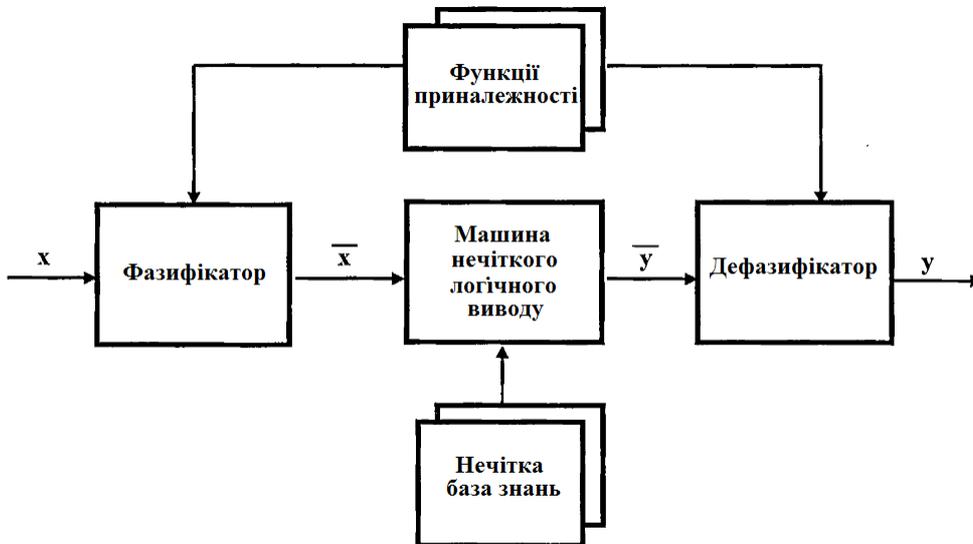


Рисунок 1 – Структурна схема системи нечіткого логічного виводу

1. Введення нечіткості (фазифікація). Функції приналежності, визначені на вхідних змінних, застосовуються до їх фактичних значень для визначення ступеня істинності кожної передумови кожного правила.

2. Логічний вивід. Обчислене значення істинності для передумов кожного правила застосовується до виводів кожного правила. Це призводить до однієї нечіткої підмножини, яке буде призначене кожною змінною виводу для кожного правила. В якості правил логічного виводу зазвичай використовуються тільки операції *min* (МІНІМУМ) або *prod* (МНОЖЕННЯ). У логічному виводі МІНІМУМУ функція приналежності виводу «відсікається» по висоті, що відповідає обчисленій ступені істинності передумови правила (нечітка логіка «І»). У логічному виводі МНОЖЕННЯ функція приналежності виводу масштабується за допомогою обчисленої ступені істинності передумови правила.

3. Композиція. Всі нечіткі підмножини, призначені до кожної змінної виводу (у всіх правилах), об'єднуються разом, щоб сформуванати одну нечітку підмножину для кожної змінної виводу. При подібному об'єднанні зазвичай використовуються операції *max* (МАКСИМУМ) або *sum* (СУМА). При композиції МАКСИМУМА комбінований вивід нечіткої підмножини конструюється як поточковий максимум по всіх нечітких підмножинах (нечітка логіка «АБО»). При композиції СУМИ комбінований вивід нечіткої підмножини формується як поточкова сума по всіх нечітких підмножинах, призначеним змінній виводу правилами логічного виводу.

4. Приведення до чіткості, дефазифікація. Використовується, коли корисно перетворити нечіткий набір виводів у чітке число.

На практиці використовуються алгоритми виводу Мамдані (Mamdani), Цукамото (Tsukamoto), Сугено (Sugeno), Ларсена (Larsen) [3].

Реалізація FDI-методу з прийняттям рішення на основі нечіткої логіки. На рис. 2 показаний процес формування (наповнення) баз даних дефектів, а також реалізація FDI-методу (Fault Detection and Identification) в середовищі експертної системи. При цьому в процесі формування бази даних (БД) дефектів мається на увазі, що користувач попередньо «налаштував» сформовану ним з окремих понять (компонентів) у концептуальній БЗ математичну модель ГТД. У процесі роботи з даною компонентною математичною моделлю він на етапі її адаптації в середовищі експертних систем по

відомим вхідним параметрам формує еталонний вектор даних, які характеризують бездефектний стан останньої. Еталонний вектор даних зберігається у вбудованій БД експертних систем у вигляді «атрибут – значення». Далі вирішується «пряма» задача: по відомому дефекту знаходяться відхилення від еталонного стану. Для цього користувачем у компоненти математичної моделі вносяться характерні дефекти. Розрахунки, проведені по математичній моделі з попередньо внесеними дефектами, формують на її виході відповідний вектор параметрів, порівняння якого з еталонним дає вектор відхилень (факти), який у якості статистичного матеріалу заповнює БД дефектів.

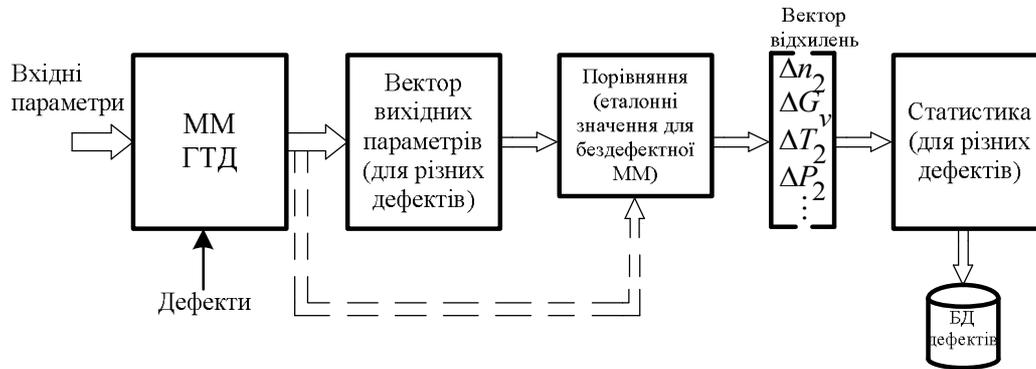


Рисунок 2 – Процес формування бази даних дефектів

Реалізація FDI-методу в середовищі експертної системи (рис. 3) передбачає рішення «зворотної задачі»: по вектору відхилень, на конкретному режимі роботи ГТД, здійснюється локалізація дефекту з прийняттям відповідного рішення. Для цього дані з БД випробувань ГТД (вхідні параметри) подаються на вхід компонентної математичної моделі, а потім вектори вихідних параметрів моделі і даних зі штатних датчиків на стенді (попередньо оброблених і записаних в БД випробувань) порівнюються. У результаті виходить вектор відхилень, аналіз якого базою нечітких правил експертних систем формує відповідне діагностичне рішення про фактичний технічний стан авіаційного двигуна з рекомендаціями щодо його експлуатації. Таким чином, математична модель є додатковим інформаційним каналом для передачі діагностичної інформації.

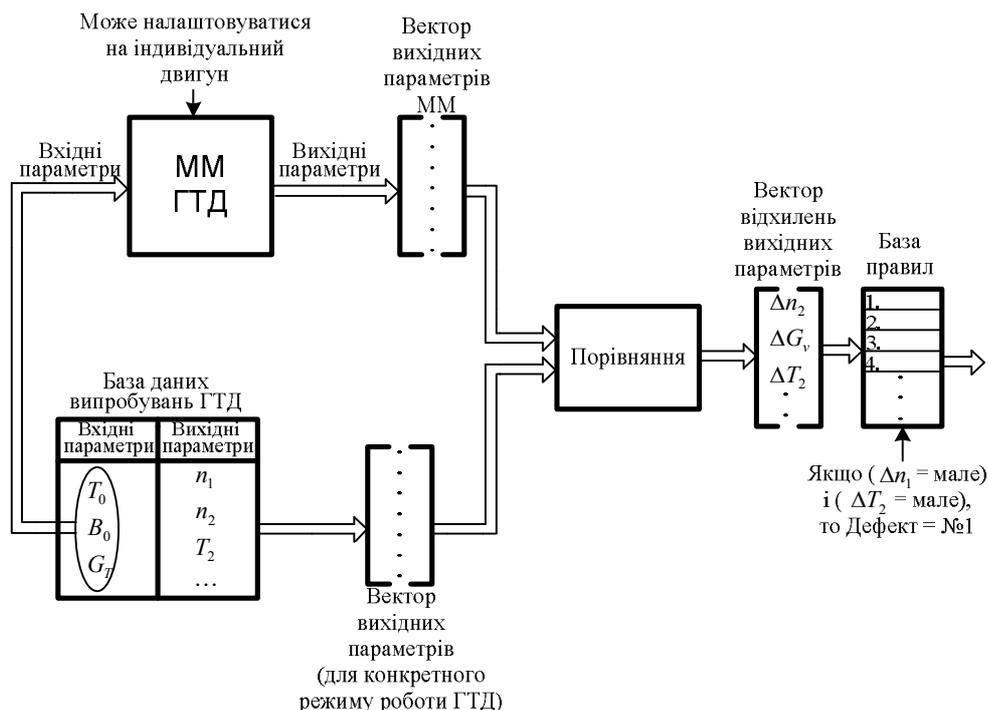


Рисунок 3 – Реалізація FDI-методу з прийняттям рішень на основі нечіткої логіки

В рамках FDI-методу, згідно рис. 2 і 3, налаштована на індивідуальний авіаційний ГТД компонентна математична модель була адаптована в БЗ експертної системи. Далі на цій моделі були отримані: вектор еталонного стану ГТД і вектори, що характеризують дефектний стан двигуна. У процесі порівняльного аналізу еталонного і дефектних векторів були отримані вектори відхилень (нев'язок), що утворюють базу даних дефектів (статистика по різних дефектах), на основі якої була розроблена експертна база знань, яка реалізує алгоритми прийняття рішення.

Висновок. Запропонований спосіб вирішення задач контролю і діагностики ГТД на основі FDI-методу припускає, що на відміну від існуючих класичних методів, які використовують жорсткі допуски на контролювальні і діагностувальні параметри, а також жорсткі межі варіювання коефіцієнтів, застосовувати правила нечіткої логіки, засновані на адаптації розрахункової математичної моделі реальному ГТД з урахуванням конкретних зовнішніх умов, а також знань і досвіду експертів для прийняття правильних рішень про технічний стан двигуна.

Застосування методів теорії нечітких множин для ідентифікації математичних моделей ГТД являється новим напрямком в розвитку ММ ГТД.

Елементи нечіткої логіки доцільно використовувати спільно з нейронними мережами, а також з такими класичними методами, як [3]:

- метод діагностичних матриць (матриць Л. А. Урбана);
- варіювання коефіцієнтів параметрів стану двигуна, з метою мінімізації невіязок між вимірними і розрахунковими параметрами ГТД.

Проте варто окремо відзначити недоліки та обмеження нейронних мереж і нечітких систем, які необхідно брати до уваги при проектуванні систем.

Основними недоліками апарату нейронних мереж є:

- 1) відсутність суворої теорії за вибором структурної схеми нейронної мережі;
- 2) складність виділення набутих знань з навченої нейронної мережі.

Основні недоліки систем з нечіткою логікою пов'язані з тим, що:

- 1) початковий набір постулюючих нечітких правил формулюється експертом-людиною і може виявитися неповним або суперечливим;
- 2) вид і параметри функцій приналежності, що описують входні і вихідні змінні системи, вибираються суб'єктивно і можуть виявитися не цілком відображаючими реальну дійсність.

Тому з'являється перспектива розвитку апарату гібридних мереж, в яких виводи робляться на основі апарату нечіткої логіки, але відповідні функції приналежності налаштовуються з використанням алгоритмів навчання нейронних мереж. Такі системи не тільки використовують апіорну інформацію, але й можуть набувати нові знання і для користувача є логічно прозорими. На їх основі можна виконувати нечіткі експертні та керуючі системи адаптивними – коректуючи по мірі роботи системи та правила і параметри функцій приналежності. Подальше дослідження пропонується розвивати в напрямку практичної реалізації даної методики для конкретних ГТД.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жернаков С. В. Интеллектуальный мониторинг и диагностика параметров газотурбинного двигателя гибридными экспертными системами / С. В. Жернаков // Автоматизация и современные технологии. – М. : Машиностроение, 2001. – № 12. – С. 16-22.
2. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 288 с.
3. Mamdani E. H. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis / E. H. Mamdani. – IEE Transactions on Computers, 2003. – Vol. 26. – № 12. – P. 1292-1302.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТОВ

Захарченко В.А., Енчев С.В., Ильенко С.С., Козуб В.В.,

Национальный авиационный университет

(Украина, г. Киев)

В современном мировом авиастроении в результате длительных и глубоких исследований вопросов повышения безопасности полётов (БП) и эффективности эксплуатации воздушных судов (ВС), включая и совместные работы в рамках стран-членов ИКАО, отчетливо наметились общие тенденции понимания сложных физических механизмов реализации лётно-технических и эксплуатационно-технических характеристик (ЛТХ и ЭТХ) через раскрытие внутренних свойств (строения, функционирования, адаптации и развития) систем и ВС в целом на жизненном цикле (ЖЦ), т.е. на этапах <проектирование> → <серийное производство> → <эксплуатация>. Обеспечение требуемых ЛТХ и ЭТХ ВС реализуется на всех этапах его существования и определяется комплексом требований к свойствам функциональных систем и их параметрам, носящих зачастую противоречивый характер (устойчивость и управляемость; высокие показатели надёжности и живучести, минимальная масса, габариты и стоимость; требуемая точность и устойчивость динамических процессов и т.д.).

Комплексной характеристикой любой технической системы является *эффективность*, как мера целесообразности вариантов построения структур систем и методов их эксплуатации с целью выбора наиболее рациональной. В масштабах гражданской авиации (ГА) страны эффективность характеризует результативность отрасли в целом.

Количественной оценкой эффективности служат её показатели как мера эффективности

$$E = f(X, Y) \quad (1)$$

где $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор переменных состояний системы, с помощью которых возможно изменение её (повышение) показателей;

$Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ – вектор постоянных состояний системы, но влияющих на количественные её характеристики.

Взаимосвязь параметров сложных систем и воздействующих факторов (1) не всегда явна и определена, поэтому для оценки эффективности функциональных систем используется ряд показателей, причем для разных этапов ЖЦ их «вес» различен. К таким показателям можно отнести: C – показатель сложности системы; Q – показатель качества (точность, быстродействие, колебательность и др.); I – помехозащищенность; A – показатель адаптивности системы к условиям эксплуатации; M – показатель эргономичности; R – показатель надёжности. Таким образом, в общем случае эффективность функциональных систем

$$E = E(C, Q, I, A, M, R). \quad (2)$$

Показатели эффективности (2) взаимно коррелированы, связаны между собою неоднозначно и зависят от условий полёта. В задачах повышения БП и эффективности эксплуатации они могут быть сведены к показателям надёжности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность, отказобезопасность и др.) или к комплексным показателям надёжности (коэффициент готовности). Применительно к функционированию конечного звена «экипаж – ВС», непосредственно влияющего на БП, используют показатели: безотказность и отказобезопасность.

Безотказность (по ГОСТ 27.002-89) характеризуется как свойство технической системы сохранять работоспособность в ожидаемых условиях эксплуатации в течение наработки [1].

Отказобезопасность – свойство системы «экипаж – ВС» сохранять работоспособность при неисправностях и отказах авиатехники за счёт правильного взаимодействия человеко-машинных факторов. Иными словами – это свойство экипажа полностью или частично парировать отказы авиатехники, не допуская их развития в сторону особых полётных ситуаций.

Предметом рассмотрения является комплексная проблема создания теоретических основ и методов повышения системной эффективности функционирования бортовых систем ВС с позиций методологии программирования ЖЦ, а именно, эффективности исследования, проектирования, сертификации производства и эксплуатации. Информационная основа интеграции автоматизированного проектирования в соответствии со стадиями ЖЦ представляет собой одно из основных направлений программирования ЖЦ, т.е. её техническую стратегию.

Применительно к ЖЦ функционирования бортовых систем и ВС в целом (рис. 1) можно выделить этапы ЖЦ: реализационный период, производственный цикл, период полезной жизни авионики, а также периоды экономической эффективности (назначенный период, реновация объекта, комплексный период и другие «экономические» этапы ЖЦ) [2].

Этапы ЖЦ включают последовательность периодов <проектирование (НИР, ОКР)> → <сертификация> → <серийное производство> → <эксплуатация>. Реализационный период ЖЦ включает период от замысла до начала серийного производства, а от начала серийного производства до списания (снятия с эксплуатации) – период полезной жизни. Применительно к этапу серийного производства, т.е. периоду пребывания системы (ВС в целом) в производственном процессе от начала изготовления до выпуска в готовом виде к эксплуатации соответствует понятие – производственный цикл.

Анализируя современные тенденции развития сложных технических систем, (в том числе бортовые системы и ВС), можно выделить следующие наиболее характерные закономерности:

1. В соответствии с темпами НТП период полезной жизни внутри ЖЦ сокращается.

2. Реализационный период ЖЦ возрастает, также как и затраты, что обусловлено усложнением воплощения задач повышения БП и эффективности функционирования систем и ВС в целом.

3. Проведение широкомасштабных сертификационных исследований на периоде реализации ЖЦ, когда 70-80 % оборудования и ВС в целом (достигнутый уровень сертификации) удастся сертифицировать до первого испытательного полёта ВС за счёт использования математического, полунатурного и физического моделирования, лётных испытаний динамоподобных моделей, опережающих стендовых эксплуатационных испытаний, макетирования и др.

4. Существенное сокращение срока проведения лётных испытаний систем и ВС за счёт проведения сертификационных исследований, использования необходимого количества ВС для испытаний и современных средств сбора и обработки послеполётной информации. Основная информация о темпах сертификационных испытаний современных ВС приведена в табл.1. Среднестатистическое количество испытательных полётов находится в интервале 1350...1500 полётов.

5. Использование современных методов планирования по ЖЦ и предшествующему ему этапу прогнозирования ЖЦ. Дальнейшее раскрытие и понимание механизмов реализации ЛТХ и ЭТХ через внутренние свойства строения, функционирования, адаптации и развития бортовых систем и ВС на жизненном цикле.

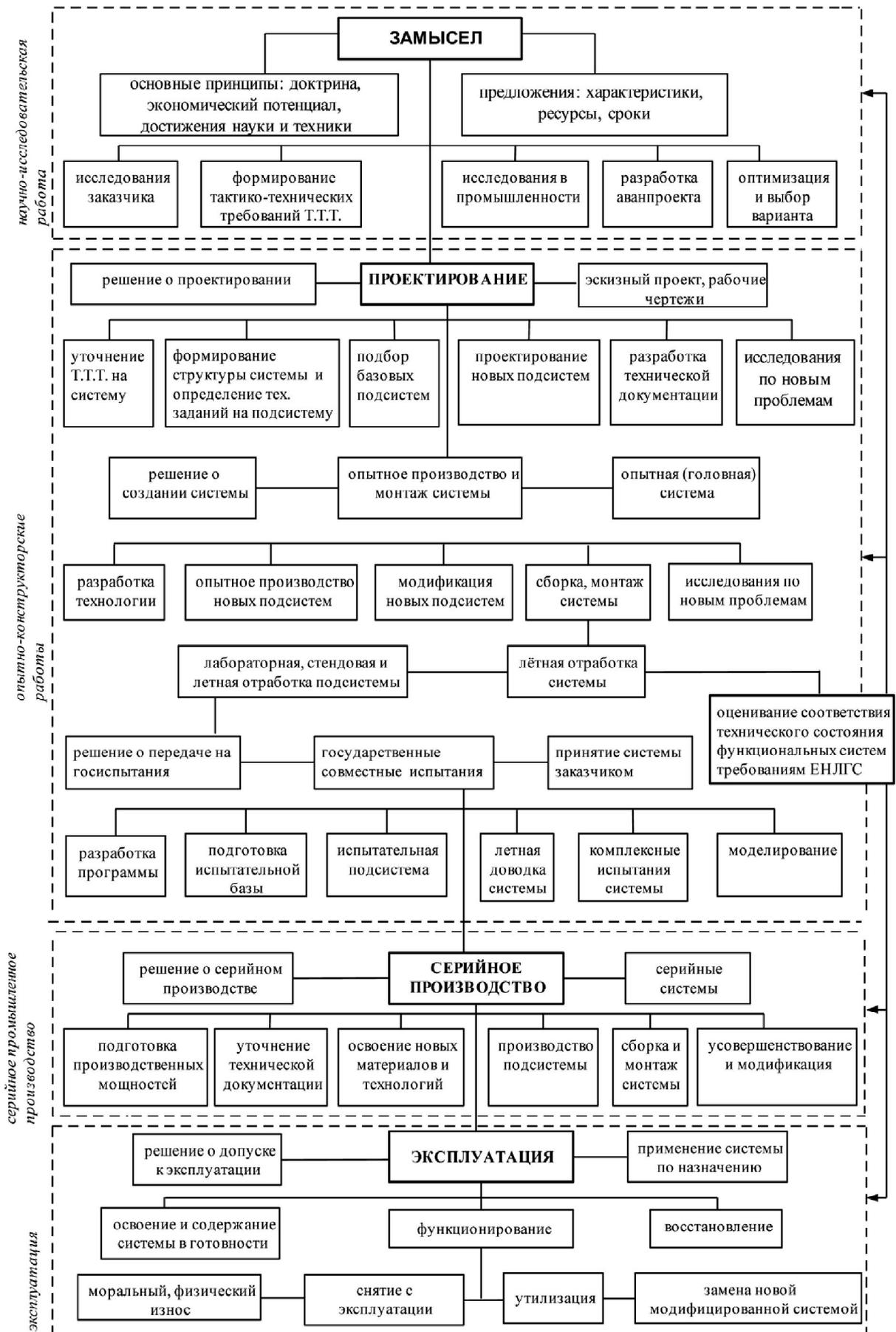


Рисунок 1 – Основные этапы жизненного цикла функционирования систем ВС

6. Разработка основных принципов создания интегрированных автоматизированных систем управления (ИАСУ) с целью внедрения программированной эксплуатации, что возможно при приоритете этапа проектирования в реализации требуемых ЛТХ и ЭТХ ВС и др.

Таблица 1 – Темпы проведения сертификационных испытаний отечественных и зарубежных воздушных судов

Тип ВС Показатели испытаний	Ил-86	Як-42	Ил-96-300	В-747	L-1011	DC-10	A-320	АН-72	АН-124	АН-225	АН-70
Количество ВС на испытаниях (шт.)	3	2*	3	5	6	5	5	6	3	1	1
Среднемесячный налёт (ч)	40	38	55	120	140	110	114	60	15	15	50
Темпы поступления ВС на испытания (мес.)	11	7	5,3	1,3	1,1	-	1,6	1,6	1	-	-
Период проведения испытаний (мес.)	48	60	36	12	12	14,5	14	36	18	18	-

Отличительные особенности сертификационных испытаний ВС за рубежом:

1. Завершение сертификации авиадвигателей и основных комплектующих изделий до первого вылета.
2. Глубокая лабораторная и стендовая отработка агрегатов и систем до начала лётных испытаний.
3. Предоставление достаточного числа ВС для лётных испытаний.
4. Применение современных средств сбора и обработки результатов лётных испытаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. ГОСТ 27.002-89. – М. : Издат. стандартов, 1990.
2. Захарченко В. А. Системная модель реализации принципа отказоустойчивости авионики высокой степени целостности и готовности на жизненном цикле / В. А. Захарченко, В. М. Воробьев, С. В. Енчев и др. // Проблемы інформатизації та управління. – 2005. – Вип. 3(4). – С. 31-42.

АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЕРТОЛЕТА ОТНОСИТЕЛЬНО ОБЪЕКТА НАВЕДЕНИЯ ПО УСКОРЕНИЮ

Казак В.Н., Лозинская А.Г., Бабенко А.Е., Горбач О.К.,
Национальный авиационный университет
(Украина, г. Киев)

Вступление. Теоретические достижения и практические испытания подтвердили, что на сегодняшний день существует закон наведения, который существенно повышает точность по сравнению с другими методами наведения. Данный метод полученный с помощью линейно-квадратичного принципу (ЛКП).

Актуальность исследования. Точность метода ЛКП состоит в том, что наведение зависит от продолжительности полета летательного аппарата (вертольота) до момента встречи с объектом наведения (кораблем), а также положения, скорости и ускорения корабля относительно вертолета. В связи с этим данному методу позволяет оценить математическую модель наведения по разным параметрам.

Постановка задания. Получить информацию, необходимую для реализации ЛКП-наведения, можно двумя способами. Первый заключается в повышении точности измерений и использовании дополнительных бортовых информационных элементов. Но рост стоимости, габаритов и массы делают этот способ нецелесообразным. Более того, ускорение корабля не может быть измеренным непосредственно. Второй способ является программным и не обладает вышеперечисленными недостатками.

Результаты исследования. Существенные достижения в теории оценивания, а также огромные успехи в развитии вычислительной техники позволяют реализовывать весьма сложные алгоритмы, без увеличения числа и типов информационных датчиков. Наибольшую распространенность получили методы оценки на основе фильтра Калмана [1].

Для решения задачи наведения вертолета на движущийся объект десантирования был разработан расширенный фильтр Калмана (РФК). Наиболее важным вопросом при создании РФК является выбор модели ускорения объекта наведения.

На сегодняшний день наиболее разработанными есть четыре модели изменения ускорения объектом наведения для РФК при использовании ЛКП-наведения [2]:

- марковский процесс первого порядка;
- марковский процесс второго порядка;
- постоянное ускорение объекта наведения;
- нулевое ускорение объекта наведения.

Так как корабль в момент сближения будет двигаться равномерно, то есть с нулевым ускорением, целесообразно использовать модель РФК с нулевым ускорением объекта наведения.

На рис. 1 представлена система сближения вертолета с объектом десантирования:

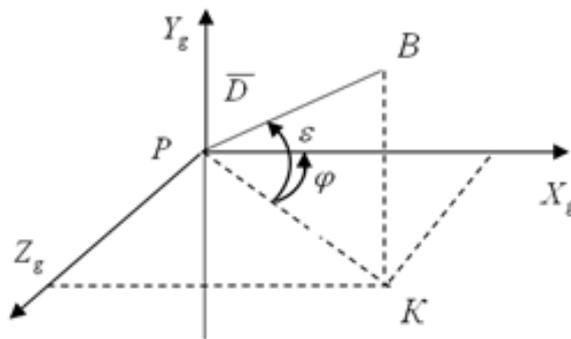


Рисунок 1 – Связь угловых измерений с параметрами состояния фильтра

Модель состояния составим воспользовавшись рис. 1:

$$\begin{aligned} \dot{X}(t) &= A(t) + BU(t) + W(t), \quad W(t) \approx N(O, Q(t)), \\ X(O) &\approx N(X_0, P_0). \end{aligned} \quad (1)$$

Модель измерения запишем в следующем виде:

$$Z_k = G(X(t_k)) + v_k \approx N(O, R_k), \quad k = 1, 2, 3, \dots, \quad (2)$$

где $X(t)$ – вектор состояния РФК; A – матрица состояния; $U(t)$ – вектор управляющих воздействий; B – матрица управления; W – вектор гауссовских (белый шум) внешних воздействий с шумовым математическим ожиданием; Q – ковариационная матрица внешних воздействий; Z_k – измерения, использующих РФК; v_k – вектор погрешностей измерений с нулевым математическим ожиданием и ковариационной матрицей измерений; X_0 – начальное значение вектора состояния; P_0 – начальное значение ковариационная погрешностей состояния.

Для дальнейшего исследования следует записать выражение для переходной матрицы состояния. Переходную матрицу состояния и вектор управляющих воздействий используют при прогнозировании параметров состояния фильтра и ковариационной матрицы погрешностей оценок [3]. Переходная матрица состояния $\Phi(t_{k+1}, t_k)$ имеет вид:

$$\Phi(t_{k+1}, t_k) = L^{-1}(SI - A)^{-1} \quad (3)$$

Прогнозирования оценок состояния \hat{X} и ковариационная матрицы погрешностей оценок \hat{P} выполняется с помощью следующих соотношений:

$$\begin{aligned} \bar{X}(t_{k+1}) &= \Phi(t_{k+1}, t_k)X(t_k) + \int_{t_k}^{t_{k+1}} \Phi(t_{k+1}, \tau)BU(\tau)d\tau \\ \bar{P}(t_{k+1}) &= \Phi(t_{k+1}, t_k)P(t_k)\Phi^T(t_{k+1}, t_k) + \int_{t_k}^{t_{k+1}} \Phi(t_{k+1}, \tau)Q(\tau)\Phi^T(t_{k+1}, \tau)d\tau \end{aligned} \quad (4)$$

где $\bar{X}(t_{k+1})$ и $\bar{P}(t_{k+1})$ – прогнозируемые значение оценок состояния и ковариационная матрицы погрешностей соответственно.

Для минимизации диагональных элементов ковариационной матрицы погрешностей целесообразно составить матрицу коэффициентов фильтра Калмана. Ее можно получить с помощью следующей зависимости:

$$\begin{aligned} K(t_{k+1}) &= \bar{P}(t_{k+1})H^T(\bar{X}(t_{k+1})) \times \\ &\times [H(\bar{X}(t_{k+1}))\bar{P}(t_{k+1})H^T(X(t_{k+1})) + R(t_{k+1})]^{-1}, \end{aligned} \quad (5)$$

где $H(\bar{X}(t_{k+1})) = \left. \frac{\partial G(X(t_{k+1}))}{\partial X(t_{k+1})} \right|_{X=\bar{X}}$

Для объективной оценки параметров состояния фильтра и ковариационной матрицы погрешностей проводится их коррекция, при которой становятся равным нулю разницы между действительными значениями измерений и значениями измерений, вычисленные в соответствии с оценками, полученными с помощью фильтра параметров состояния. Эта коррекция выполняется с помощью следующих уравнений [3]:

$$\hat{X}(t_{k+1}) = X(t_{k+1}) + K(t_{k+1})[Z(t_{k+1}) - G(\bar{X}(t_{k+1}))]$$

$$\hat{P}(t_{k+1}) = [I - K(t_{k+1})H(\bar{X}(t_{k+1}))]\bar{P}(t_{k+1}) \quad (6)$$

Расширенный фильтр Калмана представляет собой фильтр девятого порядка с моделью системы, заданной в декартовой системе координат. Девятью параметрами состояния являются компоненты вектора дальности, характеризующей положение объекта наведения относительно вертолета, вектора скорости сближения и вектора ускорения объекта наведения в инерциальной системе координат [3]. Ускорение вертолета измеряют с помощью бортовых датчиков и используют при вычислении вектора сигналов управления.

Так как корабль движется с постоянной скоростью, то есть $j_k = 0$, то количество параметров состояния РФК уменьшается до шести: по три составляющие вектора дальности D_x, D_y, D_z , определяющих положение корабля относительно вертолета и вектора относительной скорости корабля [3]. Дифференциальное уравнение состояния в данном случае примет вид:

$$\begin{aligned} \Delta \dot{D}(t) &= \Delta V(t); \\ \Delta \dot{V}(t) &= -j_p(t) + W_p(t) \end{aligned} \quad (7)$$

Следовательно моделью данной системы для РФК будет:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} \Delta \dot{D}(t) \\ \Delta \dot{V}(t) \end{bmatrix}_{6 \times 1} &= \begin{bmatrix} 0 & I \\ 0 & 0 \end{bmatrix}_{6 \times 6} \times \begin{bmatrix} \Delta D(t) \\ \Delta V(t) \end{bmatrix}_{6 \times 1} + \\ &+ \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix}_{6 \times 6} \times \begin{bmatrix} 0 \\ -j_p(t) \end{bmatrix}_{6 \times 1} + \begin{bmatrix} 0 \\ V_p(t) \end{bmatrix}. \end{aligned} \quad (8)$$

При заданной модели системы уравнений переходную матрицу состояния можно записать с помощью соотношения:

$$\Phi(t_{k+1}, t_k) = \begin{bmatrix} I & \Delta t \\ 0 & I \end{bmatrix}_{6 \times 6}. \quad (9)$$

Так как корабль существенно быстро не может изменить вектор своей скорости, то это лишний раз подтверждает правильный выбор данного метода наведения.

При работе РФК используются два измерения: азимута φ и угол к местонахождению корабля ε в инерциальной системе координат. Связь между этими углами и параметрами состояния фильтра приведена на рис. 1.

Для построения модели измерений следует записать выражение, которое характеризует связь между этими углами и параметрами состояния фильтра:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \arctg\left(-D_y \sqrt{D_x^2 + D_z^2}\right), \\ \varphi &= \arctg(D_z / D_x), \end{aligned} \quad (10)$$

где D_x, D_y, D_z - три компоненты вектора, который описывает относительное положение корабля в стартовой (инерциальной) системе координат.

В пространстве состояния данная модель измерений примет вид:

$$\begin{bmatrix} \theta \\ \varphi \end{bmatrix}_{2 \times 1} = \begin{bmatrix} \arctg\left(-D_y \sqrt{D_x^2 + D_z^2}\right) \\ \arctg(D_z / D_x) \end{bmatrix}_{2 \times 1} + \begin{bmatrix} v_{\theta k} \\ v_{\varphi k} \end{bmatrix}_{2 \times 1} \quad (11)$$

где $v_{\varepsilon k}$ и $v_{\varphi k}$ - погрешности измерений.

С учетом проведенного анализа кинематическая модель наведения вертолета на палубу корабля будет иметь вид:

$$\left. \begin{aligned} \dot{D}_x &= \omega_z D_y - W_x - \xi_{\omega z} \widehat{D}_y + \xi_{\omega y} \widehat{D}_z + \widehat{W}_x; \\ \dot{D}_y &= \omega_z D_x - W_y - \xi_{\omega x} \widehat{D}_z + \xi_{\omega z} \widehat{D}_y + \widehat{W}_y \\ \dot{D}_z &= \omega_y D_x - W_z - \xi_{\omega y} \widehat{D}_x + \xi_{\omega z} \widehat{D}_y + \widehat{W}_y \\ \dot{W}_x &= \omega_z W_x - \omega_y W_z + a_x - \xi_{\omega z} \widehat{W}_y + \xi_{\omega y} \widehat{W}_z - \xi_{ax} \\ \dot{W}_y &= \omega_{xz} W_z - \omega_z W_x + a_y - \xi_{\omega x} \widehat{W}_z + \xi_{\omega z} \widehat{W}_x - \xi_{ay} \\ \dot{W}_z &= \omega_y W_x - \omega_x W_y + a_z - \xi_{\omega y} \widehat{W}_x + \xi_{\omega x} \widehat{W}_y - \xi_{az} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

где $\dot{D}_x, \dot{D}_y, \dot{D}_z, \dot{W}_x, \dot{W}_y, \dot{W}_z$ проекции векторов соответственно дальности и путевой скорости на оси связанной системы координат; $\omega_z, \omega_x, \omega_y, a_x, a_y, a_z$ – измеренные значения проекции абсолютной угловой скорости и линейного ускорения ЛА, соответственно $\widehat{D}_x, \widehat{D}_y, \widehat{D}_z, \widehat{W}_x, \widehat{W}_y, \widehat{W}_z$ оценки соответствующих фазовых координат контролируемого процесса; $\xi_{\omega x}, \xi_{\omega y}, \xi_{\omega z}, \xi_{ax}, \xi_{ay}, \xi_{az}$ ошибки измерения датчиков угловых скоростей (ДУС) и акселерометров, соответственно.

Выводы. Таким образом, фильтр Калмана представляет собой динамическую систему с переменным матричным коэффициентом усиления, величина которого зависит от точности текущих оценок и уровня шумов измерений, то есть его можно рассматривать как линейную следящую систему, эффективная полоса пропускания которой, определяется величиной, изменяющейся в процессе работы.

Полученный алгоритм в форме (12) обеспечивает определение оценки \overline{Y}_ϕ вектора Y_ϕ без решения традиционной в данном случае задачи идентификации параметров, т.е. элементов матрицы A_ϕ и вектора $\overline{U}_{\phi u}$. Необходимая точность оценивания достигается за счет формирования матрицы G_W зависящей от вектора \overline{Y}_ϕ оценки и априорных статистических характеристик погрешностей ξ_A, ξ_U измерения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красовский А. А. Динамика непрерывных самонастраивающихся систем. – М. : Физматгиз, 1963. – 468 с.
2. Максимов М. В. Радиоэлектронные системы самонаведения / М. В. Максимов, Г. И. Горгонов. – М. : Радиосвязь, 1982. – 304 с.
3. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті. – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – 284 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛН УДАРНОГО ДАВЛЕНИЯ В СУДОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Колегаев М.А., Зуев С.В., Маслов И.З.,

Одесская национальная морская академия (Украина),

Малахов А.В., Бендеберя Ф.А.,

Одесский национальный морской университет (Украина),

Маслов В.А.,

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Введение. Качество работы любого судна дноуглубительного флота напрямую определяется его производственными и техническими показателями. Эти показатели зависят не только от степени технической оснащённости судна или уровня подготовки экипажа, но также и от используемых способов дноуглубления или разгрузки на месте складирования. В этом случае используемые технологии определяют, как скорость отбора или сброса грунта, так и степень технической сложности реализации этой операции.

Актуальность исследований. Спекание грунта в зеве грунтоприёмника, грунтовые пробки внутри рефулерных грунтопроводов или залипание грунта на стенках и углах трюма очень часто требуют от экипажа проведение дополнительных и трудоёмких операций. Качество реализации таких операций напрямую определяется техническим состоянием судна. Модернизация используемых технологий выемки, транспортирования и перегрузки добываемого грунта при своём правильном использовании может привести к снижению простоев судна при добыче или вывалке грунта и позволит работать земснарядом только с рабочими объёмами грунта без наличия балластных остатков.

Постановка задачи. Основная направленность исследований судовой гидравлической системы для добычи, транспортирования и выгрузки грунта должна обеспечивать непрерывную реализацию циклического процесса «импульсный гидравлический размыв – отбор со дна или из трюма – рефулирование или сброс при помощи гидросистем». Особое внимание необходимо также уделять упругим колебаниям гидравлических линий судна при прохождении через них потока грунтовой пульпы.

Результаты исследований. В ходе проведения исследований была разработана технология создания в гидравлической системе земснаряда волн ударного давления, которые в последующем через систему сопловых насадок подаются на слой разрабатываемого грунта. При передаче силовой энергии для разрушения уплотнённого поверхностного слоя грунта использовалась вода. В этом случае энергия волн ударного давления преобразовывалась в процесс механического разрушения грунта без применения каких либо промежуточных механизмов, фрез, буров и т.п. При таком решении достигаются хорошие динамические характеристики процесса грунтобычи при малых габаритах системы размыва. Несжимаемость жидкости обеспечивает практическое полное отсутствие запаздывания ударной волны даже в тех случаях, когда изменение настройки гидравлической системы происходит непосредственно в ходе эксплуатации судна.

Установлено, что импульсная система гидроразмыва и особенно диаметр ее сопловых насадок должен определяться производительностью земснаряда. Стартовое ударное давление, развиваемое системой размыва грунта, должно соответствовать данным о величине нормативного давления на грунтовые основания. В ходе экспериментов установлено, что максимальное нормативное давление для песчаных и илистых грунтов лежит в диапазоне 4,5-9 МПа. При исследованиях был определен оптимальный рабочий диапазон углов падения струи на поверхность грунта. Он соответствует углам 5-37°.

Поскольку система гидроразмыва подразумевает эксплуатацию гидравлических линий в режиме повышенного давления необходимо для обеспечения ее герметичности в местах стыков и соединений величину максимального давления принимать на 15 % больше величины ударного давления.

Специфической особенностью эксплуатации всасывающей грунтозаборной трубы земснарядов является переменность состава жидкой пульпы. При пространственно

криволинейной форме грунтопровода поток жидкости нагружает его, как статическими (при стационарном потоке жидкости), так и динамическими (при нестационарном потоке) силами. Жидкость, движущаяся с частицами грунта, имеет случайную и переменную массу, приходящуюся на единицу длины трубы. Состояние равновесия в таком грунтопроводе при эксплуатации никогда не достигается. Аналогичная проблема характерна для всех как надводных, так и подводных рефулерных трубопроводов. В этом случае необходимо производить расчеты с учетом присоединенной массы жидкости.

В ходе теоретических исследований была разработана методика расчета системы гидроразмыва. Она основана на гидравлическом расчете сопловых насадок в совокупности с параметрами гидроудара и характеристикой используемой гидравлической сети. Главным в таком расчете является определение площади выпускных сечений при заданном расходе и давлении перед и за сопловыми насадками. В этом случае давление за сопловыми насадками можно принимать в первом приближении равным гидростатическому напору над точкой забора грунта. В случае, если у поверхности дна присутствует сильное течение то в зависимости от его направления необходимо к гидростатическому напору добавлять скоростной напор, рассчитываемый по формулам гидравлики открытых русел.

В первом приближении в зависимости от величины входного и выходного давлений диаметр сопла можно рассчитать с использованием стандартных формул для истечения несжимаемых жидкостей из насадков.

Массовый расход через сопло определяется как

$$Q_m = \varepsilon S_{\text{вых}} \sqrt{2g\rho(P - P_{\text{вых}})} \quad (1)$$

где $S_{\text{вых}}$ – площадь выходного сечения сопла; ε – коэффициент расхода; P – давление потока на входе в сопло; $P_{\text{вых}}$ – абсолютное давление на выходе из сопла.

Из (1) легко получить необходимую площадь и соответственно диаметр

$$S_{\text{вых}} = \frac{Q_m}{\varepsilon \sqrt{2g\rho(P - P_{\text{вых}})}} = 0,226 \frac{Q_m}{\varepsilon \sqrt{\rho(P - P_{\text{вых}})}} \quad (1)$$

Для обеспечения качественного размыва грунта при проведении дноуглубительных работ необходимо обеспечить безотрывное движение потока воды внутри сопловой насадки. В этом случае необходимо выдерживать зависимость угла конусности от соотношения диаметров используемой сопловой насадки.

Выводы. Механические и пневматические системы размыва грунта по такому технологическому показателю, как скорость изменения ударной нагрузки не могут быть сопоставимыми с гидравлическими системами размыва. Эти системы в отличие от гидравлической системы являются узкоспециализированными и могут эффективно применяться только при разработке определенных классов грунта. Силовое взаимодействие потока со стенками грунтопровода может приводить к возникновению нарастающих параметрических колебаний всей системы гидроразмыва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Егоров И. Т., Садовников Ю. М., Исаев И. И., Басин М. А. Искусственная кавитация. – Ленинград : Изд-во «Судостроение», 1971. – 280 с.
2. ГОСТ 8.586.5-2005. Измерение расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств.
3. Кондратьева Т.Ф.. Предохранительные клапаны. – Л. : Машиностроение, 1976. – 232 с.
4. Светлицкий В. А. Механика трубопроводов и шлангов. – М. : Машиностроение, 1982. – 280 с.
5. Темный В. П. Гидравлические регуляторы. – М.-Л. : Энергия, 1966. – 144 с.

ЕЛЕКТРОСТИМУЛЬОВАНА ПОЛЯРИЗАЦІЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ ПАР ТЕРТЯ БАРАБАННО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Криштопа С.І.,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
(Україна)

Вступ. Інтенсивний розвиток нанотрибології при дослідженні процесів тертя вузлів тертя гальмівних пристроїв вимагає розробки нових методів розрахунку енергетичних рівнів їхніх поверхневих і приповерхневих шарів. Для оцінки енергетичних рівнів необхідно знати складові електричних струмів електризації, ковзання і контакту; руху полімерних і металевих заряджених частинок фрикційного масопереносу, сорбційно-десорбційних процесів у приповерхневих шарах контакту пар тертя; термічних і імпульсних розрядів і їх напрямів. Струми, що генеруються на поверхнях пар тертя, викликають акумулювання теплоти, як в їх приповерхневих шарах, так і в тілі неметалевого і металевого фрикційних елементів. При цьому у фізико-хімічних процесах, що відбуваються на поверхнях металополімерних пар тертя, відіграє роль термоелектрична поляризація поверхонь їх полімерних накладок.

Актуальність досліджень. З джерел [1-4] відомо, що вимірювання температурно-стимулюючих електричних струмів, наведених стаціонарними електричними полями, є одним з методів визначення локальних енергетичних рівнів, які широко використовуються в твердих тілах. Загальна експериментальна процедура цього методу включає чотири стадії: перша – прикладання до зразка постійного електричного поля за початкової температури; друга – охолодження зразка під дією цього поля до деякої низької температури; третя – зміна величини поля до іншого значення за тієї ж температури; четверта – нагрівання з постійною швидкістю і запис електричного струму та його перевід в температуру у вигляді функції. Даний метод застосовується тільки для зразків, виготовлених з фрикційного матеріалу, що мають незначну площу і вагу в порівнянні з полімерними накладками гальмівних колодок автотракторних засобів.

Відомі методи визначення складових електричних струмів [5] і їх напрямів [6] в парах тертя «полімер – метал» барабанно-колодкових гальм при їх нагріванні в стендових умовах. Проте в даних методах не враховуються поляризаційна і деполіаризаційна складові полімерних накладок в процесі нагрівання і охолодження їх поверхонь, а також те, що термоелектричні батареї, які формуються на поверхнях металополімерних пар тертя, не можуть перемикатися з режиму термоелектрогенератора на термоелектрохолодильник та навпаки.

Постановка задачі – оцінка електростимульованої поляризації поверхонь фрикційних накладок барабанно-колодкового гальма в стендових умовах, завдяки реалізації змішаних процесів («нагрівання – охолодження»), що включають поляризацію поверхонь ділянок фрикційних накладок при їх охолодженні і дію поляризованого зовнішнього електричного поля за рахунок квазіпостійного темпу нагрівання за допомогою термобатарей, що працюють в режимах термоелектрогенератора і термоелектрохолодильника.

Визначення локальних енергетичних рівнів у полімерних матеріалах накладок барабанно-колодкового гальма в стендових умовах.

Густина електричного струму (j), що виникає за рахунок зміни поляризації (P) ділянок поверхні сектора накладки в часі (t) визначаються виразом

$$j(t) = \frac{dP(t)}{dt}. \quad (1)$$

Основною стадією експериментів з вимірюванням температурно-стимулюючих електричних струмів є нагрівання з квазіпостійним темпом секторів накладки

$$T_{i+1}(t) = T_i + bt, \quad (2)$$

де T_i, T_{i+1} – абсолютні температури: на початку і наприкінці процесу нагрівання сектора полімерної накладки, К; $b = dT(t)/dt$ – коефіцієнт квазіпостійного темпу нагрівання поверхні сектора полімерної накладки (рис. 1 а).

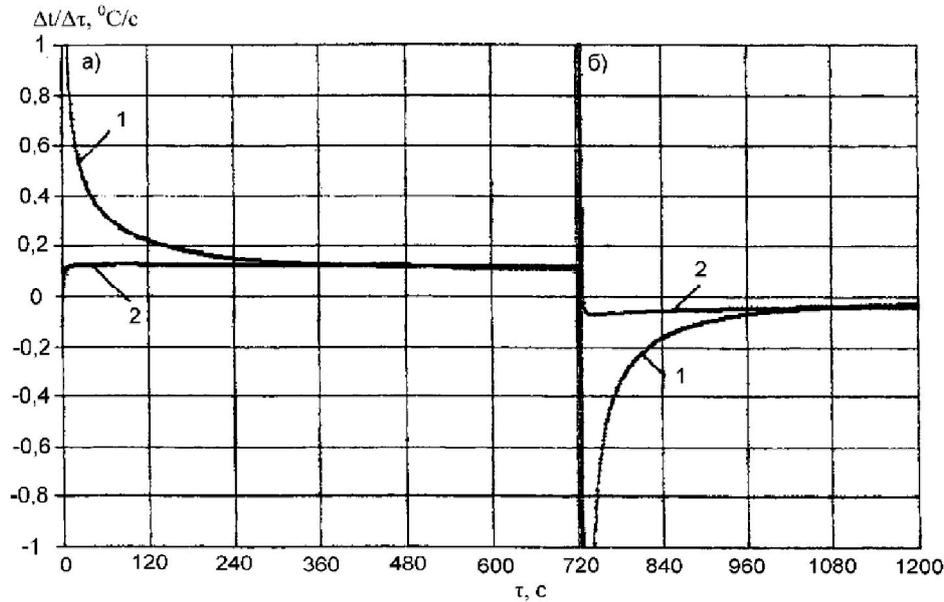


Рисунок 1 а, б – Квазіпостійний темп нагрівання (а) і охолодження (б) робочої (1) та неробочої (2) поверхонь полімерної накладки

Визначимо рівноважну поляризацію $P_o(T_i)$, що виникає в слабкому зовнішньому електричному полі F , за допомогою виразів

$$P_o(T_i) = N\chi(T_i)F, \quad (3)$$

$$\chi(T_i) = M^2/nk_e T_i \quad (4)$$

де N – концентрація переорієнтованих полярних включень, які характеризуються дипольним моментом M і поляризованістю $\chi(T_i)$, яку подаємо наближено у вигляді нерівності

$$MF \leq k_e T_{i-1}, \quad (5)$$

де k_e – постійна Больцмана; n – розміри простору можливих орієнтацій диполя.

За початкове значення поляризації $P(T_i)$ вибираємо рівноважну поляризацію, одержану в результаті охолодження ділянок поверхонь секторів фрикційних накладок в електричному полі. Вважаємо, що за відсутності зовнішнього електричного поля ділянки поверхонь секторів накладки мають зовнішню поляризацію.

Остання може бути врахована введенням додаткового електричного поля F_o , так що MF_o (при $MF_o \leq k_e T$) описує зсув мінімумів відповідних орієнтаційних потенціальних ям. Тоді повні електричні поля, що діють на полярні включення секторів

накладки в процесах охолодження і нагрівання, рівні $F_o + F_d$ і $F_o + F_p$ відповідно. Переходячи від змінної t до температур T_{i+1} і T_{i+2} з урахуванням того, що

$$P(T_{i+1}) = N\chi(T_{i+1})(F_o + F_d),$$

$$P_o(T_{i+2}) = N\chi(T_{i+2})(F_o + F_p) \quad (6)$$

подаємо шукану густину електричного струму в наступному вигляді

$$j(T_{i+1}) = N\chi(T_i)\Phi(T_{i+1})[F_p - F_d - \psi(T_{i+2})(F_p - F_o)] \quad (7)$$

де

$$\Phi(T_{i+1}) = \omega(T_{i+1})\exp[-\alpha(T_{i+1})]; \quad \psi(T_{i+2}) = T_i \int_{T_i}^{T_{i+2}} \frac{dT'}{T'^2} \exp[\alpha(T')];$$

$$\alpha(T') = b^{-1} \int_{T_i}^{T'} dT' \omega(T'); \quad (8)$$

$\omega(T_{i+1})$ – функція температури релаксації; T' – поточні значення температури поверхонь ділянок секторів накладок, значення якої знаходяться між температурами T_{i+1} і T_{i+2} .

Залежності (7) і (8) справедливі для довільного виду функцій $\omega(T_{i+1})$. Із залежностей (7) і (8) випливає ряд теоретичних висновків, що стосуються термоелектричної поляризації поверхонь секторів накладки барабанно-колодкового гальма.

Спектри термостимульованої деполяризації реєструються в умовах, коли $F_p = 0$. Якщо при цьому і $F_o = 0$, то відповідні електричні струми негативні, оскільки $F_d > F_p$, а їх температурна залежність визначається виглядом функції $\Phi(T_{i+1})$. При $F_o > 0$ амплітуда піків термостимульованої деполяризації збільшується за рахунок співмножника $[F_d + \psi(T_{i+2})F_o]$, коли поляризоване електричне поле посилюється за рахунок додаткового; при цьому форма піків спотворюється за рахунок функції $\psi(T_{i+2})$. В звичайних умовах спектри термостимульованої поляризації вимірюються при $F_d = 0$. В цьому випадку електричні струми за рахунок співмножника $[F_p - \psi(T_{i+2})(F_p - F_o)]$ додатні за невисоких поверхневих температур секторів накладки і від'ємні – при їх великих значення. За умови $F_d = F_p$, тобто коли довільне електричне поле F_p , що виникає на поверхнях секторів накладки, дорівнює поляризованому електричному полю F_d при незначному додатковому електричному полі F_o , також спостерігаються від'ємні піки струмів термостимульованої поляризації, що описуються функціями $\Phi(T_{i+1})$ і $\psi(T_{i+2})$.

Зв'язок між поляризаційною і деполяризаційною енергонавантаженистю поверхонь фрикційних накладок колодок барабанно-колодкового гальма транспортного засобу з генерованими електричними струмами, визначаються за допомогою роботи (W_{II}), яка виконується зарядами на поверхнях секторів полімерних накладок

$$W_{II} = k_e \frac{\ln\left(\frac{I_2 T_1^2}{I_1 T_2^2}\right)}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}} \quad (9)$$

де I_1 і I_2 – струми, які відповідають температурам на поверхні секторів полімерних накладок, нА; T_1 і T_2 – температури на початку і наприкінці процесів нагрівання і охолодження секторів полімерних накладок.

Аналітичні рішення (7) і (8) дають змогу з концептуальних позицій описувати змішані процеси, що включають поляризаційну підготовку поверхонь секторів полімерних накладок колодок барабанно-колодкового гальма при їх охолодженні під час роботи термобатарей в режимі термоелектроохолодильника і дією поляризованого зовнішнього електричного поля, створюваного термобатареями у режимі термоелектрогенератора при їх нагріванні з квазіпостійним темпом.

Висновки. Таким чином, запропонована система термоелектричної поляризації поверхонь фрикційних накладок барабанно-колодкового гальма в стендових умовах за рахунок змішаних процесів («нагрівання – охолодження»), що реалізуються за допомогою термобатарей, які працюють в режимах термоелектрогенератора і термоелектроохолодильника, а також зовнішніх електричних полів, що діють на поверхні поляризованих накладок. При цьому досягається:

– робота термобатарей, вмонтованих в сектори фрикційних накладок гальмівних колодок, в режимі термоелектрогенератора і термоелектроохолодильника, забезпечуючи тим самим змішані процеси (нагрівання і охолодження) ділянок поверхонь сектора;

– можливість на всіх стадіях термоелектричної поляризації ділянок поверхонь сектора накладок колодок керувати їх енергонавантаженистю (тепловим станом), а також електричними полями;

– можливість оцінки термоелектричної поляризації ділянок поверхонь сектора накладок колодок шляхом введення в аналітичні залежності додаткового, довільного і поляризованого електричних полів і процесів самовільного повернення системи з стану невірноваженого відхилення в стан рівноваги, тобто здійснити релаксацію;

– прогнозування ізносо-фрикційних властивостей металополімерних пар тертя барабанно-колодкових гальм транспортних засобів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Розенбаум В. М. Аналитическое описание токов термостимулированной поляризации и деполяризации / В. М. Розенбаум, О. Е. Цемчик // Физика твердого тела. – 2010. – Том 52, Вып. 10. – С. 2046-2051.

2. Трение, износ и смазка (трибология и триботехника) / Под общ. ред. А. В. Чичинадзе. – М. : Машиностроение, 2003. – 575 с.

3. Хайнике Г. Трибохимия / Г. Хайнике. – М. : Мир, 1987. – 587 с.

4. Трибология / [М. В. Кіндрачук, В.Ф Лабунець, М.І. Пащенко, Є.В Корбут] – К. : Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 392 с.

5. Пат. 2459986 С2 России, МПК F16D 65/82, F16D 51/10. Способ определения составляющих электрических токов в парах трения «полимер – металл» барабанно-колодочного тормоза при их нагревании в стендовых условиях (варианты) / А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, Д. А., Вольченко, И. В. Бачук, А. Н. Горбей, П. А. Поляков; заявитель и патентодатель Иван-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. – Заявл. 26.02.2010; Оpubл. 27.08.2012, Бюл. № 24. – 14 с.

6. Пат. 2462628 С2 России, МПК F16D 65/82, F16D 51/10. Способ определения направлений составляющих электрических токов в парах трения «полимер – металл» барабанно-колодочного тормоза при их нагревании в стендовых условиях / А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, Д. А., Вольченко, И. В. Бачук, А. Н. Горбей, П. А. Поляков; заявитель и патентодатель Иван-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. – Заявл. 19.04.2010; Оpubл. 27.09.2012, Бюл. № 27. – 27 с.

РАЗРАБОТКА ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ СУДНА (ПУЭС) ДЛЯ ТАНКЕРОВ

Пивоваров Л.А.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В соответствии с резолюцией Комитета по защите морской среды МЕРС.213(63) с 1 января 2013 года вступила в силу новая 4-ая глава приложения VI МАРПОЛ 73/78, 22-ым правилом которой требуется наличие на борту каждого судна, водоизмещением более 400 тонн, «Плана управления энергоэффективностью судна (ПУЭС)» (в английском варианте «Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). Этой же резолюцией предусматривается получения от соответствующих классификационных обществ сертификата о Конструктивном коэффициенте энергоэффективности (в английском варианте Energy Efficiency Design Index (EEDI)).

Современная методика расчета EEDI показана на рис. 1

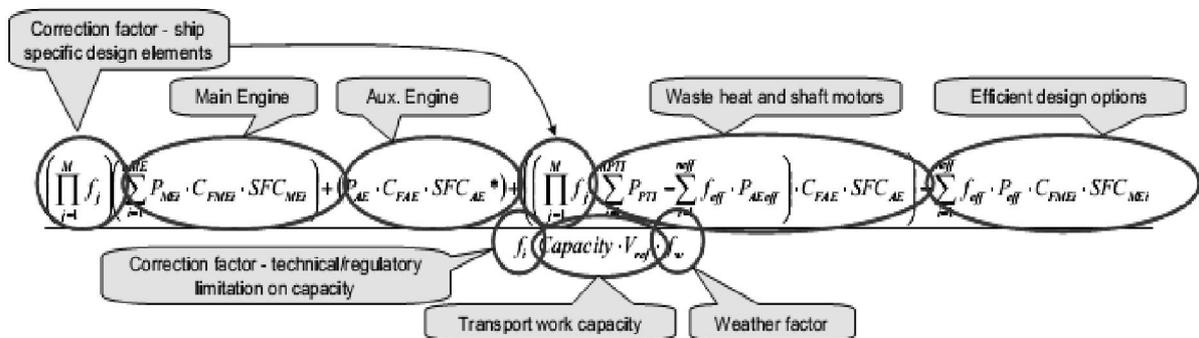


Рисунок 1 – Современная методика расчета EEDI

Современная методика расчета EEDI базируется на учете следующих факторов:

- Correction factor of ship specific design elements – поправочный коэффициент конкретных элементов судового дизайна;
- Correction factor of technical/regulatory limitation on capacity – поправочный коэффициент технических/нормативных ограничений по мощности;
- Main Engine – главный двигатель;
- Aux. Engine – вспомогательный двигатель;
- Transport work capacity – транспортная производительность;
- Weather factor – погодный фактор;
- Waste heat and shaft motors – вторичное тепло и валогенераторы;
- Efficient design options – эффективные варианты дизайна.

Базовым принципом расчета EEDI остается определение отношения нанесенного вреда окружающей среде (граммах CO₂) к величине перемещения единицы объема груза на расстояние одной мили.

Осным элементом мониторинга энергоэффективности судна является определение индикатора энергоэффективности работы судна (в английском выражении Energy Efficiency Operational Indicator – EEOI), который может определяться по общепринятой методике порейсно, ежемесячно или ежеквартально.

Основные факторы, определяющие величину индикатора энергоэффективности работы судна:

- пройденное расстояние за отчетный период (отдельно в грузу и в балласте);
- продолжительность перехода в грузу и в балласте;
- количество перевезенного груза;

- количество израсходованного бункера (отдельно по каждому сорту бункера и содержанию серы);
- тип перевезенного нефтяного груза (с учетом специальных характеристик груза – удельный вес, температура погрузки/выгрузки);
- количество израсходованного (потерянного) хладагента (фреона);
- количество утилизированного мусора и нефтеотходов;
- количественный расчет произведенных химических элементов от всех операций: SO_x, NO_x, CO, CO₂, CH₄.

Разработанный план управления энергоэффективности танкера базируется на исследованиях международных организаций о средних границах понижения выбросов углекислого газа CO₂ от различных факторов эксплуатации мирового флота, на рекомендациях Комитета по защите морской среды, изложенных в приложениях к резолюции МЕРС.213(63) от 2 марта 2012 г и многолетнего опыта работы на различных типах танкеров.

Целью плана SEEMP является создание процедур для повышения энергоэффективности работы судна. Руководство судна должно выполнять свои обязательства по защите людей и окружающей среды путем отслеживания и анализа потребления энергии на судне с учетом накопленного опыта и лучших практик, повышать энергоэффективность при одновременном снижении выбросов во время проведения морских операций в соответствии с правилами безопасной и надежной работы.

При создании плана следует учесть следующие рекомендации относительно передовой практики топливо-сберегающей эксплуатации судов:

Улучшенное планирование рейса. Оптимальный маршрут и повышенная эффективность могут быть обеспечены посредством планирования и выполнения рейсов. Для тщательного планирования рейса имеется ряд различных средств программного обеспечения таких как электронные картографические и информационные системы (ECDIS), руководства по портам мира и другие.

Проводка наиболее выгодными путями с учетом погоды. Проводка наиболее выгодными путями с учетом погоды имеет высокий потенциал экономии энергии на конкретных маршрутах. Она доступна на коммерческой основе для судов всех типов и для многих районов перевозок. Установленные на борту системы прогнозов погоды такие как *Bon Voyage* и другие позволяют получать прогноз до десяти суток с уточнением до 4 раз в сутки. При особо сложных погодных ситуациях следует переходить к получению рекомендаций от береговых центров морской проводки, обладающих значительно большими возможностями по обработке больших массивов погодной и навигационной информации.

Оптимизация скорости. Оптимизация скорости может приводить к значительной экономии. Однако оптимальная скорость означает скорость, при которой топливо на тонномиле используется на минимальном уровне для этого рейса. Она не означает минимальную скорость; фактически при плавании со скоростью ниже оптимальной расход топлива выше, а не ниже. Следует обращать внимание на кривую мощность/расход изготовителя двигателя и кривую действия гребного винта судна. Возможные отрицательные последствия эксплуатации на малой скорости могут включать повышенную вибрацию и проблемы, связанные с налетом сажи в камерах сгорания и выхлопных системах. Следует учитывать эти возможные последствия.

Как часть процесса оптимизации скорости может потребоваться, чтобы надлежащим образом учитывалась необходимость координировать время прихода с наличием причалов для погрузки/выгрузки и т.д.

Сокращению расхода топлива может способствовать постепенное увеличение скорости при выходе из порта и постепенное уменьшение скорости при заходе в порт.

Понимая, что согласно многим чартерам скорость судна определяется фрахтователем, а не оператором, следует направлять усилия на поощрение судна к

експлуатации с оптимальной скоростью для максимального повышения энергоэффективности.

В контакте с изготовителем главного двигателя и по согласованию с фрахтователем в последнее время используется режим сверх низких скоростей (в пределах 8-13 узлов), при котором следует учитывать запуски котла и вспомогательных вентиляторов.

Оптимизированная мощность на валу. Эксплуатация при постоянной частоте вращения вала может быть более эффективной, чем постоянная корректировка скорости посредством мощности двигателя. Может быть полезным использование автоматических систем управления двигателем для контроля скорости без вмешательства человека.

При использовании ВРШ следует брать во внимание частоту оборотов главного двигателя с учетом нормальной работы валогенератора.

Оптимальный дифферент. Суда по большей части рассчитаны на перевозку установленного количества груза с определенной скоростью для определенного расхода топлива. Это подразумевает спецификацию установленных условий дифферента. Дифферент судна в грузу или порожнем оказывает большое влияние на сопротивление судна в воде, а оптимизация дифферента может обеспечить значительную экономию топлива.

При любой заданной осадке существует условие дифферента, которое обеспечивает минимальное сопротивление. На некоторых судах возможна непрерывная оценка в течение рейса оптимальных условий дифферента для эффективного использования топлива.

При плавании в ледовых условиях прежде всего следует руководствоваться требованиями ледового паспорта для создания безопасного дифферента.

Оптимальный балласт. Балласт следует корректировать с учетом требований относительно оптимальных условий дифферента и управления, а также условий оптимального балласта, обеспечиваемого посредством надлежащего планирования погрузки.

При определении условий оптимального балласта должны соблюдаться для данного судна пределы, условия и меры по управлению балластом, изложенные в судовом плане управления балластными водами.

Условия балласта оказывают большое влияние на условия управления и регулировки авторулевого, и необходимо отметить, что меньшее количество балластных вод не обязательно означает самую высокую эффективность.

Оптимальное использование рулевого устройства и системы управления курсом судна (авторулевые). В режиме управления на маршруте комплексная навигационно-управляющая система (ECDIS + адаптивный авторулевой + датчик угловой скорости) может обеспечить значительную экономию топлива путем простого сокращения расстояния, пройденного с отклонением от заданного пути. Дополнительную эффективность этому комплексу может придать использование дифференциальных GPS (ГЛОНАСС) приемников, получающих поправки через стационарные спутниковые системы во время трансокеанских переходов. Принцип простой: улучшенное управление курсом путем менее частых и незначительных поправок сведет к минимуму потери вследствие сопротивления руля.

Кроме того, на определенном этапе рейса может быть необходимым отключение авторулевого или очень тщательная корректировка, т.е. во время шторма и подхода к портам.

Уход за корпусом. Промежутки между докованиями должны быть увязаны с текущей оценкой оператором судна его ходовых качеств. Сопротивление корпуса может быть оптимизировано системами покрытия новой технологии, возможно, в сочетании с промежутками между очисткой. Рекомендуется регулярная проверка на плаву состояния корпуса судна.

Эффективность топлива могут значительно повысить очистка и полировка гребного винта или даже его соответствующее покрытие. Следует своевременно запрашивать в компании очистки корпуса на плаву.

Пропульсивная система. Двигатели с электронным управлением нового поколения могут давать выигрыш в эффективности. Однако для максимального увеличения выгод может быть необходимым рассмотреть вопрос о специальной подготовке соответствующего персонала.

Техническое обслуживание пропульсивной системы. Техническое обслуживание в соответствии с инструкциями изготовителя в графике планового технического обслуживания компании также будет поддерживать эффективность. Полезным средством поддержания высокой эффективности может быть использование мониторинга состояния двигателя.

Дополнительные средства повышения эффективности двигателя могут включать:

- использование присадок к топливу;
- корректировка расхода смазочного масла цилиндров;
- усовершенствование клапанов;
- анализ крутящего момента;
- автоматизированные системы мониторинга двигателя.

Программа поисковой оптимизации состоит из двух частей: визуальный осмотр двигателя и мониторинг производительности. Мониторинг работы двигателя позволяет инженерам оптимизировать давление в цилиндре путем регулирования переменного момента впрыска.

Оптимизация использования котлов. Правильная и качественная работа котлов позволяет существенно улучшить показатели энергоэффективности судна. Использование котлов при проведении грузовых операций, подогрева груза и в системе инертных газов приводит к расходам сотен тонн бункера. По этой причине особое внимание следует уделять оптимизации использования основных и вспомогательных котлов, правильной настройки автоматики с целью снижения эксплуатационных затрат.

Значительная экономия топлива может быть достигнута путем минимизации общего потребления пара на борту. С учетом той или иной предстоящей нагрузки должен быть выбран соответствующий котел. При запуске котлов необходимо сводить к минимуму время холостой работы. Необходимо избегать сброса пара. Трубы, клапана и изоляция систем должны поддерживаться в хорошем состоянии, чтобы свести к минимуму тепловые потери.

Во время погрузочно-разгрузочных и балластных операций следует оптимально использовать комбинации работ основных и вспомогательных котлов. Особое внимание следует уделять режиму подогрева груза на длительных переходах, выбирая оптимальный вариант поддержания требуемых температур.

Утилизация отходящего тепла. Сейчас утилизация отходящего тепла является коммерчески доступной технологией для некоторых судов. В системах утилизации отходящего тепла используются тепловые потери, связанные с отработанными газами, либо для производства электроэнергии, либо для сообщения дополнительного движения с помощью двигателя на валу, либо для опреснения морской воды.

Управление энергопотреблением. Обзор электропотребления на судне может выявить возможность неожиданного выигрыша в эффективности. Однако следует проявлять осторожность для избегания создания новых угроз для безопасности при отключении электрических служб (например, освещения). Тепловая изоляция является очевидным средством экономии энергии

В некоторых портах для некоторых судов может быть доступно береговое электропитание, однако обычно оно направлено на улучшение качества воздуха в портовом районе. Если береговой источник электропитания является эффективным с точки зрения углерода, может появляться выгода общего коэффициента полезного

действия. Может рассматриваться вопрос об использовании судами берегового электропитания, если оно предусмотрено.

Тип топлива. Получаемый бункер должен обязательно соответствовать требованиям стандарта ISO8217. Не следует создавать на судне чрезмерные запасы бункера, так как в процессе длительного хранения происходит расслоение тяжелого топлива с потерей качества.

Могут приниматься меры для снабжения топливом повышенного качества для сведения к минимуму количества топлива, требуемого для обеспечения заданной выходной мощности. Необходимо предпринимать все меры предосторожности для исключения смешивания бункеров.

В качестве метода сокращения CO₂ может рассматриваться вопрос об использовании новых альтернативных типов топлива, однако часто их применение будет зависеть от доступности.

Район перевозок и плавания. Осуществимость многих мер, описанных в настоящих рекомендациях, будет зависеть от района перевозок и плавания судна. Иногда суда будут менять свои районы перевозок в результате изменения требований чартера, но это не следует принимать как общее предположение. Еще один аспект заключается в том, что мировые океаны и моря имеют свои характерные условия, и поэтому суда, предназначенные для плавания по особым маршрутам и для особых перевозок, могут не извлечь такой же выгоды путем принятия таких же мер или сочетания мер, как другие суда. Также вероятно, что некоторые меры будут иметь больший или меньший эффект в различных районах плавания.

Перевозка, в которой занято судно, может определять осуществимость рассматриваемых мер энергоэффективности. Продолжительность рейса также может быть важным параметром, как и особые соображения безопасности. Пути выбора наиболее эффективного сочетания мер будут особыми для каждого судна в каждой судоходной компании.

Возраст и срок эксплуатации судна. Все указанные в настоящем документе меры потенциально эффективны по затратам в результате высоких цен на нефть. Меры, ранее считавшиеся недоступными по средствам или непривлекательными с коммерческой точки зрения, сейчас могут быть осуществимыми и заслуживают нового рассмотрения. Разумеется, на эту ситуацию сильно влияют остающийся срок эксплуатации судна и стоимость топлива.

Вывод. Предложенные рекомендации по созданию ПУЭС могут способствовать подготовке судовых экипажей к проведению аудитов со стороны классификационных обществ в соответствии с правилом 22 главы 4 приложения VI МАРПОЛ 73/78, которое требует наличие на борту каждого судна, водоизмещением более 400 тонн, «Плана управления энергоэффективностью судна (ПУЭС)»

ЛИТЕРАТУРА

1. INTERTANCO «Guide for a Tanker Energy Efficiency Management Plan» 1st Edition. London, 2009.
2. OCIMF «Energy Efficiency and Fuel Management», London, 2009.
3. MEPC 1/Circ.683, MEPC 1/Circ.684, MEPC.213(63), Eirik Nyhus «EEDI Update After MEPC» DNV, 2010.
4. VEEQ for Ship Energy Management, Tecno Veritas, Portugal, 2012.
5. KPI Reporting Procedure, Unicom Management Services, Limassol, 2013.

ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО НАВАНТАЖУВАЧА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОМОБІЛЯ

Підгорний М.В., Огій О.В., Данилюк О.О.,
Черкаський державний технологічний університет
(Україна)

Вступ. Проектування, виробництво і експлуатація двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ) автомобіля передбачає проведення ряду досліджень. З метою визначення та покращення динамічності розгону і тягових властивостей автомобіля проводиться визначення оптимальної форми тягово-швидкісної характеристики та параметрів двигуна. В зв'язку з цим поширення набувають стендові випробування ДВЗ.

Актуальність теми дослідження. Аналіз та оцінка тягово-швидкісних властивостей ДВЗ автомобіля, перевірка достовірності проектних розрахунків та досліджень його експлуатаційних властивостей вимагає проведення дорожніх випробувань. Такі випробування не лише досить тривалі та затратні, але і часто залежать від різного роду випадкових суб'єктивних параметрів (погодні умови, характеристики дорожнього покриття, вибір траси, кваліфікація водія і так далі). В зв'язку з цим поширення набули стендові випробування, які мають ряд переваг: дозволяють прискорити процес дослідження і отримувати достовірніші результати. Вони стають незамінними у випадках, коли потрібне дослідження поведінки агрегатів і вузлів ДВЗ в екстремальних умовах експлуатації. Істотна перевага стендових випробувань проявляється також при дослідженні ДВЗ на гарантоздатність, де потрібне багатократне навантаження.

Мета досліджень. Метою досліджень є комплексне вирішення задач по проектуванню гідравлічного навантажувача ДВЗ автомобіля.

Задачі дослідження. Відповідно до зазначеної мети, вирішуються наступні задачі:

- побудова математичної моделі гідравлічного навантажувача, що проектується;
- застосування методу розрахунку гідравлічного навантажувача за формулами подібності;
- вибір прототипу та отримання оптимальних характеристик гідравлічного навантажувача, що проектується.

Результати дослідження. Згідно висунутих вимог, лабораторна установка повинна мати у своєму складі такі елементи: двигун внутрішнього згоряння, навантажувальний елемент, трансмісію, вимірювальні прилади.

Для отримання достовірних результатів дослідження, відповідно до теорії подібності [1], лабораторна установка повинна відповідати системі «двигун-трансмісія» автомобіля:

- двигун внутрішнього згоряння (тягові та паливно-економічні характеристики якого досліджуються в залежності від обертів колінчастого валу);
- навантажувальний елемент (гідравлічний навантажувач) повинен імітувати режими навантажень на двигун внутрішнього згоряння подібні реальним умовам експлуатації;
- трансмісія повинна забезпечувати зміну передаточного числа від двигуна внутрішнього згоряння до навантажувального елемента;
- вимірювальна апаратура повинна фіксувати дійсні значення величин, що вимірюються з похибкою не більшою за встановлену нормативними документами для даних вимірів.

В якості двигуна внутрішнього згоряння, що досліджується використано двигун Opel Omega B V6 X 3.0 XE 24V.

Розглянемо механічну модель гідравлічного навантажувача, який проектується (рисунок 1).

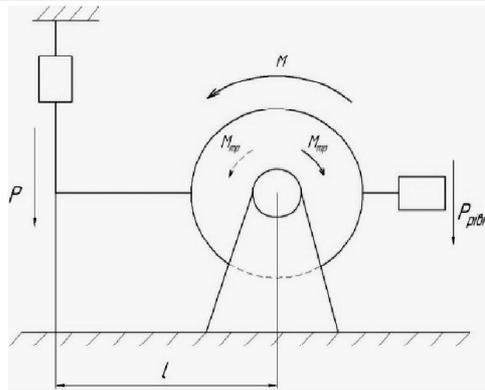


Рисунок 1 – Механічна модель гідравлічного навантажувача

Так як момент, який поглинається навантажувачем, залежить від густини робочої рідини навантажувача, розміру диску обертання і числа обертів, то математичну модель запишемо у вигляді:

$$M = f(\rho; D; n), \quad (1)$$

де M – крутний момент, що поглинається навантажувачем; ρ – густина робочої рідини; D – діаметр колеса; n – число обертів навантажувача.

Однак введення цих величин не встановлює функціональну залежність $f(\rho; D; n)$.

Теорія розмірностей [2] дозволяє вирішити цю задачу та отримати наступний вираз для визначення розмірів навантажувача. Отже для визначення крутного моменту запишемо:

$$M = \rho^x D^y n^z. \quad (2)$$

Розмірність лівої частини, повинна відповідати розмірності правої частини рівняння.

Так як $[M]=[H \cdot m]=([\text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}^2] \cdot [M]) = [\frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}^2}]$; $[\rho]=[\text{кг}/\text{м}^3]$; $[D]=[m]$; $[n]=[c^{-1}]$, то отримуємо наступний вираз:

$$\text{кг}^1 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} = \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}\right)^x \cdot \text{м}^y \cdot \text{с}^{-z}. \quad (3)$$

$$\text{кг}^1 \cdot \text{м}^2 \cdot \text{с}^{-2} = \text{кг}^x \cdot \text{м}^{y-3x} \cdot \text{с}^{-z}$$

$$x = 1; y - 3x = 2; z = 2.$$

Вирішивши рівняння, отримаємо:

$$x = 1; y = 5; z = 2.$$

Із зазначеного вище отримаємо функціональні залежності:

$$M = \lambda \rho D^5 n^2 \quad (4)$$

$$N = A D^5 n^3 \rho \quad (5)$$

де λ – коефіцієнт пропорційності; N – потужність; A – коефіцієнт потужності.

Отримані формульні вирази (4) та (5) дають змогу зробити висновки, що величина крутного моменту на валу навантажувача залежить від величин: густини робочої рідини, розміру диска навантажувача і числа обертів.

Методика проектування гідравлічного навантажувача виконується за формулами подібності моделі.

Про модель повинно бути відомо: кількість обертів, густина робочої рідини, діаметр диска навантажувача, крутний момент на валу при повному заповненні робочою

рідиною. Про об'єкт, що створюється: вид робочої рідини, кількість обертів, необхідна потужність або крутний момент.

Розрахунок першого наближення здійснюється за формулою:

$$D_H = D_M \sqrt[5]{\left(\frac{n_M}{n_H}\right)^3 \cdot \frac{\gamma_M}{\gamma_H} \cdot \frac{N_H}{N_M}} \quad (6)$$

де D_M – діаметр диска моделі; D_H – діаметр диска об'єкту, що створюється; N_M – потужність моделі; N_H – потужність об'єкту, що створюється; n_M – кількість обертів моделі; n_H – кількість обертів об'єкту, що створюється; γ_M – кінематична в'язкість робочої рідини моделі; γ_H – кінематична в'язкість робочої рідини об'єкту, що створюється.

Для розрахунку другого наближення знаходимо значення коефіцієнтів крутного моменту або потужності виходячи з формул (4) або (5):

$$\lambda_M = \frac{M_M}{n_M^2 \cdot \gamma_M \cdot D_M^5} \quad (7)$$

де M_M – крутний момент моделі.

$$A_M = \frac{N_M}{n_M^3 \cdot \gamma_M \cdot D_M^5} \quad (8)$$

По формулі (6) знаходимо:

$$D_H = D_M \sqrt[5]{\frac{M_H}{\lambda_H \cdot n_H^2 \cdot \gamma_H}} \quad (9)$$

де M_H – крутний момент об'єкту, що створюється.

Проектування вважатимемо закінченим при $\lambda_H - \lambda_M < 0,1\lambda_M$,

де λ_H і λ_M – коефіцієнт пропорційності об'єкту, що створюється і моделі відповідно.

Приведені вище математичні рівняння дозволили створити гідравлічний навантажувач (рисунок 2).

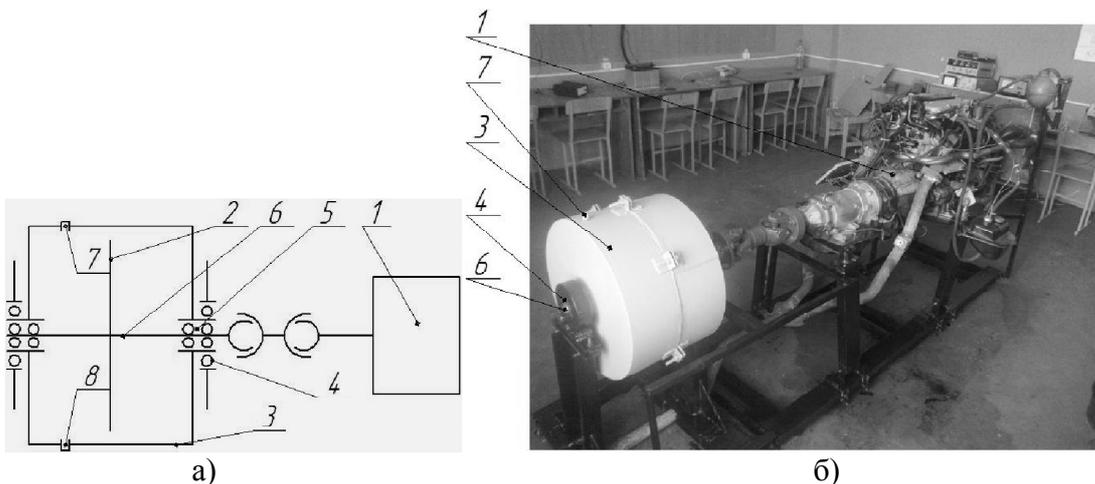


Рисунок 2 – Кінематична схема (а) та зовнішній вигляд (б) гідравлічного навантажувача: 1 – двигун; 2 – диск; 3 – корпус; 4, 5 – підшипники; 6 – вал; 7 – отвір для підводу робочої рідини; 8 – отвір для відведення робочої рідини

За основу гідравлічного навантажувача, що проектується було взято гідрогальмівний механізм лопатевого типу.

Двигун 1, що досліджується, з'єднується з валом 6, який закріплений на підшипниках 5. На валу закріплений диск 2, в порожнинах якого розміщені лопаті. В залежності від умов роботи гідравлічного навантажувача і задач, які він повинен

виконувати, лопаті можуть бути різноманітної форми. Найбільш технологічно простими є плоскі лопаті. Навантажувач з плоскими лопатями, які лежать в меридіальній площині, має однакові характеристики при обертанні ротора в обидві сторони. Диск 2 обертається між стінками статора (корпуса) 3. На стінках статора розміщуються лопаті, подібні до лопатей ротора. Статор встановлений на підшипниках 4, таким чином, що він може відхилятися від стану рівноваги під дією крутного моменту, який розвивається двигуном. Від обертання корпус утримується важелем, який з'єднується з динамометром, отвори для відведення 8 та підводу 7 робочої рідини.

Характеристики спроектованого гідравлічного навантажувача за гальмівним моментом M і потужності поглинання N в залежності від числа обертів зображені на рисунку 3.

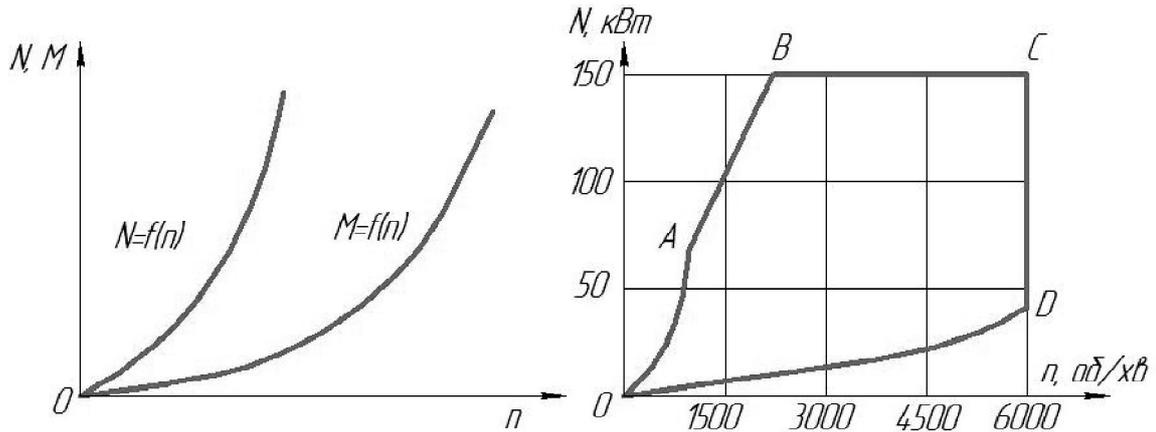


Рисунок 3 – Характеристики спроектованого гідравлічного навантажувача

Діапазон режимів роботи гідрогальмівного механізму обмежена контуром OABCD. Ділянка OA відображає роботу навантажувача з максимальним заповненням рідиною (водою). Залежність потужності, яка поглинається від числа обертів ротора на цій ділянці є кубічною. В точці A гальмівний момент досягає максимуму, на вимірювання якого розрахований динамометричний пристрій, і подальше збільшення потужності, що поглинається можливо тільки при постійному максимальному моменті, шляхом збільшення числа обертів механізму гальмування. В точці B потужність, що поглинається, обмежується умовами допустимої температури рідини, і подальше підвищення числа обертів, можливо лише в тому випадку, якщо потужність залишиться постійною, тобто при одночасному зниженні гальмівного моменту. В точці C число обертів навантажувача обмежується міцністю ротора. Нижня межа, обмежена лінією OD, відповідає потужності, що поглинається навантажувачем з мінімальним заповненням його рідиною.

Висновок. Наукова новизна результатів роботи полягає в наступному:

- запропонований метод розрахунку гідравлічних навантажувачів для ДВЗ;
- розроблено модель та спроектовано гідравлічний навантажувач. Подано його характеристики за гальмівним моментом і потужністю поглинання;
- запропонована модель гідравлічного навантажувача дозволяє реалізувати можливість для оптимального вибору параметрів швидкісної характеристики двигуна у більш повній відповідності до класу та експлуатаційних умов використання автомобіля.

ЛІТЕРАТУРА

1. Биктимиров Р. Л. Математическое обеспечение автоматизированных систем исследований и испытаний двигателей внутреннего сгорания / Р. Л. Биктимиров, И. Х. Садыков, А. Х. Хайруллин. – М. : Машиностроение, 1995. – 256 с.
2. Сердюк Л. И. Теорія розмірностей, подібності та математичне моделювання : Посібник. – Полтава : ПолтНТУ, 2005. – 154 с.

СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ АВТОМОБІЛЯ, ПОБУДОВАНОЇ НА ОСНОВІ ФЕРОМАГНІТНОГО АМОРТИЗАТОРА

Підгорний М.В., Огій О.В., Заверткін Ю.А., Степанець Є.П.,
Черкаський державний технологічний університет
(Україна)

Вступ. Активна безпека легкового автомобіля в значній мірі визначається його стійкістю й керованістю. Ці властивості залежать від характеристик і параметрів автомобіля, характеристик шин, підвіски, рульового і гальмівного керування. У зв'язку з цим значний інтерес мають теоретичні та практичні дослідження можливостей безперервного керування виконавчими пристроями підвіски, до яких відносяться амортизатори, що функціонуватимуть з використанням феромагнітної рідини.

Актуальність теми дослідження. Сьогодення вказує, що більшість керованих і активних підвісок легкових автомобілів є дискретного типу [1]. Вони мають, як правило, визначені межі демпфірування, що перемикаються автоматично або вручну, алгоритми керування якими є ситуаційними або інтегральними. У цих системах перехід на новий режим демпфірування відбувається при виконанні певних логічних умов (ситуацій), а час між перемиканнями істотно більше часу перехідного процесу самого швидкодіючого елемента підвіски – колеса. Тому в них принципово неможливе виключення ефектів, що вимагають стабілізація сили тиску колеса на дорогу або відбивання «пробою підвіски».

Аналіз систем керованих підвісок легкових автомобілів показує, що актуальною науковою задачею є розробка підвісок з безперервним керуванням параметрів жорсткості й демпфірування в процесі руху.

Мета досліджень. Метою досліджень є комплексне вирішення задач синтезу системи керування підвіскою автомобіля, робочим органом якої є керований амортизатор.

Задачі дослідження. Відповідно до зазначеної мети, вирішуються наступні задачі:

- розробка математичної моделі, що описує локальні процеси керування підвіскою автомобіля;
- розробка алгоритму (закону) керування амортизатором, як виконавчим пристроєм системи керування;
- формування структури системи керування феромагнітним амортизатором підвіски автомобіля з використанням електронного блоку керування;
- розробка методики оцінки ефективності використання обчислювальних засобів у складі системи керування підвіскою автомобіля.

Результати дослідження. Дослідження системи керованої підвіски автомобіля пояснюється необхідністю поліпшення експлуатаційних властивостей автомобіля. Нормованими критеріальними оцінками є плавність ходу, керованість, стійкість, маневреність, а також положення кузова автомобіля як у русі, так і під час стоянки [2].

Керована підвіска є складний логіко-динамічний об'єкт. Тому обґрунтований вибір параметрів підвіски у відповідності до зазначених вище якостей автомобіля, може бути здійснений тільки на основі системного підходу при дослідженні й синтезі підвіски з використанням системи керування, що функціонує разом із системою аналізу динаміки руху автомобіля [3]. Розглянемо керовану підвіску автомобіля як послідовну схему, що має множину дискретних виходів, множину дискретних входів і множину внутрішніх станів. Схема устанавлює функціональну залежність між станами входу і станами виходу.

Рівняння, що визначають стан асинхронного автомата M при $t = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (t + \varepsilon)$, мають наступний вигляд:

$$z(t) = z[y(t), s(t)], \quad s = s(t^+) = s[y(t), s(t)], \quad (1)$$

де $z(t)$ – стан виходу; $y(t)$ – стан входу; $s(t)$ – внутрішній стан кінцевого автомата M в

момент часу t . Зазначимо, що $z(t)$, $y(t)$, $s(t)$ можуть приймати послідовності значень $\{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, $\{y_1, y_2, \dots, y_p\}$, $\{s_1, s_2, \dots, s_m\}$ відповідно.

Повний стан $T(t)$ автомата M визначається виразом $T(t) = [s(t), y(t)]$ і може набувати значення $\{(s_1, y_1), (s_2, y_2), \dots, (s_i, y_i), \dots\}$. Повний стан стійкий при $t+ = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} (t + \varepsilon)$, коли $T(t^+) = T(t)$.

Таке узгодження дозволить провести вибір параметрів керованої підвіски з урахуванням критичних режимів руху.

Основні функції погашення коливань у підвісці покладені на амортизатор (рисунок 1), причому, зі збільшенням швидкості відносного переміщення підресорених і непідресорних мас опір амортизатора зростає, а правильний вибір режиму роботи амортизаторів поліпшує плавність ходу й підвищує безпека руху.

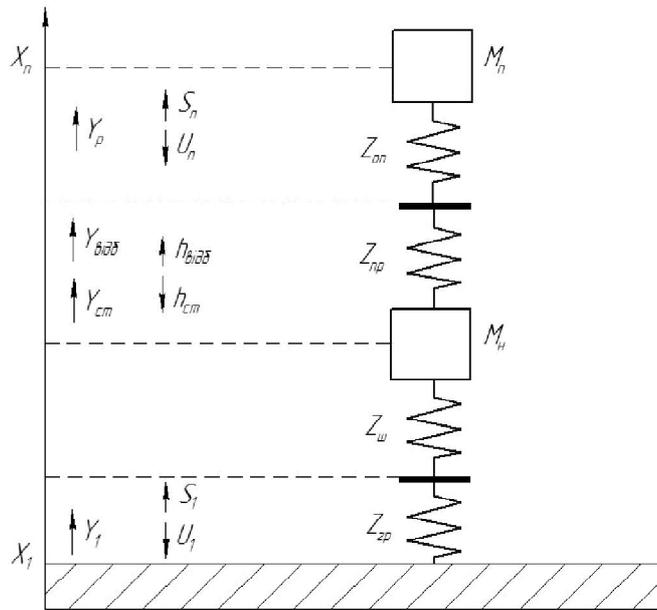


Рисунок 1 – Механічна дискретна модель підвіски

В роботі підвіска на основі феромагнітного амортизатора розглядається як динамічна система, що підлягає регулюванню, описується наступною системою диференціальних рівнянь, де асинхронний кінцевий регулятор має n внутрішніх станів:

$$\begin{aligned} \dot{x}_1 &= X_1(x_1, \dots, x_n) + U_1(s_1, x_1, \dots, x_n), \\ \dot{x}_2 &= X_2(x_1, \dots, x_n) + U_2(s_2, x_1, \dots, x_n), \\ &\dots\dots\dots \\ \dot{x}_n &= X_n(x_1, \dots, x_n) + U_n(s_n, x_1, \dots, x_n), \end{aligned} \tag{2}$$

де x – стан динамічної системи, $x = (x_1, \dots, x_n)$; U – керуючий вплив, визначений як функція внутрішнього стану кінцевого автомата і змінних станів динамічної системи, $U = (U_1, \dots, U_n)$.

Якщо x, X, U , розглядати як компоненти векторів, то система рівнянь (2) може бути записана в такий спосіб:

$$\dot{x} = X(x) + U(s, x); \quad x(0) = x^0, \quad s(0) = s^0 \tag{3}$$

Оскільки кінцевий автомат керує динамічною системою (підвіскою автомобіля), то вихідні сигнали автомата повинні бути перетворені в дійсні числові значення, а дійсні

числові значення змінних динамічній системі – у дискретні значення (рисунок 2).

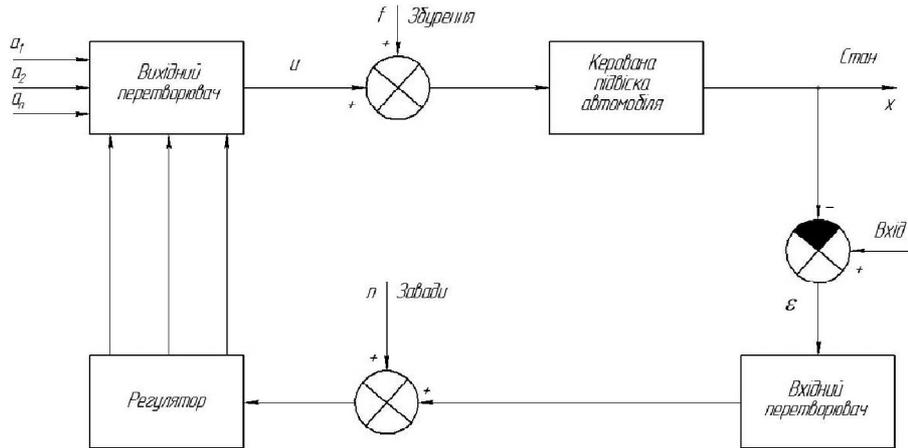


Рисунок 2 – Керована підвіска автомобіля з регулятором

Нехай $\zeta_i(t)$ – функція перемикача, обумовлена як

$$\zeta_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } z(t) = z_i \\ 0, & \text{якщо } z(t) \neq z_i \end{cases}$$

І нехай ζ – вектор з компонентами ζ_i , A – постійна матриця з елементами, визначеними в області дійсних чисел.

Тоді одержимо дійсне векторне рівняння:

$$U(s, x) = A\zeta. \quad (4)$$

Кожному можливому значенню дискретного сигналу входу $u_1, u_2, \dots, u_p, \dots, u_p$ повинна відповідати визначена множина значень змінних станів x_j .

Нехай X^n – n -мірний декартів простір, визначений координатами x_j , і нехай X^n розділено за допомогою p -поділів на n -мірні підпростори $X_1^n, X_2^n, \dots, X_p^n$ (межова лінія між X_i^n і X_j^n підпросторами називається лінією перемикачання). Зв'язуючи потім u_i з X_i^n , маємо $y(t)=u_i$ тоді і тільки тоді, коли $x \in X_i^n$, чи в символах –

$$y(t)=\sum u_i[\mu(X_i^n, x)], \quad (5)$$

де $\mu(X_i^n, x)$ – функція перемикача, визначається як

$$\mu(X_i^n, x) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } x \in X_i^n \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}$$

З формули (5) видно, що вхід автомата (регулятора) є функцією змінної стану об'єкта керування. Тому рівняння (5) цілком описує функцію $U(s, x)$.

Приведені математичні рівняння ілюструють закон функціонування з дискретно змінюваними вхідними сигналами і квантуванням безперервного керуючого впливу.

Вихідний сигнал регулятора є дискретною вихідною послідовністю, зв'язаною з дискретною послідовністю входу, і ця залежність визначається внутрішнім станом автомата. Таким чином, синтез підвіски автомобіля полягає у:

- формуванні стратегії керування чи закону керування, що описує вихідний сигнал регулятора як функцію стану динамічної системи;
- формуванні стратегії автомата, що розкриває залежності «вхід-вихід»;
- детальному синтезі логічної схеми кінцевого автомата.

Вимоги забезпечення високої якості керування приводять до необхідності широкого використання в бортових системах і агрегатах автомобіля електроніки та

мікропроцесорної техніки. На рисунку 3 зображено конструкцію керованого феромагнітного амортизатора.

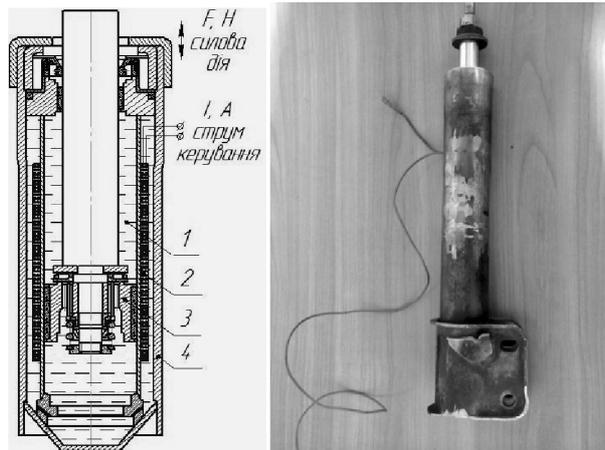


Рисунок 3 – Конструкція керованого феромагнітного амортизатора: 1 – феромагнітна рідина, 2 – котушка, 3 – поршень, 4 – корпус

Основним елементом даної конструкції є дросель, у якому здійснюється керування потоку феромагнітної суспензії. У загальному випадку він є поміщеною в індуктор магнітного поля гідромагістраллю, напрямок потоку рідини в якій орієнтовано перпендикулярно силовим лініям магнітного поля. Сполучення функцій керування і силового впливу створює ряд переваг при розробці системи керування таким амортизатором: простота конструкції, сумісність з електронними елементами керування, швидкодія й компактність.

В якості рідини амортизатора використовується феромагнітна суспензія на основі магнетиту з в'язкістю 4,9 Па·с. Обмеження швидкодії пристрою за рахунок індуктивності соленоїдної котушки може бути усунуто застосуванням підсилювача потужності.

Система керування підвіскою, побудована на базі електронного блоку керування [4] виконує наступні функції: керування висотою кузова щодо поверхні дороги; керування опором амортизаторів; керування жорсткістю підвіски.

Висновок. Наукова новизна результатів роботи полягає в наступному:

- запропонований принцип побудови системи керування підвіскою автомобіля на основі феромагнітного амортизатора з використанням мікро-ЕОМ;
- розроблено модель керування підвіскою автомобіля з використанням феромагнітного амортизатора, який поліпшує параметри руху елементів підвіски в певних режимах з виконанням вимог по швидкодії і простоті реалізації;
- запропонована модель дозволяє вибрати критеріальні показники ефективності системи керування підвіскою автомобіля, що характеризують експлуатаційні властивості автомобіля та дозволяють здійснити вибір раціонального (ефективного) варіанта побудови системи керування.

ЛІТЕРАТУРА

1. К задаче построения управляемой подвески автомобиля / Б. В. Кирсанов, В. Н. Парамонов, В. Д. Данилов, Ю. В. Цветков // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1997. – №4. – С. 96-104.
2. Павлюк Александр Сергеевич. Подвески легковых автомобилей : учебное пособие. – Барнаул : Изд-во Алт. гос. техн. ун-та им. И.И. Ползунова, 1996. – 82 с.
3. Тимченко Анатолій Анастасійович. Основи системного підходу та системного аналізу об'єктів нової техніки. – К. : Либідь, 2004. – 288 с.
4. Скворцов Борис Владимирович. Электронные системы автоматизации автомобиля : учебное пособие. – Самара : СГАУ, 1998. – 89 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Рыжова В.Ю.,

Николаевский политехнический институт
(Украина)

Актуальность рассматриваемого вопроса заключается в острой необходимости совершенствования технического обслуживания автомобилей. Известна эффективная система обязательных работ диагностирования и устранения неисправностей (ОР-Д-УН) автотранспорта, однако организационно-технические решения для ее внедрения отсутствуют. С целью устранения технологических неисправностей в процессе ТО и ремонта (Р) на СТО необходимо разработать соответствующие мероприятия.

Для того, чтобы снизить затраты и время на прохождение ТО и Р на автомобилях, эффективно использование экономичной и планомерно-предупредительной системы ОР-Д-УН, отличительной особенностью которой является планирование периодичности и объема работ по диагностике и обязательным профилактическим работам (тем, которые дешевле выполнить, чем диагностировать потребность в них, и тем, которые нужны для подготовки автомобиля к диагностированию) [1]. Предупредительный характер метода заключается в постоянном наблюдении за работоспособностью и надежностью автомобилей и своевременном выявлении предельных и предотказовых состояний.

Опыт работы СТО показывает, что внедрение этой системы снижает расходы на поддержание автомобилей в работоспособном состоянии на 20 - 25%. Для реализации этой системы должна применяться более совершенная система управления технической службой СТО (рис. 1).

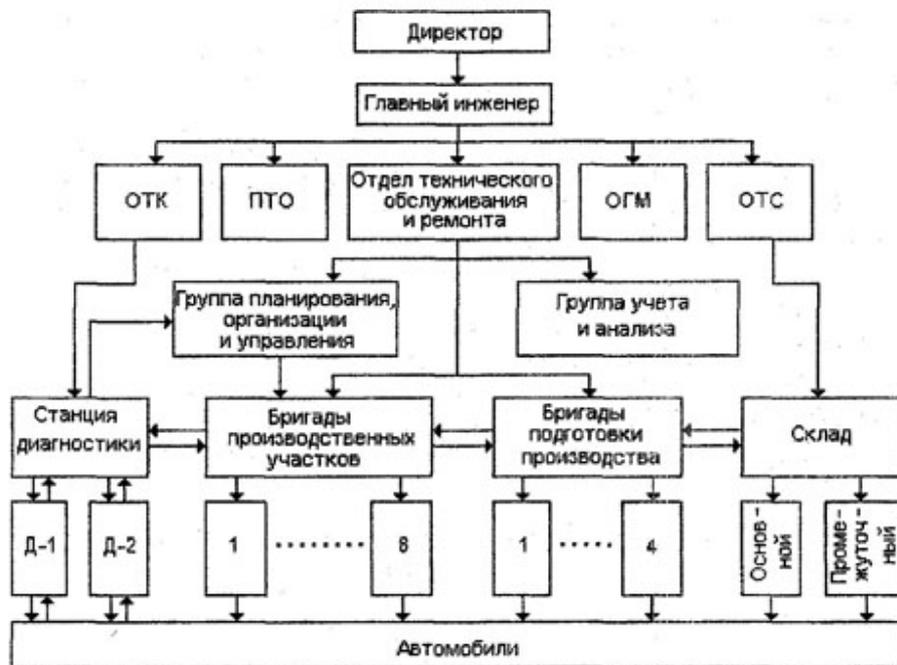


Рисунок 1 – Структура управления технической службой СТО, работающего по системе ОР-Д-УН

Бригады подготовки производства осуществляют комплектацию необходимых агрегатов, узлов, запасных частей и материалов и доставку их на рабочие места, транспортировку снятых с автомобиля агрегатов и узлов, перемещение автомобилей со стоянки в производственные помещения и наоборот.

Ключевой элемент системы управления – ОТК (отдел технического контроля) включает в себя станцию диагностики – основной источник информации о техсостоянии автомобилей, на основании которой назначаются работы по УН и планируется все функционирование технической службы. Кроме того, ОТК контролирует качество работы всех подразделений производства. Станция диагностики обеспечивает информацией группу планирования, организации и управления и группу учета и анализа. Система ОР-Д-УН, в отличие от строго регламентных систем, функционирует по гибкому алгоритму, допускающему различные технологические маршруты объекта с выполнением большего или меньшего перечня работ по ТОР. Каждая контрольно-диагностическая (КД) операция в этом алгоритме является условным оператором, определяющим дальнейший маршрут автомобиля в системе. Диагностика технического состояния автомобиля позволяет своевременно выявить серьезные дефекты в узлах, механизмах и агрегатах без их снятия и разборки, вовремя устранить неисправности и довести показатели технической характеристики до нормы. Таким образом, диагностирование представляет собой совокупность контрольных, измерительных и даже регулировочных операций. Работы, связанные с углубленной проверкой технического состояния, называют контрольно-диагностическими.

В настоящее время наиболее распространено фирменное обслуживание [2], которое обеспечено: высоким уровнем технологического оборудования; подготовленными кадрами с достаточным уровнем культуры обслуживания клиентов; наличием оригинальных запчастей; широким выбором услуг по конкретной марке автомобиля; высокой репутацией.

Суть фирменного обслуживания состоит в том, что фирма-производитель автомобилей берёт на себя ответственность за поддержание работоспособности автомобиля в течение всего срока эксплуатации.

На таком принципе организован производственный процесс на СТО в США (рис. 2).

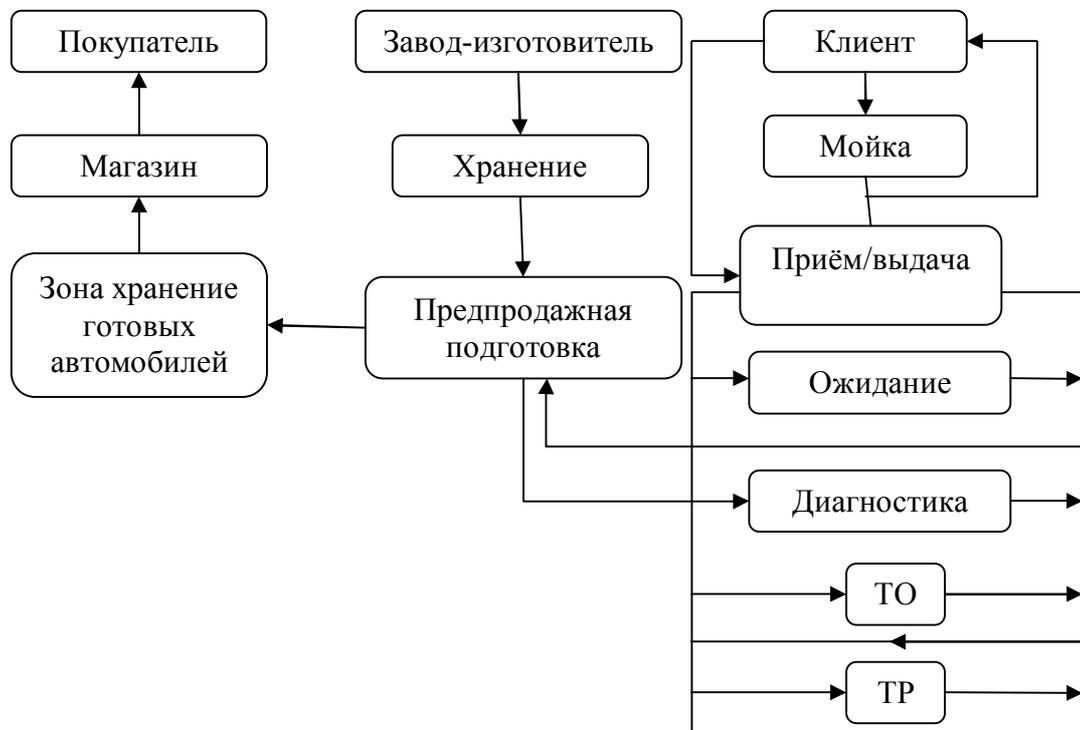


Рисунок 2 – Организация производственного процесса на СТО в США

На участке приёмки определяют техническое состояние автомобиля, необходимый объём работ и стоимость работ. При приёме и выдаче (ТО и ТР) необходимо руководствоваться «Техническими требованиями на сдачу и выпуск после технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей, принадлежащих гражданам». После

приёмки автомобиль направляют на соответствующий производственный участок. При этом работы по текущему ремонту выполняются в первую очередь. В случае занятости рабочих постов, автомобиль поступает в зону ожидания. После завершения работ автомобиль поступает на участок выдачи. В случае некачественного ТО или ремонта владелец автомобиля может предъявить станции рекламацию. Станция безвозмездно устраняет дефекты, выявленные в течение гарантийных сроков, при соблюдении заказчиком требований по эксплуатации автомобиля. Капитальный ремонт агрегатов на станции выполняется индивидуальным методом. Но для сокращения простоя автомобиля ремонт может осуществляться обезличенным методом - путём замены неисправных агрегатов и узлов на новые по согласованию с владельцем [3]. Станции могут проводить предпродажную подготовку автомобилей по договорам с торгующими организациями, а также продавать запчасти и организовывать передвижные посты. При помощи средств диагностирования осуществляют:

- определение технического состояния автомобиля, его агрегатов и узлов;
- выявление скрытых неисправностей;
- осуществление контроля качества выполняемых работ.

На практике гибкость технологического процесса ТО и ТР удовлетворяется применением метода выполнения ТО и ТР на универсальных постах. При таком методе посты могут быть тупиковыми или поточными. Тупиковые универсальные посты в основном используются при ТО и ТР. Поточные посты используются при проведении моечных работ.

Достоинства *Универсальных постов*:

- возможность выполнения на них неодинакового объёма работ;
- возможность обслуживания разномарочных автомобилей;
- возможность проведения сопутствующего текущего ремонта.

Недостаток универсальных постов – не экономичное проведение работ [4]. Традиционный метод выполнения профилактических работ (ТО-1, ТО-2 и СО) через определенные и заранее запланированные пробеги (наработки), а текущих ремонтов - по потребности (как правило, после отказа) не отвечает сегодняшним требованиям к обеспечению технической готовности, экономичности и безопасности движения (БД) [1].

Сравнение фирменного обслуживания автомобилей зарубежом и в Украине характеризуется следующим образом:

1) Фирменное обслуживание американской компании «Форд» [5]:

- инженеры «Форд» используют собственные разработанные специальные методики проведения техобслуживания автомобилей марки «Форд», благодаря которым диагностика и устранение возможных неисправностей проводятся быстро и на самом высоком уровне;
- профессионалы компании «Форд» и ее официальные дилеры прошли специальную подготовку;
- техобслуживание в сервис-центрах «Форд» является лучшей гарантией того, что все предусмотренные операции по проверке и регулировке будут выполнены качественно и в полном объеме, обеспечивая тем самым отличные эксплуатационные характеристики вашего автомобиля;
- специалисты фирменных сервис-центров «Форд» работают на современном высокотехнологичном оборудовании, используя только оригинальные материалы и запчасти, изготовленные специально для вашего автомобиля и рассчитанные на длительный срок эксплуатации;
- обслуживание у официальных дилеров «Форд» увеличивает стоимость автомобиля в случае его перепродажи. Сервисная книжка, в которой проставлены штампы официальных дилеров «Форд», - лучшее доказательство качественного обслуживания автомобиля.

2) Фирменное обслуживание японской компании «Ниссан» – на фирменных СТО «Ниссан» запасные части представлены для автомобиля любой модели. Это стало возможным благодаря прямым поставкам деталей с заводов, поэтому в салоне, или на

складе постоянно имеются в наличии даже редкие детали, которые, в силу пониженного спроса, практически невозможно найти на обычных СТО. Если детали заканчиваются, менеджер по закупкам отправляет запрос на поставку новой партии незамедлительно, что позволяет гарантировать практически стопроцентное наличие запчастей «Нисан» на специализированных станциях технического обслуживания.

3) Фирменное обслуживание немецкой компании «Мерседес»:

– компания «Мерседес» – первый концерн, определивший критерии, которым должен соответствовать фирменный центр обслуживания автомобилей, а также создала сеть своих центров во многих городах мира.

– создана технология обслуживания автомобилей собственного выпуска, которая не доступна посторонним. Для проведения ремонтных работ используются собственные базы данных, без доступа к которым невозможно осуществить настройку и ремонт двигателя. Также для ремонта принимаются исключительно фирменные запасные части, которые поставляются только официальным партнерам в автосервис «Мерседес».

– официальная поддержка производителя включает кроме доступных баз данных, поставки фирменного оборудования и запасных частей, предоставление регулярных сведений о новых технических разработках, новых способах диагностики, произведенных усовершенствованиях. Персонал этих предприятий получает консультации от специалистов завода, проходит регулярное обучение в целях повышения квалификации.

В Украине функционируют обычные станции технического обслуживания, но назвать их фирменными нельзя, так как они не связаны с автопроизводителями. На сервисных станциях украинской компании «Таврия» работает высококвалифицированный персонал, который проходит обязательное обучение и повышает квалификацию в учебных центрах крупнейшей автомобильной корпорации «УкрАВТО». Мастера сервисного центра выполняют диагностические и ремонтные работы любой сложности, что говорит о достаточности выполнения гарантированного технического сервиса на наших СТО.

Проведенный анализ СТО зарубежных стран свидетельствует о целесообразности разработки организационно-технических решений по улучшению качества, уменьшению затрат ТО и Р, а также увеличению проходимости автомобилей. Для более качественного фирменного обслуживания на Украине необходимы:

– разработка специальных методик проведения ТО автомобилей марок украинских производителей;

– профессионализм украинских компаний – производителей автомобилей;

– наличие на фирменных СТО запасных частей для автомобилей украинских производителей любой марки;

– предоставление регулярных сведений о новых технических разработках, новых способах диагностики, произведенных усовершенствованиях.

С выполнением этих требований в Украине появятся фирменные станции обслуживания автомобилей отечественных производителей, что даст возможность осуществить более полное и качественное ТО и Р автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыжова В. Ю. Использование в технической эксплуатации автомобиля системы ОР-Д-УН // Сборник научных работ всеукраинской научно-практической конференции «Новітні досягнення автомобільного транспорту». – Николаев, 2013. – С. 66.

2. Резник Л. Г., Ромалис Г. М., Чарков С. Т. Количественная оценка приспособленности автомобилей к условиям эксплуатации. – Тюмень : ТИИ, 1982. – 29 с.

3. Хлявич А. И. Обслуживание автомобилей населения: организация и управление / А. И. Хлявич – М. : Транспорт, 1989. – 219 с.

4. Фастовцев Т. Ф. Организация технического обслуживания и ремонта легковых автомобилей / Т. Ф. Фастовцев – М. : Транспорт, 1989. – 240 с.

5. Волгин В. В. Автосервис: маркетинг и анализ / В. В. Волгин – М. : Издательство торг. корпорации Дашков и Ко, 2004.

СЕКЦІЯ 3:

**СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ**

ВНЕЗАПНЫЕ И СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ОТКАЗЫ КРАНОВЫХ КАНАТОВ

Абракитов В.Э., Фарина И.А.

Харьковский национальный университет городского хозяйства
(Украина)

Введение. В процессе производства работ портовыми кранами создается опасность для жизни и здоровья человека. Работа с портовыми кранами сопряжена с определенным риском не только для обслуживающего персонала, но и для всех лиц, находящихся в зоне потенциальной опасности.

Защита работающих от воздействия опасных и вредных производственных факторов является актуальной проблемой охраны труда в промышленности [1, 2]. Одними из видов производственного оборудования является портовые краны, которые применяются для подъема и перемещения грузов при выполнении периодических работ, отсутствии силового токоподвода на складах, а также применяются на открытых площадках, для подъема и перемещения изделий из черных металлов, обладающих магнитными свойствами, для подъема и перемещения насыпных грузов, для перемещения грузов большой массы. Кроме того, они могут быть использованы для монтажных и ремонтных работ, и еще много другого.

Актуальность исследования заключается в необходимости повышения безопасности условий труда при эксплуатации канатов кранов в целях оптимизации технологических процессов, повышения производительности.

Отмечающаяся стабильность показателей травматизма позволяет судить о недостаточной эффективности существующих способов обеспечения безопасности труда при эксплуатации канатных кранов.

Поставлена задача на повышение безопасных условий труда при эксплуатации мостовых кранов путем количественной оценки и прогнозирования опасности возникновения обрыва подъемных канатов с учетом качества их изготовления, а также статистических и экспериментальных данных по их наработке и несущей способности.

Во многих случаях, когда канат подвержен систематическим отказам, одновременно существует опасность выхода его из строя также из-за внезапных отказов.

При совместном действии систематических и внезапных отказов значение $P(t)$ может быть подсчитано по теореме умножения вероятностей, так как исследуемое событие – безотказность работы каната за время t – заключается в выполнении двух условий: безотказности от износа повреждений (систематических отказов) $P_u(t)$ и безотказности от внезапных выходов из строя $P_e(t)$. При независимости этих отказов

$$P(t) = P_t(t)P_e(t).$$

Таким образом, если известны параметры законов распределения (T_{cp} ; σ ; λ), можно подсчитать вероятность безотказной работы каната.

Так, если систематические отказы подчиняются нормальному закону распределения, а внезапные – экспоненциальному, формула (1) примет следующий вид:

$$P(T) = \left[0,5 + \Phi \left(\frac{X_{max} - a_0 - \gamma_{cp} T}{\sqrt{\sigma_a^2 - \sigma_\gamma^2 T^2}} \right) \right] e^{-\lambda T} \quad (1)$$

Из рис. 1 следует, что в начальный период эксплуатации каната основное влияние на $P(t)$ оказывают внезапные отказы, а затем все большее значение приобретают систематические отказы.

В некоторых случаях физика отказа одновременно содержит в себе элементы как систематических, так и внезапных отказов.

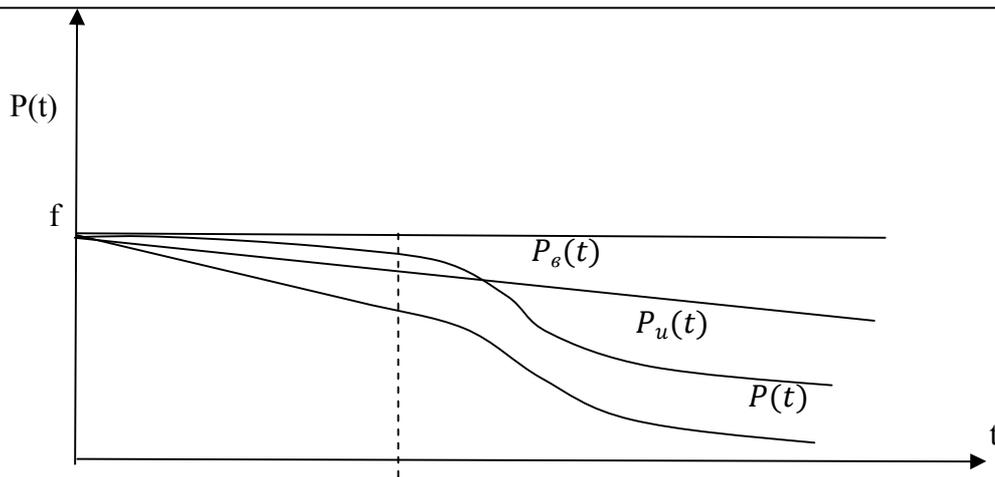


Рисунок 1 – Совместное действие внезапных и постепенных отказов

Период времени до зарождения микротрещины проволок каната характеризуется признаками внезапного отказа, а процесс разрушения (обрыв) – признаками систематического отказа. В этих случаях для вероятностной характеристики отказов необходимо применять такие законы распределения, которые могут отражать своеобразие причин и процессов, приводящих к отказу каната.

Однако более правильно в этом случае не просто подбирать подходящий закон, а рассмотреть схему возникновения отказа, поскольку имеет место последовательное действие причин, приводящих к отказу. Вначале должна проявиться причина (событие A), приводящая к последующему процессу разрушения. Возникновение события A подчиняется закономерностям внезапного отказа. Затем наступает износный процесс, в результате чего может возникнуть систематический отказ. Это событие B , зависимое от A , т.е. (B/A) , так процесс износа может начаться только после появления причины A .

Отказ от действия этих двух причин является сложным событием $(A \cdot B)$, так как для его возникновения необходимы и событие A , и событие B . Поэтому по теореме умножения вероятности отказа будет равна

$$PF(AB) = F(A)F(A/B) \quad (2)$$

или учитывая, что вероятность безотказной работы для внезапных отказов $P_v = 1 - F(A)$, а для систематических $P_n = 1 - F(B/A)$, получим

$$P(t) = 1 - (1 - P_v)(1 - P_n) \quad (3)$$

Например, если для данных условий $P_v = 0,9$ и $P_n = 0,95$, то при одновременном действии внезапных и систематических отказов по формуле (1) $P(t)$ во втором случае объясняется тем, что при последовательном действии отказов после возникновения события A (например, появление обрывов проволок) у каната остается еще некоторый запас работоспособности.

В ряде случаев может иметь такая схема взаимодействия систематических и внезапных отказов, когда некачественное изготовление снижает уровень сопротивляемости каната внезапным отказам. Тогда в течение некоторого периода времени T_0 , когда эквивалентные максимальные нагрузки $Q_{эк}$ меньше допустимых $Q_{доп}$, опасности возникновения внезапных отказов нет. При падении допустимых значений $Q_{доп}(t)$ из-за износа каната, начиная со значения $Q_{эк} = Q_{доп}$, появляется вероятность возникновения внезапного отказа. Поэтому кривая $P(t)$ имеет зону с $P(t)=1$ ($0 < t < T_0$), после чего $P(t)$ подчиняется экспоненциальному закону, т.е. закону внезапных отказов.

Выводы. Результаты выполнения исследований, анализ статистических и экспериментальных данных дали возможность получить ряд выводов и практических результатов.

Выполнен анализ моделей формирования систематических и внезапных отказов с учетом рассеивания начальных параметров каната и проведена оценка различных ситуаций, проводящих к систематическим и внезапным отказам канатных систем.

Установлены законы статистических распределений наработки и несущей способности канатов, позволяющие прогнозировать выбор канатов для конкретных типов и условий эксплуатации грузоподъемных кранов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конституция Украины II раздел: офиц. текст: [принятая на пятой сессии Верховной Рады Украины 28 июня 1996 г. с изменениями, внесенными Законом Украины от 8 ноября 2004 г.: состоянием на 1 января 2006 г.]. — К. : Мин-во Юстиции Украины, 2006. — ст. 43, 45, 49.

2. Закон Украины про охрану труда: офиц. текст [ведомости Верховной Рады Украины, 1992, №49, ст.668, вводится в действие Постановой ВР № 2695 – XII (2695 – 12) от 14,10,92, ВВР, 1992, №49, ст. 669].

3. Державний стандарт України ДСТУ 2293-99 Охорона праці терміни та визначення основних понять. – Действительный от 2000-01-01

4. НПАОП 0.00-1.01-07 Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів.

5. Гостехнадзор Украины «О промышленной безопасности опасных производственных объектов», 1998. – 32с

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Афанасьев В.А., Наталуха Ю.В., Токарев В.В.,
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(Украина)

Введение. Восстановление (реставрация) изображений – это научное направление по разработке методов и средств компенсации искажений, вносимых в изображения в процессе их формирования, регистрации или передачи. Во многих случаях искажение можно приближенно считать следствием линейного преобразования исходного сигнала. Это происходит, например, в результате турбулентности атмосферы, движения или аберраций оптической системы. Другая особенность наблюдаемого изображения – наличие в нем аддитивных случайных помех (шумов). Шумы возникают в трактах формирования, передачи и приема сигналов.

Актуальность. В последнее время широкое распространение получили линейные методы восстановления изображений (ВИ), которые применяются в пространственной или частотной областях [1-5]. При этом для описания двумерных сигналов (полей) используются как детерминистский, так и статистический подходы.

Пусть $g(x, y)$ и $f(\tau, \eta)$ – распределения интенсивностей излучения в плоскости изображения и оригинала соответственно, $h(x, y, \tau, \eta)$ – функция рассеяния точки (ФРТ) в предположении, что система отображения линейна.

Общее уравнение для описания $g(x, y)$ имеет вид:

$$g(x, y) = \int_{-\infty-\infty}^{\infty} \int_{-\infty-\infty}^{\infty} f(\tau, \eta) h(x, y, \tau, \eta) d\tau d\eta + n(x, y), \quad (1)$$

где $h(x, y)$ – аддитивный случайный шум [1,3,4]. Для пространственно-инвариантной ФРТ $h(x, y, \tau, \eta) = h(x-\tau, y-\eta)$, и интеграл в правой части (1) приводит к двумерной свертке, т.е.,

$$g(x, y) = \iint_{R^2} f(\tau, \eta) h(x-\tau, y-\eta) d\tau d\eta + n(x, y). \quad (2)$$

Принимая форму искажений, описываемую выражениями (1) или (2), задачу восстановления $f(\tau, \eta)$ можно сформулировать так: при известной $g(x, y)$ найти хорошую оценку f , обозначаемую $\hat{f}(x, y)$, имея в распоряжении априорную информацию о величинах f, h, n . Применяемые методы реставрации изображений используют разное количество известной априорной информации и различные критерии качества оценки \hat{f} . Для получения оценки \hat{f} можно применять как непрерывную, так и дискретную модель восстановления. В первой модели весь процесс реставрации изображений согласно (1), (2) рассматривается как непрерывный. Функции $g(x, y)$, $f(\tau, \eta)$, $h(x, y)$, $n(x, y)$ полагаются кусочно-непрерывными. Примерами такого подхода могут служить методы инверсной, винеровской фильтрации, управляемой линейной фильтрации. В этих методах ВИ осуществляется путем применения соответствующих реставрирующих фильтров в частотной области. Известны также и другие методы линейной фильтрации, действующие в частотной области [1, 3]. В дискретной модели предполагается, что все компоненты преобразований (1), (2) представлены в виде отсчетов функций f, h, g, n . Для реставрации при этом используются численный анализ и аппарат линейной алгебры [4, 5].

Цель статьи заключается в том, чтобы представить новый класс финитных деконволюционных окон (ФДО) для ВИ в пространственной области на основе атомарных функций. При этом используется статистический подход для описания двумерных сигналов. Применение ФДО позволяет построить эффективные алгоритмы ВИ, требующие небольшого количества арифметических операций по сравнению с алгоритмами, основанными на преобразовании Фурье.

Постановка задачи и метод решения. Задачу ВИ можно представить в следующей форме. Пусть $T(x, y)$, $N_1(x, y)$, $N_2(x, y)$ - независимые случайные однородные поля (СОП) с нулевым средним значением, у которых спектральные плотности $S(\lambda_1, \lambda_2)$, $S_1(\lambda_1, \lambda_2)$, $S_2(\lambda_1, \lambda_2)$ соответственно предполагаются известными. Истинное изображение $T_u(x, y)$ имеет вид: $T_u(x, y) = T(x, y) + A$, $A > 0$. Наблюдаемое изображение $T_n(x, y)$ представим в форме:

$$T_n(x, y) = \iint_{R^2} K(x-\tau, y-\eta) [T_u(\tau, \eta) + N_1(\tau, \eta)] d\tau d\eta + N_2(x, y), \quad (3)$$

где $K(x, y)$ - ФРТ, $K(x, y) \in L_1(R^2)$, $N_1(x, y)$ и $N_2(x, y)$ - шумы на входе и выходе приемника изображений соответственно. Равенство (3) представим в виде:

$$T_n(x, y) = K(x, y) * [T(x, y) + N_1(x, y)] + N_2(x, y) + A,$$

где $A_1 = K(x, y) * A = M[T_n(x, y)]$, $M\delta$ - математическое ожидание случайной величины δ . Рассмотрим СОП $T_{no}(x, y) = T_n(x, y) - A_1$, для которого $M[T_{no}(x, y)] = 0$. Оценку $T_e(x, y)$ изображения $T_u(x, y)$ получим таким образом. Первоначально найдем оценку $T_{eo}(x, y)$ сигнала $T(x, y)$ в виде:

$$T_{eo}(x, y) = W(x, y) * T_{no}(x, y),$$

где $W(x, y)$ - ФДО. Далее, положим $T_e(x, y) = T_{eo}(x, y) + A$. Функция $W(x, y)$ определяется так:

$$W(x, y) = \sum_{k=1}^m C_k h_{\alpha_1}[\beta_1(x-d_{k1})] h_{\alpha_2}[\beta_2(y-d_{k2})], \quad (4)$$

где $h_\alpha(x)$ - атомарная функция,

$$h_\alpha(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} e^{itx} \prod_{j=1}^{\infty} \frac{\sin(t\alpha^{-j})}{t\alpha^{-j}} dt, \quad \alpha > 1,$$

d_{k1} , d_{k2} - параметры сдвига, β_1 , β_2 - коэффициенты растяжения-сжатия.

Неизвестные коэффициенты C_k в (4) найдем из условия минимума функционала:

$$\Phi(W) = M [T_{eo}(x, y) - T(x, y)]^2.$$

Набор чисел d_{k1} , d_{k2} , β_1 , β_2 позволяет задать форму носителя $W(x, y)$. Предполагая функцию $K(x, y)$ четной по x и y , естественно считать, что и $W(x, y)$ является четной по x и y . Обозначим через $K_1(\lambda_1, \lambda_2)$, $W_1(\lambda_1, \lambda_2)$ преобразования Фурье функций $K(x, y)$ и $W(x, y)$. Пусть

$$F(\lambda_1, \lambda_2) = S(\lambda_1, \lambda_2) [1 - 4\pi^2 K_1(\lambda_1, \lambda_2) W_1(\lambda_1, \lambda_2)]^2 + 4\pi^2 W_1^2(\lambda_1, \lambda_2) [S_2(\lambda_1, \lambda_2) + 4\pi^2 K_1^2(\lambda_1, \lambda_2) S_1(\lambda_1, \lambda_2)].$$

Тогда

$$\Phi(W) = \iint_{R^2} F(\lambda_1, \lambda_2) d\lambda_1 d\lambda_2, \quad (5)$$

Отметим, что

$$W_1(\lambda_1, \lambda_2) = \frac{1}{2\pi\beta_1\beta_2} \tilde{h}_{\alpha_1}\left(\frac{\lambda_1}{\beta_1}\right) \tilde{h}_{\alpha_2}\left(\frac{\lambda_2}{\beta_2}\right) \sum_{k=1}^m C_k \cos(d_{k1}\lambda_1 + d_{k2}\lambda_2),$$

где $\tilde{h}_\alpha(\lambda) = \prod_{j=1}^{\infty} \frac{\sin(\alpha^{-j}\lambda)}{\alpha^{-j}\lambda}$.

Введем вспомогательные функции

$$\Psi_k(\lambda_1, \lambda_2) = \cos(d_{k1}\lambda_1 + d_{k2}\lambda_2);$$

$$g(\lambda_1, \lambda_2) = \frac{1}{\beta_1\beta_2} \tilde{h}_{\alpha 1}\left(\frac{\lambda_1}{\beta_1}\right) \tilde{h}_{\alpha 2}\left(\frac{\lambda_2}{\beta_2}\right);$$

$$\phi(\lambda_1, \lambda_2) = 2\pi g(\lambda_1, \lambda_2) K_1(\lambda_1, \lambda_2).$$

Из условия минимума $\Phi(W)$ следует, что $\partial\Phi/\partial C_e = 0$. Отсюда получаем систему линейных алгебраических уравнений относительно C_k :

$$\sum_{k=1}^m A_{ek} C_k = B_e; \quad e=1,2,\dots,m,$$

где

$$A_{ek} = \iint_{R^2} \langle \{ [S(\lambda_1, \lambda_2) + S_1(\lambda_1, \lambda_2)] \phi^2(\lambda_1, \lambda_2) + S_2(\lambda_1, \lambda_2) g^2(\lambda_1, \lambda_2) \} \times$$

$$\times \Psi_e(\lambda_1, \lambda_2) \Psi_k(\lambda_1, \lambda_2) d\lambda_1 d\lambda_2 \rangle,$$

$$B_e = \iint_{R^2} S(\lambda_1, \lambda_2) \phi(\lambda_1, \lambda_2) \Psi_e(\lambda_1, \lambda_2) d\lambda_1 d\lambda_2.$$

Выводы. В результате исследований получен новый класс ФДО в виде линейной комбинации произведений сдвигов атомарных функций для ВИ, имеющих структуру СОП непрерывного аргумента. Практическая значимость результатов исследования заключается в том, что применение ФДО позволяет создать алгоритмы ВИ, которые требуют небольшого количества арифметических операций по сравнению с алгоритмами, основанными на преобразовании Фурье. Использование атомарных функций в представлении (4) оправдано их хорошими аппроксимационными свойствами, тем, что они являются финитными, а также тем, что их преобразования Фурье достаточно быстро убывают на бесконечности. Отметим, что в дальнейшем алгоритмы ВИ на основе ФДО можно применить не только к искаженным и зашумленным СОП, но также к изображениям, которые можно сегментировать на участки, имеющие структуру таких полей. При этом различным участкам соответствуют различные спектральные плотности и функции $K(x, y)$. Кроме того, возможно рассмотрение функций $K(x, y)$ достаточно общего вида, без предположения их четности по x и y . Как следствие, изменится вид функции $F(\lambda_1, \lambda_2)$ в (5).

ЛИТЕРАТУРА

1. Василенко Г. И., Тараторин А. М. Восстановление изображений. – М. : Радио и связь, 1986. – 302 с.
2. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов. – М. : Мир, 1988. – 486 с.
3. Обработка изображений и цифровая фильтрация / Под ред. Т. Хуанга. – М. : Мир, 1979. – 319 с.
4. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Т. 2. – М. : Мир, 1982. – 742 с.
5. Ярославский Л. П. Введение в цифровую обработку изображений. – М. : Сов. радио, 1979. – 312 с.

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ

Бабенко Н.И.,

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Вступление. Эффективное функционирование перемещающихся объектов требует понимания различных взаимосвязей между факторами, оказывающими непосредственное влияние на значение результативного показателя, и результатами функционирования системы в целом. При принятии управленческих решений необходимо знать систему их взаимосвязей.

Актуальность исследования. В современных условиях внутренняя и внешняя среда социально-экономических объектов все более приобретает свойства нестабильности и неопределенности. Нестабильность проявляется в том, что темпы изменения среды растут, а неопределенность – в том, что возникающие ситуации все чаще становятся не узнаваемыми, неопределенными, а подчас совершенно новыми. Этот факт выдвигает требования повышения эффективности управленческих решений, которые обусловлены влиянием динамических факторов внутренней и внешней среды функционирования перемещающихся объектов. Однако, определение степени влияния определяющих факторов и установление среди них ключевых затруднено, поскольку существующие методы оценки факторного влияния не всегда отвечают современным условиям. В связи с этим возникает методическая проблема принятия управленческих решений, основанная на учете ключевых показателей и факторов, возлагающая все бремя управления на интуицию руководителя. В работе предложено решение проблемы определения ключевых факторов, необходимых для принятия адекватных управленческих решений по управлению перемещающимися объектами производить путем использования кластерного анализа.

Теоретико-методологические аспекты применения кластерного анализа широко представлены в научных публикациях [1-3]. Однако, вопросы прикладных возможностей применения методов кластерного анализа при изучении явлений и процессов в динамике, то они пока не нашли глубокого изучения и широкого рассмотрения в печати.

Постановка задачи. Использование кластеризации для создания внутреннего образа системы с максимально полным сохранением информации о плотности данных, позволяющей эффективно решать класс труднорешаемых задач определения физических показателей при динамических изменениях перемещающихся объектов.

Изложение основного материала. Кластерный анализ принадлежит к классу многомерных методов, предназначенных для формирования относительно удаленных друг от друга групп однородных объектов на основании информации о расстояниях или связях между ними и позволяет классифицировать многомерные наблюдения, каждое из которых описывается набором выходных переменных $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$. Его можно использовать как для анализа структуры показателей, характеризующих явления и процессы по данным матрицы корреляций, так и для анализа объектов и субъектов по уровням, которые описываются равноправными признаками.

При этом каждая единица совокупности рассматривается как точка в заданном пространстве. Для определения евклидова расстояния между точками признакового пространства необходимо рассчитать нормированную разность, т.е. величину $d_{j_{p,q}}$:

$$d_{j_{p,q}} = \frac{x_{jp} - x_{jq}}{\sigma_{xj}}, \quad (1)$$

где $x_{jp} - x_{jq}$ – абсолютная разность значений j -го признака у единиц совокупности с номерами p и q ; σ_{xj} – среднее квадратичное отклонение признака x_j .

На основе представленных данных формируется матрица евклидовых расстояний, служащая основой агломеративно-иерархического метода классификации

С учетом нормировки разности признаков расстояние между любыми единицами совокупности имеет вид:

$$d_{p,q} = \sqrt{\sum_{j=1}^k d_{j,p,q}^2} \quad (2)$$

Матрица евклидовых расстояний отображает сходство и отличие физических показателей при динамических изменениях перемещающихся объектов. Чем меньше значение $d_{p,q}$, тем выше степень сходства показателей и комбинаций в кластере. И наоборот, чем больше соответствующее значение, тем большее отличие между физическими показателями при динамических изменениях перемещающихся объектов.

Процедура классификации состоит из последовательных шагов, на каждом из которых производится объединение двух ближайших групп объектов. Перед кластеризацией каждое интеграционное формирование рассматривается как отдельный кластер.

Результатом исследований является построение с помощью программы STATISTICA 8 древовидной диаграммы, которая дает представления о количестве возможных кластеров, объединяющих физические показатели при динамических изменениях перемещающихся объектов.

Наличие резкого скачка средних отклонений физических показателей и факторов динамики их изменений можно интерпретировать как характеристику числа кластеров, которые объективно существуют в исследуемой совокупности, то есть на шаге, где значение коэффициента увеличивается скачкообразно, процесс объединения в новые кластеры необходимо остановить, поскольку иначе будут объединены кластеры, которые находятся на относительно большом расстоянии один от другого.

Полученные результаты кластерного анализа позволяют ранжировать физические показатели при динамических изменениях перемещающихся объектов с одной стороны по степени надежности, а с другой – по степени эффективности. Следует отметить, что показатели эффективности характеризуют тактическое развитие, обеспечивая возможность опережающего воздействия на протекающие процессы. Степень надежности уменьшается при переходе от одного кластера к другому. Наиболее надежными являются данные первого кластера. По эффективности показателей динамических перемещений наиболее эффективен последний кластер, объединяющий группы однородных физических показателей с общими свойствами.

Выводы. Подход к разработке управленческих решений с помощью кластерного анализа имеет возможность качественно улучшить систему управления посредством адекватного реагирования на влияние ключевых факторов, воздействующих на характеристики перемещающихся объектов.

Применение кластерного анализа позволяет разрабатывать управленческие решения, на основании которых могут быть оценены те или иные стратегические решения. При этом выбор уже сформулированной альтернативы основывается не на двух, трех, а на многих факторах, представляющих собой интегральные или результирующие характеристики. Преимущество использования кластерного анализа заключается в применении значительно большего числа факторов, относящихся и к внутренней, и к внешней средам взаимодействия физических объектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мандель И. Д. Кластерный анализ. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 176 с.
2. Брюханов В. В. Кластерный анализ как метод определения ключевых факторов. – ГОУ ВПО КГТЭИ, 2006. – С. 33-36.
3. Ким Дж.-О., Мюллер Ч.У. и др. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ : Пер. с англ. – М. : Финансы и статистика, 1989. – 215 с.

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СУДОВОЖДЕНИЯ

Безбах О.М., Леонов В.Е.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. На основе измерений, поступающих от датчиков информации – гирокомпаса, лага, радиолокационной (РЛС) и радионавигационной (РНС) станций – по обратным связям, управляющая часть (судоводитель) сравнивает фактическое состояние объекта с желаемым, определяемым заданной извне целью управления (задачей). Производятся законы управления исполнительными средствами (авторулевым, винтом регулируемого шага, рулевыми устройствами) с учетом ограничений. Управляющие воздействия на объект вызывают его движение к заданному состоянию, также компенсируются отклонения, возникающие от возмущений внешней среды.

Если подробно и тщательно изучать поведение системы, то всегда неизбежно сталкиваются с наличием некоторых случайных факторов, влияющих на ее состояние. Разработка методов выполнения отдельных операций, формулы для планирования целей и учет различных факторов должны основываться на хорошем знании морской практики, поэтому формализацию операций осуществляют в тесном контакте со специалистами, которые практически занимаются вопросами судовождения.

Во многих случаях при описании операции и процессов приходится привлекать сложный математический аппарат или упрощать взаимодействия переменных, отступая от реальной действительности. В результате создается математическое описание процесса выполнения операции – его математическая модель. Дальнейшее исследование модели позволяет выявить и решить проблемы получения необходимой информации, ее переработки и использования, установить возможность создания автоматизированной системы, соответствующего качества, стоимости и надежности согласно поставленным целям, с учетом наличия конкретных датчиков, вычислительных устройств, регуляторов.

Во многих случаях выясняется, что создать автоматизированную систему, отвечающую поставленным целям, не представляется возможным или из-за отсутствия ее математических описаний и технических средств, или по экономическим причинам. Возникает проблема компромиссного выбора структуры и функций системы, при этом исходят из расчетной эффективности ее работы и необходимых затрат на создание.

Актуальность исследований. На морском флоте подробнее все разработаны и экономически фактически обоснованы автоматизированные системы обслуживания и регулирования параметров судовой энергетической установки, главных и вспомогательных двигателей, различных судовых устройств и систем. Темп их внедрение на судах растет. В области судовождения подробно разработанными являются процессы:

- определения местоположения и скорости судна по данным разных навигационных систем;
- стабилизации судна на заданных курсе и маршруте;
- получения, обработки и индикации радиолокационной информации об элементах движения встречных судов и ситуациях сближения с ними;
- управления средствами радиосвязи.

Созданы навигационные комплексы, которые успешно решают эти задачи. Они установлены на пассажирских лайнерах и многотоннажных грузовых судах. Другие процессы в судовождения также автоматизируют по мере разработки алгоритмов решения задач автоматизации. К таким задачам относятся управление перегрузочными операциями на танкерах, планирование размещения и учет груза на сухогрузных судах, а также финансовые, снабженческие и другие расчеты.

В то же время достаточно много задач, которые еще не формализованы, поэтому устранить судоводителя от их решения пока невозможно. К таким задачам, относятся выбор маршрута плавания на основе правильной оценки гидрометеоинформации, управление судном в стесненных навигационных условиях, выполнение расхождения с судами, проведения швартовых операций.

Чтобы своевременно и правильно принимать ответственные решения, судоводитель наряду с традиционными приемами управления судном должен обладать знаниями и навыками работы с автоматизированными системами судовождения. Человек принимает решения и выполняет действия на основе типовых, стандартных ситуаций, для которых уже выработаны общие правила поведения.

Постановка задачи. Система массового обслуживания (СМО) состоит из некоторого числа обслуживающих единиц, которые называются каналами или средствами обслуживания, и очереди ожидающих на обслуживание требований, заявок клиентов – N (рис. 1). Целью решения задачи обслуживания является минимизация суммарных затрат за время T_p , связанных с ожиданием обслуживания и потерями от простоя средств обслуживания.

К системам массового обслуживания относятся следующие: транспортные, сбор и обработка информации, ремонт и техническое обслуживание оборудования, управление подвижными объектами. К ним относят также системы управления материальными трудовыми и финансовыми ресурсами, анализа надежности работы различных технических средств.

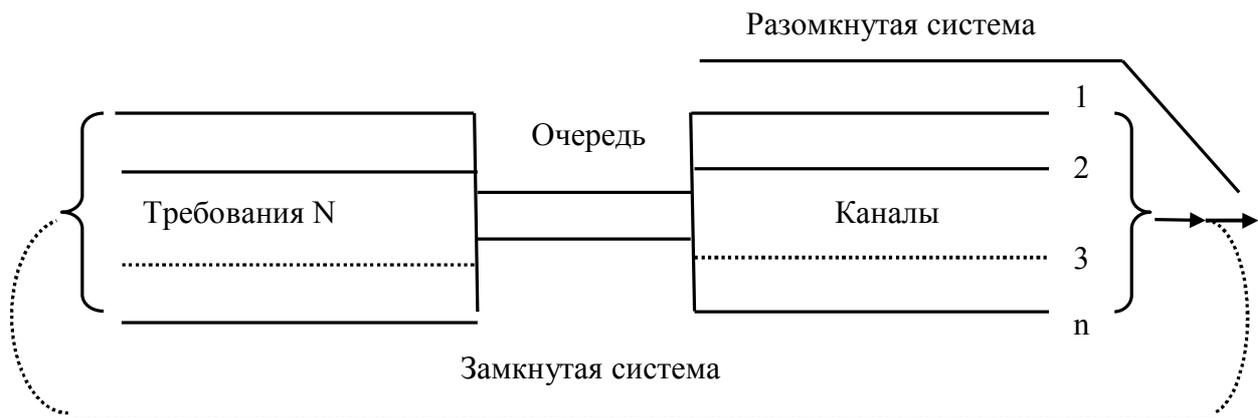


Рисунок 1 – Схема СМО для моделирования процессов в судовождении

Постановкой задачи обычно предполагается или формирование рационального потока поступления требований N в существующую систему, или обеспечения системы соответствующими средствами обслуживания n , или одновременное решение этих вопросов. Примерами таких вопросов могут служить ряд специфических вопросов судовождения:

- с какого числа судов, какого типа и класса формировать караван для проведения его ледоколом;
- сколько нужно буксиров, средств для швартовки, причалов в порту;
- как часто надо вводить в судовую ЭВМ внешнюю информацию, меняется, и как часто необходимо выдавать судоводителям обработанные результаты;
- сколько и каких специалистов нужно иметь на судне для обеспечения безопасности плавания и эффективности работы судовых систем.

В случае обработки радиолокационной информации системы массового обслуживания пригодятся при моделировании вероятности своевременной обработки РЛ информации автоматическими устройством при известных: времени, сколько затрачивается на обработку РЛ информации на одно судно, времени появления встречных судов на экране РЛС и т.д.

Результаты исследований. Основным понятием при анализе процесса обслуживания является состояние системы, т.е. ее описание, на основании которого можно предсказать ее вероятное поведение в будущем [2]. При этом обычно прогноз ведется в рамках теории Маркова А. А., т.е. когда поступление потока требований и их обслуживание принимаются:

- простейшими (пуассоновскими), а именно стационарными – однородными и не зависящими от начала отсчета времени;
- без следствия, когда число требований за период $t + \tau$ не зависит от числа их за период t ;
- ординарными, когда невозможно поступления одновременно более одного требования за короткое время τ .

При этих условиях законы распределения времени поступления требований и их обслуживание за короткое время τ принимаются экспоненциальным. Поэтому при постоянной интенсивности поступления требований λ и их обслуживание μ вероятность поступления требований за время τ

$$F_n(\tau) = P(\bar{t}_n < \tau) = 1 - e^{-\lambda\tau} \approx \lambda\tau, \quad (1)$$

где \bar{t}_n – математическое ожидание времени до поступления очередного требования ($\bar{t}_n = 1/\lambda$).

Вероятность обслуживания требования за время τ

$$F_{об}(\tau) = P(\bar{t}_{об} < \tau) = 1 - e^{-\mu\tau} \approx \mu\tau, \quad (2)$$

где $\bar{t}_{об}$ – математическое ожидание времени обслуживания требования ($\bar{t}_{об} = 1/\mu$).

Чем сложнее система массового обслуживания и чем больше она имеет каналов, тем точнее результаты, полученные в рамках Марковской теории. Различают системы массового обслуживания двух типов:

- с отказами, когда пришло требование в случае занятости всех каналов навсегда покидает систему;
- с ожиданием (очередью), когда поступил требование ждет освобождения одного из каналов ограничено или неограниченное время, это требование берут на обслуживание в порядке поступления согласно случайной выборке или с приоритетом.

Выводы. В теории систем массового обслуживания существуют математические описания процессов обслуживания (модели СМО) и соотношения для вычисления их основных характеристик. Наметились тенденции использования теории СМО для исследования системы управления судном (СУС), при этом необходимые исходные данные обычно получают из статистического анализа реальных процессов. Термины теории СМО используются на морском транспорте и в судовождении следующим образом:

- канал обслуживания – судоводители или ЭВМ, использующих комплекс технических средств информации и управления;
- требование или заявка – появление необходимости выполнения той или иной операции;
- интенсивность требований λ – среднее число навигационных и других задач, ступают для выполнения за определенный промежуток времени;
- интенсивность обслуживания μ – среднее число задач (операций), выполняемых системой за определенный промежуток времени.

Для СУС могут быть приемлемы различные модели СМО в зависимости от рода задач, внешних условий и организации службы на судне. Иногда поступают требования, которые могут ждать время начала обслуживания любых каналом, а иногда должны быть

обслужены немедленно, иначе наступит отказ СУС. Наиболее просто разрабатываются модели и оценивается эффективность работы одноканальных СМО с отказами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дмитриев В. И., Леонов В. Е. Обеспечение безопасности плавания судов и предотвращение загрязнения окружающей среды. – Херсон : Издательство ХГМА, 2012. – 397 с.
2. Менеджмент морських ресурсів: навчальний посібник / уклад. : О. П. Безлуцька, А. П. Бень, М. О. Колегаєв, Л. А. Кошлик, Л. Б. Кулікова, О. М. Лещенко, В. Б. Нестеренко, К. В. Перепадя, С. М. Тригуб, В. Ф. Ходаковський, М. М. Цимбал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2011. – 100 с.
3. Вагущенко Л. Л. Системы автоматического управления движением судна. – Одесса : Латстар, 2002. – 310 с.
4. Вагущенко Л. Л., Кошовий А. А. Автоматизовані комплекси судноводіння. – Київ : КВІЦ, 2001. – 292 с.
5. Березин С. Я., Тетюев Б. А. Системы автоматического управления движением судна по курсу. – Л. : Судостроение, 1990. – 256 с.
6. Васильев А. В. и др. Управляемость судов. – Л. : Судостроение, 1989. – 328 с.

ИЗМЕРИТЕЛЬ КООРДИНАТ ПРИ АСТРОНОМИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА СУДНА

Бобыр В.А.,

Одесская национальная морская академия
(Украина)

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими задачами. Используемые в настоящее время методы астрономического определения места судна по одновременным наблюдениям высот нескольких не-бесных светил или разновременным наблюдениям одного светила с помощью навигационного секстана, дальнейшие вычисления и графические построения необычайно сложны, трудоемки и требуют специальной и длительной подготовки наблюдателей. Достаточно сказать, что эти методы по существу не изменились, начиная еще с 70-х годов XIX века. Поэтому они не отвечают современным требованиям к простоте, быстроте и точности получения информации. Так обстоит дело на морских судах, военных кораблях и подводных лодках, самолетах и пилотируемых космических кораблях [1-4].

По этим причинам, например, Международной конвенцией СОЛАС-74 в 2001 г. навигационные секстаны, принципиальная конструкция которых была разработана еще в 1730 г., исключены из перечня обязательных навигационных систем и оборудования для обеспечения безопасности морских судов [5]. Однако требования Международной конвенции ПДНВ 78-95 к минимальным знаниям, пониманию и профессиональным навыкам вахтенных помощников капитана в части мореходной астрономии остались прежними [6].

Анализ опыта работы на морских судах показывает, что судоводители в своем подавляющем большинстве не пользуются секстаном, даже если он и сохранился на борту. Основным средством определения места стала GPS-навигация.

Однако изменяющееся магнитное поле Земли может привести к значительному уменьшению его защитной функции от солнечного излучения. В сочетании с продолжающимися в настоящее время множественными вспышками на Солнце уже в ближайшее время это может стать причиной глобальных сбоев в GPS-навигации, спутниковой связи и т.д.

С другой стороны, развитие современных технологий и научных знаний привело к увеличению количества учебных предметов, которые необходимо преподавать в учебных заведениях. Это требует постоянного расширения учебной программы, которая, например, в вузах ограничена пятью годами. В то же время на изучение мореходной астрономии из-за сложности ее методов в настоящее время, например, в морских академиях уделяется целый семестр учебного года.

Поэтому практика требует, чтобы на торговом флоте, на военно-морских надводных кораблях, подводных лодках, в авиации и в космонавтике были независимые от сложных навигационных систем методы астрономического определения непосредственно широты и долготы места по наблюдениям одного небесного светила, в основе которых были бы измерители таких навигационных параметров, которые позволяют делать это просто, быстро и надежно.

Анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы, и выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.

Метод астрономического измерения непосредственно широты и долготы места по наблюдениям одного небесного светила был технически реализован в береговых условиях в 50-е годы прошлого века [7]. При этом поворотом трубы прибора вокруг ее оси светило приводилось в полюс мира и «освещало» его, а ось трубы наводилась на полюс мира. В этом случае величина угла наклона оси трубы над горизонтом – это широта места, а величина угла поворота оси трубы – местный часовой угол светила. Долгота места

получается вычитанием из местного часового угла светила его гринвичского часового угла.

Для использования этого астрономического метода измерения широты и долготы места требуется наблюдение всего лишь одного светила, а от наблюдателя не требуются углубленные знания и длительная подготовка в области астрономической навигации. Сам метод прост, а результат достигается почти мгновенно.

Однако использовать такое техническое решение в условиях движущегося объекта, например, морского судна не представляется возможным.

Формулирование целей статьи и постановка задачи. Целью данной статьи является оценка возможности создания на технологической основе существующих секстанов измерителя навигационных параметров (для простоты будем называть его в дальнейшем «секстан»), позволяющего измерять непосредственно широту и долготу места по наблюдениям одного небесного светила на морских судах, надводных военных кораблях, подводных лодках, самолетах и пилотируемых космических кораблях с точностью, отвечающей современным требованиям.

Задача статьи – наметить пути реализации такой возможности.

Изложение материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. В предполагаемом «секстане» одновременно будут измеряться два независимых параметра – широта места, как высота (возвышение) полюса мира над горизонтом, и местный часовой угла светила, как экваториальный угол между вертикалом и меридианом светила.

Анализ точности измерения высот светил с помощью современного секстана, например, СНО-Т показывает, что среднеквадратическая погрешность измерения высоты светила с учетом погрешностей из-за рефракции и наклона горизонта при этом не превысит $0,8'$ [1]. Если измерения производить с использованием измерительного устройства, как у секстана СНО-Т, то такая будет и точность измерения широты,

На точность измерения долготы основное влияние окажут конструкция нового «секстана» и условия наблюдений светила. При этом погрешности из-за рефракции и наклона горизонта влиять не будут. Предварительно можно допустить, что среднеквадратическая погрешность измерения долготы не превысит $1,0'$, если измерения производить с помощью измерительного устройства аналогичного секстану СНО-Т.

В этом случае среднеквадратическая погрешность определения места составит не более $1,3'$. Учитывая, что астрономические наблюдения обычно используются как резервные, контрольные или аварийные, то такая точность измерений широты и долготы места с точки зрения современных требований может считаться вполне приемлемой и достаточной.

Таким образом, по техническим параметрам один из основных конструктивных элементов существующего секстана – его измерительное устройство вполне пригодно для использования в конструкции нового «секстана».

Выводы и перспектива дальнейшей работы по данному направлению. Для реализации возможности создания и практического использования «секстана» необходимо решить целый ряд задач. Первая из них – оформление патента на «полезную модель». Далее необходимо провести теоретические исследования по определению:

- 1) особенностей наблюдений «секстаном»;
- 2) условий, выгодных для определения широты и долготы «секстаном»;
- 3) источников ошибок и погрешностей метода;
- 4) способов устранения или уменьшения влияния погрешностей метода;
- 5) практических приемов измерений.

После этого можно перейти к разработке конструкции «секстана» и определению инструментальных погрешностей «секстана».

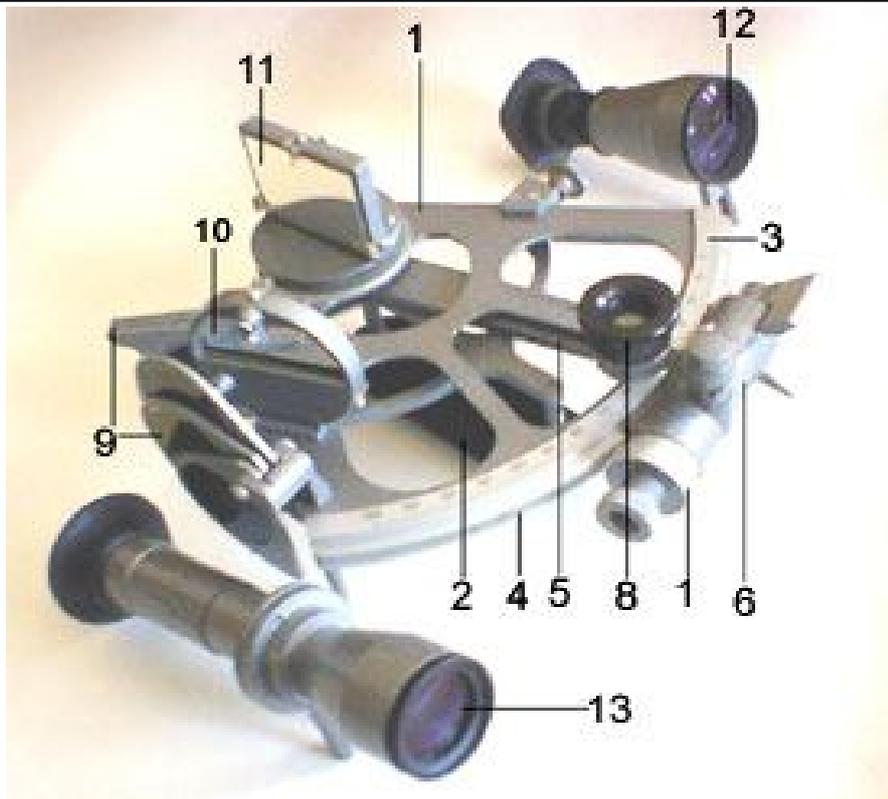


Рисунок 1 – Основные части существующего навигационного секстана: 1 – рама секстана; 2 – ручка; 3 – лимб; 4 – зубчатая рейка; 5 – алидада; 6 – отсчетно-стопорное устройство; 7 – отсчетный барабан; 8 – лупа-осветитель; 9 – светофильтры; 10 – малое зеркало; 11 – большое зеркало; 12 – ночная труба; 13 – астрономическая (дневная) труба

Преимущества измерителя широты и долготы:

1. С небесной сферы сразу получаем широту и долготу.
2. Время, необходимое для определения координат – 2-3 мин.
3. Не требуется обучения в морской академии – достаточно уделить 20 мин. на обучение пользованием измерителя.
4. Измеритель необходим яхтсменам, торговому флоту, рыбакам, военным морякам (особенно подводникам), космонавтам – всего может быть несколько сотен тысяч потребителей.
5. Учитывая, что производство всех составных частей секстана уже налажено, стоимость измерителя широты и долготы может быть около 200-300 \$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красавцев Б. И. Мореходная астрономия: учебник для вузов / Красавцев Б. И. – М. : Транспорт, 1986. – 255 с.
2. Справочник летчика и штурмана / Под. ред. В. М. Лавского. – М. : Издательство Министерства обороны СССР, 1974. – 479 с.
3. Воробьев Л. М. Астрономическая навигация летательных аппаратов. – М. : Машиностроение, 1968. – 283 с.
4. Романтеев Н. Ф. Астрономическая навигация пилотируемых космических кораблей / Романтеев Н. Ф., Хрунов Е. В. – М. : Машиностроение, 1976. – 232 с.
5. СОЛАС 74-2002 (Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море) / с изменениями и поправками – Одесса : Студія Негоціант, 2002. – 236 с.
6. ПДНВ. Руководство для моряков / С учетом новых Манильских поправок 2010 года. – London, ITF, 2012. – 88 с.
7. Скородумов П.П. Курс кораблевождения. Т.2. Мореходная астрономия. – Л. : УНГС ВМФ, 1963. – 528 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА МАСС СКОРОСТНЫХ АВТОПАССАЖИРСКИХ КАТАМАРАНОВ НА ЭТАПЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Буй Д.Т., Бондаренко А.В.,

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

Введение. При решении задачи синтеза скоростных автопассажирских катамаранов вводится система ограничений на значения независимых переменных, мореходные и эксплуатационные качества судна. В эту систему входят и требования к остойчивости для проверки которых требуются значения плеч остойчивости формы и координат центра масс (ЦМ). При наличии теоретического чертежа существующие методы вычислений плеч остойчивости формы дают высокую точность. Поэтому погрешность получения плеч диаграммы статической остойчивости напрямую зависит от расчета координат центра масс катамарана. На концептуальном этапе проектирования при отсутствии чертежей общего расположения и информации по аналогичным прототипам задача определения координат ЦМ оказывается сложной. Исходя из вышеизложенного тема, на решение которой направлена данная работа, является весьма актуальной.

Постановка задачи. Координаты ЦМ рассчитываются одновременно с нагрузкой масс, т.е. для выполнения этого расчета необходимо найти координаты ЦМ основных разделов полного водоизмещения катамарана.

Уравнение масс катамаранов в общем виде:

$$\Delta = P_{LS} + DW,$$

где Δ – полное водоизмещение, т; P_{LS} – водоизмещение судна порожнем, т; DW – дедвейт, т.

На начальном этапе проектирования P_{LS} в основном распределяется по следующим составляющим: корпус P_{Hull} , механизмы P_M , оборудование P_{Out} и запас водоизмещения P_{SM} :

$$P_{LS} = P_{Hull} + P_M + P_{Out} + P_{SM}.$$

Масса корпуса P_{Hull} рассчитывается как сумма масс конструкций корпуса P_{Str} , надстройки P_{Sup} , покраски и изоляции P_P и неметаллических частей P_N :

$$P_{Hull} = P_{Str} + P_{Sup} + P_P + P_N.$$

Масса конструкций корпуса катамарана в соответствии с [1] определяется через площади смоченной поверхности подводной части корпуса S_1 , надводных бортов S_2 , палуб S_3 , переборок S_4 и соединительной конструкции (моста) катамарана S_5 :

$$S_1 = 2 \cdot \nabla_1^{1/3} \cdot (3,51 \cdot \nabla_1^{1/3} + 0,568 \cdot L_{WL}), \text{ м}^2,$$

$$S_2 = 2,1 \cdot (L_{oa} + L_{WL}) \cdot (D - d), \text{ м}^2,$$

$$S_3 = 2,3 \cdot L_{oa} \cdot B_X, \text{ м}^2,$$

$$S_4 = 1,3 \cdot N_{WTB} \cdot C_X \cdot B_X \cdot D, \text{ м}^2,$$

$$S_5 = 0,92 \cdot L_{WL} \cdot (S_X - 1,4 \cdot B_X) \cdot (1,96 + H_C), \text{ м}^2,$$

где ∇_1 – объемное водоизмещение одного корпуса, т; L_{oa} – длина наибольшая, м; L_{wl} – длина по конструктивной ватерлинии, м; D – высота борта, м; d – осадка, м; B_X – ширина одного корпуса катамарана, м; S_X – горизонтальный клиренс (расстояние между

диаметральними плоскостями корпусов), м; H_C – высота моста, м; N_{WTV} – количество водонепроницаемых переборок катамарана.

С учетом толщины пластин и ребер жесткости, масса конструкций корпуса P_{Str} катамарана пропорциональна значению S_H :

$$S_H = \sum_{i=1}^{i=5} c_i \cdot S_i,$$

где значение коэффициентов c_i принимается по табл. 1 [1].

Следовательно, получив ЦМ площади смоченной поверхности, бортов, палуб, переборок и моста катамарана, можно определить ЦМ конструкций корпуса в целом по формуле:

$$x_H = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} x_i \cdot c_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^{i=5} c_i \cdot S_i}; \quad z_H = \frac{\sum_{i=1}^{i=5} z_i \cdot c_i \cdot S_i}{\sum_{i=1}^{i=5} c_i \cdot S_i},$$

где x_H, z_H – абсцисса и аппликата ЦМ корпуса, x_i, z_i – абсцисса и аппликата ЦМ пластины S_i .

Таблица 1 – Относительные массы пластин катамарана

c_1	c_2	c_3	c_4	c_5
1	0,73	0,71	0,67	0,81

Авторами был выполнен анализ чертежей общего расположения скоростных автопассажирских катамаранов в результате которого получены соответствующие средние значения координат ЦМ пластин:

$$x_1 = x_C; z_1 = z_C;$$

$$x_2 = 0; z_2 = d + 0,5(D - d);$$

$$x_3 = 0; z_3 = D;$$

$$x_4 = -(0,11 \pm 0,085)L_{wl}; z_4 = (0,55 \pm 0,03)D;$$

$$x_5 = 0; z_5 = D - 0,5H_C,$$

где x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 – соответственно абсцисса ЦМ площади смоченной поверхности, бортов, палубы, переборок и моста, м; z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 – соответственно аппликата ЦМ площади смоченной поверхности, бортов, палубы, переборок и моста, м; x_C, z_C – координаты центра величины одного корпуса катамарана, м.

Также по статистическим данным получены координаты ЦМ надстройки P_{Sup} :

$$x_{Sup1} = -(0,007 \pm 0,068)L_{wl}; z_{Sup1} = D + 0,5h_1;$$

$$x_{Sup2} = -(0,005 \pm 0,08)L_{wl}; z_{Sup2} = D + h_1 + 0,5h_2;$$

$$x_{Sup3} = -(0,013 \pm 0,03)L_{wl}; z_{Sup3} = D + h_1 + h_2 + 0,5h_3,$$

где $x_{sup1}, x_{sup2}, x_{sup3}$ – соответственно абсцисса ЦМ первого, второго, третьего яруса надстройки, м; $z_{sup1}, z_{sup2}, z_{sup3}$ – соответственно аппликата ЦМ первого, второго, третьего яруса надстройки, м; h_1, h_2, h_3 – соответственно высота первого, второго, третьего яруса надстройки, м.

По чертежам общего расположения судна трудно найти ЦМ оборудования. Для решения этого вопроса с помощью [2] и [3] получены следующие зависимости:

$$x_{out} = -(0,137 \pm 0,06) \cdot L_{wl}; z_{out} = (1,06 \pm 0,15) \cdot D,$$

где x_{out} , z_{out} – координаты ЦМ оборудования, м.

На этом этапе считается, что ЦМ неметаллических частей, покраски и изоляции совпадают с ЦМ судна и в расчетах учитываются введением соответствующей поправки.

Координаты ЦМ механизмов определяются по зависимостям:

$$x_M = -(0,283 \pm 0,03) \cdot L_{wl}; z_M = (0,35 \pm 0,02)D.$$

Координаты центра масс запаса водоизмещения принимаются проектантом на основе опыта и определенных рекомендаций и на этапе концептуального проектирования могут быть учтены введением поправок на суммарные значения координат ЦМ катамарана.

Координаты ЦМ дедвейта DW скоростных автопассажирских катамаранов можно приблизительно определить через ЦМ полезной нагрузки (автомобили, пассажиры с багажом), топлива, снабжения, экипажа и провизии.

Координаты ЦМ пассажиров:

$$x_{Pax} = \frac{x_{Sup2} \cdot N_{Pax2} + x_{Sup3} \cdot N_{Pax3}}{N_{Pax2} + N_{Pax3}};$$
$$z_{Pax} = \frac{(D + h_1 + 0,75) \cdot N_{Pax2} + (D + h_1 + h_2 + 0,75) \cdot N_{Pax3}}{N_{Pax2} + N_{Pax3}},$$

где N_{Pax2} , N_{Pax3} – соответственно количество пассажиров на втором и на третьем ярусе надстройки (на первом надстройке располагают только автомобили).

Координаты ЦМ автомобилей:

$$x_{Car} = x_{Sup1}; z_{Car} = D + 0,8.$$

Формула для определения ЦМ топлива:

$$x_F = -(0,07 \pm 0,08) \cdot L_{wl}; z_F = (0,45 \pm 0,05)D.$$

Затем координаты ЦМ судна определяются по зависимостям:

$$x_G = \frac{\sum x_i \cdot P_i}{\sum P_i}; z_G = \frac{\sum z_i \cdot P_i}{\sum P_i}.$$

Таким образом, авторами предложены формулы для определения координат ЦМ скоростных автопассажирских катамаранов, полученных путем обработки статистических данных и работ других авторов.

Вывод. В работе предложен метод определения положения ЦМ скоростных автопассажирских катамаранов, который можно использовать на этапе концептуального проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Grubisic, I. Multi-attribute design optimization of Adriatic catamaran ferry [Text] / I. Grubisic, I. Munic // Maritime Transportation and Exploitation of Ocean and Coastal Resources: proceedings of IMAM 2005, Lisbon, Portugal, September 26–30, 2005. – London : Taylor & Francis, 2005. – P. 851–858. Lackenby H. On the systematic geometrical variation of ship forms // Transaction of INA, 1950, Vol. 92. – P. 289-316.
 2. Захаров, А. С. Особенности проектирования судов с горизонтальной грузообработкой / А. С. Захаров. – Ленинград : ЛКИ, 1980. – 90 с.
 3. Ваганов, А. М. Проектирование скоростных судов / А. М. Ваганов. – Ленинград. : Судостроение, 1978. – 280 с.
-

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ В ЗАДАЧЕ ИНТЕРНЕТ-МОНИТОРИНГА ДИЗЕЛЬНОЙ СЭУ

Варбанец Р.А., Головань А.И., Кучеренко Ю.Н.,
Одесский национальный морской университет
(Украина)

Газораспределением и топливоподачей (common rail и vec), с повышением их моторесурса, топливной экономичности и «экологичности» современные средне- и высокооборотные дизели (СОД и ВОД) все чаще применяются на новых морских судах. При этом на большинстве ВОД отсутствуют индикаторные краны, и, таким образом, отсутствует возможность их индицирования. Механизм газораспределения и форсунка на многих СОД и ВОД закрыты колпаками, под которыми во время работы происходит интенсивное разбрызгивание масла. Топливные системы высокого давления МОД и других типов дизелей защищены двойными трубками. Современный судовый дизель становится все более «закрытым» для исследований и диагностики. В этом случае актуальным является анализ виброакустических полей, источником которых являются разные узлы двигателя. Для некоторых дизельных СЭУ спектральный анализ виброакустических полей является единственной альтернативой. В работе были установлены экспериментальные закономерности в спектре колебаний комбинированного дизеля (для цилиндрических гармоник) и газотурбонагнетателя ГТН (для лопаточных гармоник компрессора).

Основной причиной, по которой исследования проводились в области определения частотных характеристик дизеля и ГТН, явилась их тесная связь с главным энергетическим параметром дизельной СЭУ – эффективной мощностью. Анализ всех известных источников по эксплуатации судовых дизелей показывает наличие прямой зависимости мощности дизельной СЭУ и частоты вращения ротора ГТН. Характер этой зависимости степенной, с невысокими показателями степени для разных типов двигателей, а в некоторых случаях почти линейный в диапазоне основных нагрузочных режимов дизельной СЭУ. В процессе эксплуатации, с изменением технического состояния узлов дизельной СЭУ, проточной части ГТН и воздухоохладителя, меняется характер зависимости частоты ГТН от мощности. Анализ литературы показывает, что семейство кривых, описывающих эту зависимость с достаточной для инженерных расчетов точностью, может быть представлено двухпараметрической функцией $N_e = f(\text{RPMt}, t_s)$, где RPMt – обороты ротора ГТН, t_s - температура наддувочного воздуха в ресивере.

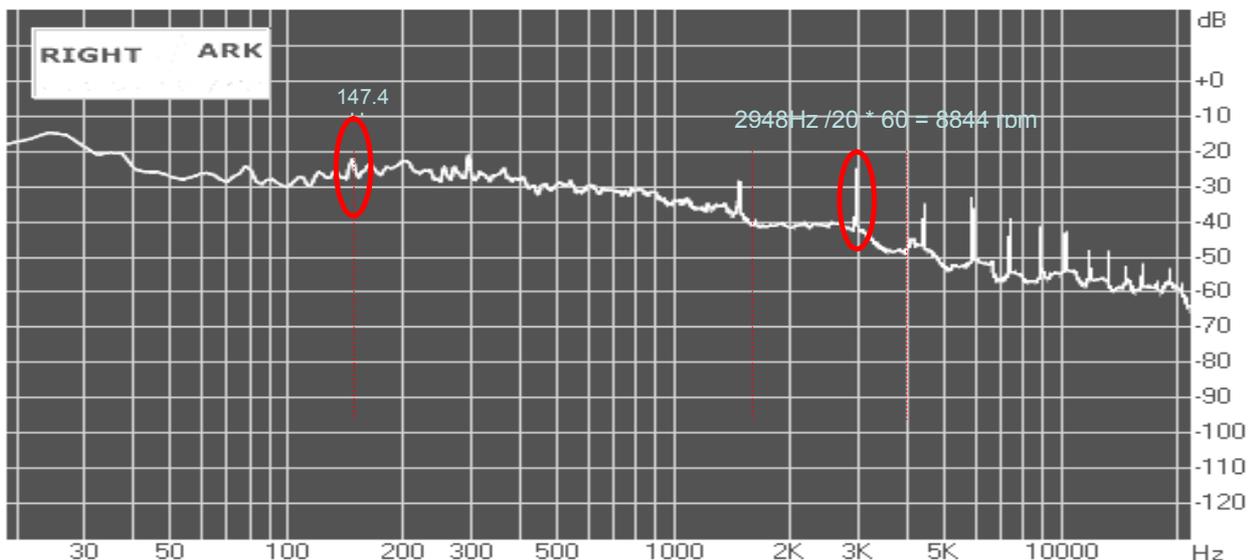


Рисунок 1 – Спектр виброакустического сигнала компрессора ГТН дизеля 6L80MCE

Анализ амплитудного спектра виброакустического сигнала компрессора ГТН позволяет определить частоту вращения ротора турбины, поскольку независимо от технического состояния ГТН в спектре виброакустического сигнала всегда присутствует гармоника на лопаточной частоте воздушного компрессора (частота вращения ротора ГТН \times количество лопаток компрессора, рис. 1). Анализ рис. 1, характерного для МОД и СОД, показывает наличие кратных гармоник и субгармоник. Это означает, что необходимо вводить ограничения при поиске гармоники, соответствующей лопаточной частоте ГТН.

Для МОД 6L80MCE ожидаемая частота лопаточной гармоники на номинально режиме: $f(k) = 9000 \text{ RPM} / 60 \cdot i_B = 3000 \text{ Гц}$, i_B – количество лопаток.

Минимально и максимально возможные частоты вращения ГТН и, соответственно, частоты генерируемых сигналов можно принять следующими:

$$f(k)_{\min} = 5000 \text{ RPM} / 60 \cdot i_B = 1666 \text{ Гц};$$

$$f(k)_{\max} = 12000 \text{ RPM} / 60 \cdot i_B = 4000 \text{ Гц}.$$

Зафиксированная по спектру сигнала частота вращения ротора ГТН (в рамках принятых ограничений) составила: $n_{\text{ГТН}} = 2948 \text{ Гц} / i_B \cdot 60 = 8844 \text{ RPM}$.

После определения основной частоты вращения ГТН можно произвести анализ амплитуды гармоники на основной частоте (рис. 1, гармоника на 147,4 Гц). Анализ литературы показывает, что на основной частоте вращения ГТН появляются колебания в случае нарастающих дефектов подшипников турбины или в случае начала засорения проточной части. В случае, когда состояние проточной части и подшипников нормальное, гармоника на основной частоте вращения ГТН не будет выделяться на фоне основного спектра и определить ее непосредственно невозможно. На рис. 1 показана ситуация, когда амплитуда основной гармоники начинает возрастать. В данной ситуации турбина наддува дизеля 6L80MCE выработала свой ресурс между ремонтами и готовилась к профилактике, что и подтверждалось повышенным уровнем вибрации на основной частоте.

Поскольку речь идет о численном анализе амплитуд и частот отдельных гармоник в спектре виброакустического сигнала, в работе пришлось решать проблему «утечки» в дискретном преобразовании Фурье (ДПФ). Этот эффект является следствием конечности анализируемой временной реализации и ее дискретного представления через АЦП. Без решения этой проблемы производить какой-либо частотный, а тем более амплитудный анализ отдельных гармоник не имеет смысла. Эффект «утечки» или вытекания мощности из спектральных пиков на соседние спектральные линии считается одной из главных погрешностей дискретного преобразования Фурье. Устранить эффект «утечки» численным методом, основанным на обработке комплексных результатов ДПФ. Определить частоту m , фазу φ , и амплитуду A исходного сигнала можно по значениям двух максимальных гармоник в спектре X_k, X_{k+1} . Для этого предлагается численно решить систему комплексных уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} |Z(m, \varphi)_k / Z(m, \varphi)_{k+1}| = |X_k / X_{k+1}| \\ \text{Arg}(Z(m, \varphi)_k) = \text{Arg}(X_k) \end{array} \right\} \quad (1)$$

где параметры k -ой гармоники:

$$X_k = \text{Re}_k + j \text{Im}_k ;$$

$$X_k = N A_k e^{j\varphi_k} ,$$

$$A_k = \frac{1}{N} \sqrt{\text{Re}_k^2 + \text{Im}_k^2} ,$$

$$\varphi_k = \text{arctg}\left(\frac{\text{Im}_k}{\text{Re}_k}\right) = \text{Arg}(X_k) .$$

Коэффициенты гармоник можно представить в виде: $X_k = (A_k / 2)Z(m, \varphi)_k$, где $Z(m, \varphi)_k$ – комплексная функция, не зависящая от амплитуды, но зависящая от частоты и фазы:

$$Z(m, \varphi)_k = e^{j\varphi} \frac{e^{2\pi j(m-k)} - 1}{e^{\frac{2\pi j(m-k)}{N}} - 1} + e^{-j\varphi} \frac{e^{-2\pi j(m+k)} - 1}{e^{\frac{-2\pi j(m+k)}{N}} - 1}.$$

Систему уравнений (1) нужно решать в том случае, если гармоники слева и справа от центральной не равны нулю (больше заданной малой величины δ):

$$X_{k-1} > \delta, X_{k+1} > \delta.$$

Если $X_{k-1} = 0, X_{k+1} = 0$, то эффект утечки отсутствует и частота, амплитуда и фаза центральной гармоники соответствуют параметром измеряемого сигнала.

Решение системы (1) не связано с выделением дополнительной памяти для хранения объемных массивов данных и расчетных коэффициентов, как в случае с БПФ. В связи с этим алгоритм может быть запрограммирован на современном DSP контроллере, реализующем БПФ.

Определение в спектре частоты гармоники можно производить с погрешностью 1-5 Гц, таким образом, относительная погрешность измерения частоты вращения ГТН не превышает 1,0%, что подтверждено исследованиями, проведенными на экспериментальной установке.

Кроме определения частот вращения, спектральный анализ позволяет осуществлять комплексную оценку технического состояния проточной части и подшипников ГТН, а также анализ неравномерности цилиндрических мощностей.

СИНТЕЗ НЕЙРО-НЕЧЕТКОЙ СЕТИ УПРАВЛЕНИЯ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ В СРЕДЕ MATLAB

Врублевский Р.Е.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В настоящее время магнитная обработка успешно применяется в машиностроительном и судостроительном производствах многих стран. Магнитно-импульсная обработка (МИО) является самым простым и оперативным способом упрочнения изделий. Суть процесса МИО состоит в обработке изделий за счет электромагнитной индукции в неподвижных проводниках или в ускоренно-движущихся в магнитном поле соленоида. [1].

Актуальность. В моделировании процесса МИО одним из важнейших направлений являются моделирование динамики процесса с целью его автоматизации, а также имитационное моделирование процесса для повышения эффективности обработки. Так как процесс МИО достаточно сложный, а построение его математической модели затруднительно, для управления им целесообразно использовать нечеткую нейросеть обучаемую по имеющимся полученным практически результатам МИО. Решение задачи имитационного моделирования процесса МИО возможно осуществлять с использованием системы MATLAB.

В пакете Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB гибридные сети реализованы в форме адаптивных систем нейро-нечеткого вывода ANFIS [2, 3]. При этом разработка и исследование гибридных сетей оказывается возможной:

- в интерактивном режиме с помощью специального графического редактора адаптивных сетей, получившего название редактора ANFIS;
- в режиме командной строки с помощью ввода имен соответствующих функций с необходимыми аргументами непосредственно в окно команд системы MATLAB.

Редактор ANFIS позволяет создавать или загружать конкретную модель адаптивной системы нейро-нечеткого вывода, выполнять ее обучение, визуализировать ее структуру, изменять и настраивать ее параметры, а также использовать настроенную сеть для получения результатов нечеткого вывода.

Основная часть. Для моделирования процесса МИО резца из стали Р6М5 использовались исходные данные обработки: диапазон режимов (напряженность поля – 160...500 кА/м; число серий – 1...3; время импульса – 0,3...0,6 с; число импульсов – 7...10; интервал между импульсами – 2...5 с, стойкость 1,1...1,31).

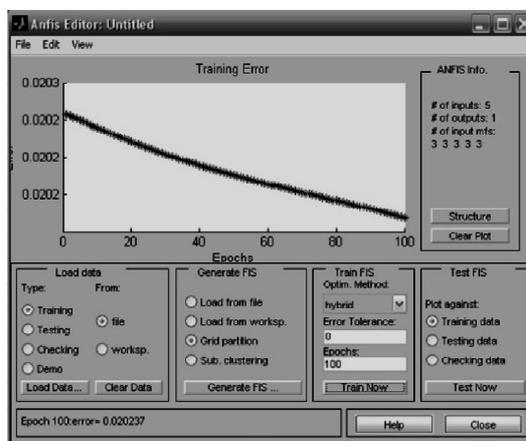


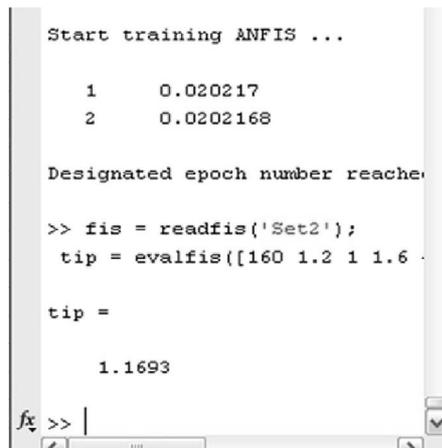
Рисунок 1 – Скриншот окна зависимости ошибки от количества циклов обучения

На основании 125 практических результатов МИО изделия, был сформирован файл с обучающими данными в редакторе электронных таблиц MS Excel и сохранен во

внешнем файле с расширением *.dat. На основании подготовленных и загруженных обучающих данных была сгенерирована структура системы нечеткого вывода FIS типа Сугено, задав для каждой из входных переменных по 3 лингвистических термина (малый, средний, большой), а в качестве типа их функций принадлежности выберем треугольные функции. Сформированная в MATLAB структура содержит 243 правила нечетких продукций, одну выходную переменную с 243 терминами. Для обучения сети использовались параметры: метод обучения гибридной сети – гибридный, уровень ошибки обучения – 0, количество циклов обучения – 100. Ход процесса обучения отображается в MATLAB в окне (рис. 1) в форме графика зависимости ошибки от количества циклов обучения.

Как можно видеть из рисунка 1, по результатам обучения средняя ошибка составляет всего лишь около 2%.

Для проверки работоспособности модели гибридной сети управления МИО, был спрогнозирован результат обработки при режимах: *напряженности магнитного поля – 160; время импульса в серии – 1,2; число импульсов в серии – 1, интервал между импульсами в серии – 1,6*, число серий импульсов – 4. Для решения этой задачи использовалась функция evalfis.



```
Start training ANFIS ...  
  
1      0.020217  
2      0.0202168  
  
Designated epoch number reached  
  
>> fis = readfis('Set2');  
tip = evalfis([160 1.2 1 1.6  
  
tip =  
  
1.1693  
fx >> |
```

Рисунок 2 – Скриншот окна MATLAB функции evalfis

Полученный с использованием MATLAB результат рис. 2 прогнозируемого увеличения стойкости равен 16,93%, что соответствует результату, полученному практически после проведения МИО (16,5%).

Выводы. Результаты моделирования показывают, что получаемое в ходе моделирования увеличение стойкости совпадает с увеличением стойкости полученной практически в ходе МИО изделий. Это позволяет сделать вывод о возможности практического использования пакета Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB для моделирования процессов МИО.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малыгин Б. В., Бень А. П. Магнитное упрочнение изделий. (Теория и практика). – Херсон : Издательство Херсонского государственного морского института, 2009. – 352 с.
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003.
3. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – Издательство : Горячая Линия – Телеком, 2007. – 288 с.

CONFLICTABILITY OF OPERATIONAL SITUATIONS IN TERMS OF ENTROPY PARADIGM

Goncharenko A.V.,
(Ukraine, Kherson)

Introduction. In engineering there is a huge number of problems where there is a conflict of operational modes for a variety of systems. Technically that means a contradiction between states of a system or parameters development in time, any other dependences. The problem of the system controlling active element's (individual's/subject's) choice is also added to the situation and makes conditions of uncertainty.

Urgency of researches. The urgency of the researches is dictated by the necessity to evaluate the conflictability of systems, modes of operation, individual preferences distributed on sets of alternatives.

Analysis of the latest researches and publications. The progress observed in marine steering engines developments [1] suggests us considering possible improvements in their structures and then optional choosing the engines conflict free operational modes. The theory of subjective analysis [2-7] creates preconditions for such a kind of researches. Herein we will make an attempt to analyze the problem of choice and conflict from the point of view of the so called entropy paradigm [2-7].

The task setting. The objectives of this paper is to make an attempt to show the usefulness of the concept of the preferences entropy maximum in application to the operational situations in conditions of possible conflicts.

The main content (material). Considering, for example, possible modes of operation of a retrofitted marine steering gear (the sketch is shown in fig. 1), we may see elementary modes of operation that combine into a certain complex one. With the help of the individual's subjective preferences entropy maximum paradigm we obtain the optimal combined conflict free mode of operation identical to the corresponding system of conditional equations subject to inequalities in the angle of the tiller/rudder turning (angle of the helm blade deflection).

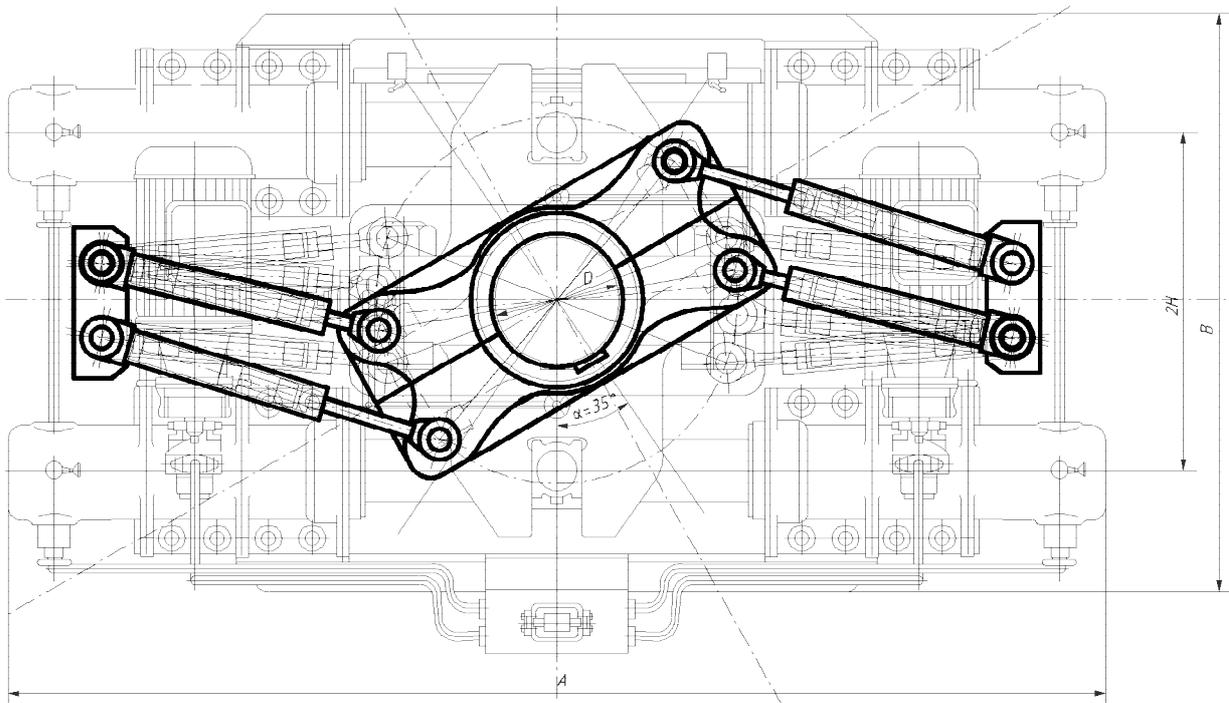


Figure 1 – Retrofitted marine steering gear

The problem formulation. For a plunger steering gear (fig. 1, drawn in the fine-style lines), the force acting in the hydro-cylinder, is roughly

$$F_c = \frac{M_b \cos^2 \alpha}{2H}, \quad (1)$$

where F_c – force acting in the hydro-cylinder; M_b – moment acting on the rudder [1]; α – angle of the tiller turning; H – half-a-distance between axes of the plungers motions.

For the four-arm steering gear equipped with the piston hydro-cylinders (fig. 1, drawn in the bold-style lines), there are principally three elementary modes, and they are the simplest. The first, the two diagonal cylinders are pushing their rods out while the other two cylinders staying idle. The second, two pushing and two pulling their rods in. The third, all four pushing. The forces respectively

$$F' = \frac{M_b}{2r \sin(\alpha + \beta + \gamma + \delta)}, \quad F'' = \frac{M_b}{2r[\sin(\alpha + \beta + \gamma + \delta) + 0.75 \sin(\beta - \alpha + \gamma - \delta')]} ,$$

$$F''' = \frac{M_b}{2r[\sin(\alpha + \beta + \gamma + \delta) + \sin(\alpha - \beta + \delta'' - \gamma)]}, \quad (2)$$

where r , β , γ , δ , δ' , δ'' – structure geometrical parameters of the four-arm tiller steering gear equipped with the piston hydro-cylinders.

The problem solution. As we can see the combined mode of operation, mentioned above, consists of these three elementary ones (2) and it has the expression of

$$F_{cn} = \begin{cases} F'', & \alpha < \alpha_0; \\ F', & \alpha = \alpha_0; \\ F''', & \alpha > \alpha_0, \end{cases} \quad (3)$$

where α_0 – angle of deflection of the ship's helm blade at which the corresponding hydro-cylinder changes its-own mode of operation.

The choice of a suitable operational mode made by the system controlling active element is made on the basis of the postulated in subjective analysis functionals in the general view [3, P. 119, (3.38)]

$$\Phi_\pi = \alpha H_\pi + \beta \varepsilon + \gamma N, \quad (4)$$

where π – function of the individual's subjective preferences; H_π – subjective entropy; $\varepsilon = \varepsilon(\pi, U, \dots)$ – function of subjective effectiveness; N – normalizing condition; α , β , γ – structural parameters, they can be considered in different situations as Lagrange coefficients, weight coefficients or endogenous parameters which represent certain psychic properties.

In more general view the postulated functional may be written in the form of integral [5, P. 57, (1)]

$$\Phi_\pi = \int_{t_0}^{t_1} \left(- \sum_{i=1}^N \pi_i(t) \ln \pi_i(t) + \beta \sum_{i=1}^N \pi_i(t) F_i + \gamma \left[\sum_{i=1}^N \pi_i(t) - 1 \right] \right) dt, \quad (5)$$

where t – time; $-\sum_{i=1}^N \pi_i(t) \ln \pi_i(t)$ – entropy of subjective preferences of $\pi_i(t)$; N – number of the achievable alternatives; F_i – efficiency function related to the i^{th} alternative; $\sum_{i=1}^N \pi_i(t) - 1$ – normalizing condition.

Taking the functional in the view of (4) or (5) we come to canonical distributions of preferences [3, P. 115-135]. For this problem setting we briefly consider the set of two

achievable alternatives and in the next and subsequent papers we will be researching the topic in more depth.

If the set of alternatives consists of two optional modes of operation, let us say, F' and F'' , then functional (4) will be

$$\Phi_{\pi} = -\sum_{i=1}^2 \pi_i \ln \pi_i - \beta \sum_{i=1}^2 \pi_i |F^i| + \gamma \left[\sum_{i=1}^2 \pi_i - 1 \right]. \quad (6)$$

Solving (6) for necessary conditions of extremum

$$\frac{\partial \Phi_{\pi}}{\partial \pi_i} = 0, \quad (7)$$

we get the desired canonical distributions of preferences

$$\pi_1 = \frac{e^{-\beta|F'|}}{e^{-\beta|F'|} + e^{-\beta|F''|}}, \quad \pi_2 = \frac{e^{-\beta|F''|}}{e^{-\beta|F'|} + e^{-\beta|F''|}}. \quad (8)$$

Practical application of the problem solution. Let us consider, for example, a general cargo, universal, dry cargo vessel, DWT 13,500 t, the ship's speed 18.2 knots. The prototype-vessel, let us say, of the «Geroi Panfilovtsy» series. She is presumable equipped with the plunger steering engine, builder's type of 4EP220, Stork (the Netherlands); the nominal moment equals 1,167 kNm [1].

Comparison of calculation experiments by (1)-(3) shows advantages of the retrofitted steering engine with the piston hydro-cylinders (fig. 1). Corresponding diagrams are illustrated in fig. 2.

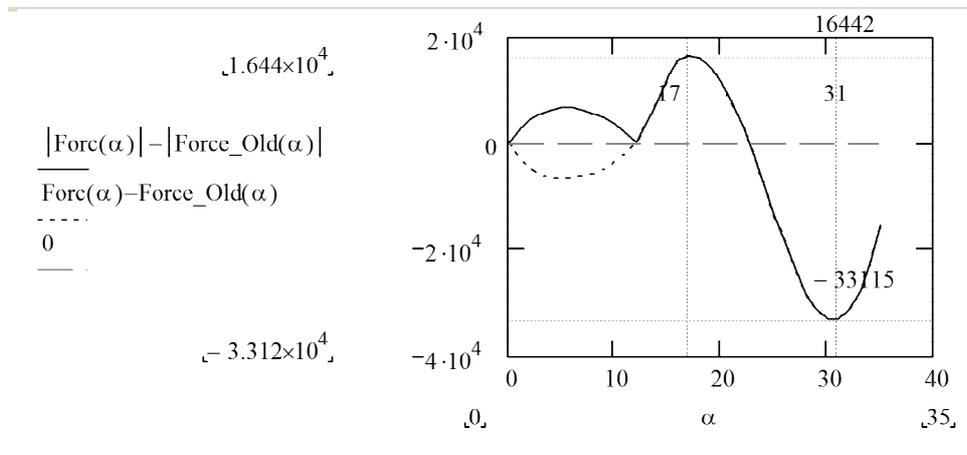


Figure 2 – Advantages of the retrofitted marine steering gear

The researches results. In fig. 2, it is shown the differences in forces acting in the cylinders of the improved steering gear drive and in the traditional 4EP220. Modeling by the method (6)-(8) allows us choosing the optimal conflict free combined mode of operation. We would like to stress that there was not a restriction to the angle of α . In no way and nowhere in the problem setting with the subjective preferences we imply conditions (3).

In fig. 3 it is shown, in corresponding scales, the forces, entropies, preferences, moment on the rudder. Also it is shown there the value of the maximal entropy which for this problem formulation equals $\ln 2$. Entropy maxima correspond to the situations when the moment on the rudder equals zero and forces of both modes are equaled to each other.

In fig. 3, it is obvious the active element chooses rational control since the entropy tends to zero and distribution of his own preferences definitely shows that; and the corresponding absolute values of the forces acting in the piston hydro-cylinders have the minimal magnitudes.

Conclusions. Due to the suggested improvements of the steering gear, we expect a decrease in the mechanical tension. Therefore the mass of the installation can be reduced, reliability – raised.

Subjective preferences entropy maximum concept allows choosing the appropriate control for the rational modes of operation in conditions of multi-alternativeness of operational situations and helps avoid possible conflicts in the system.

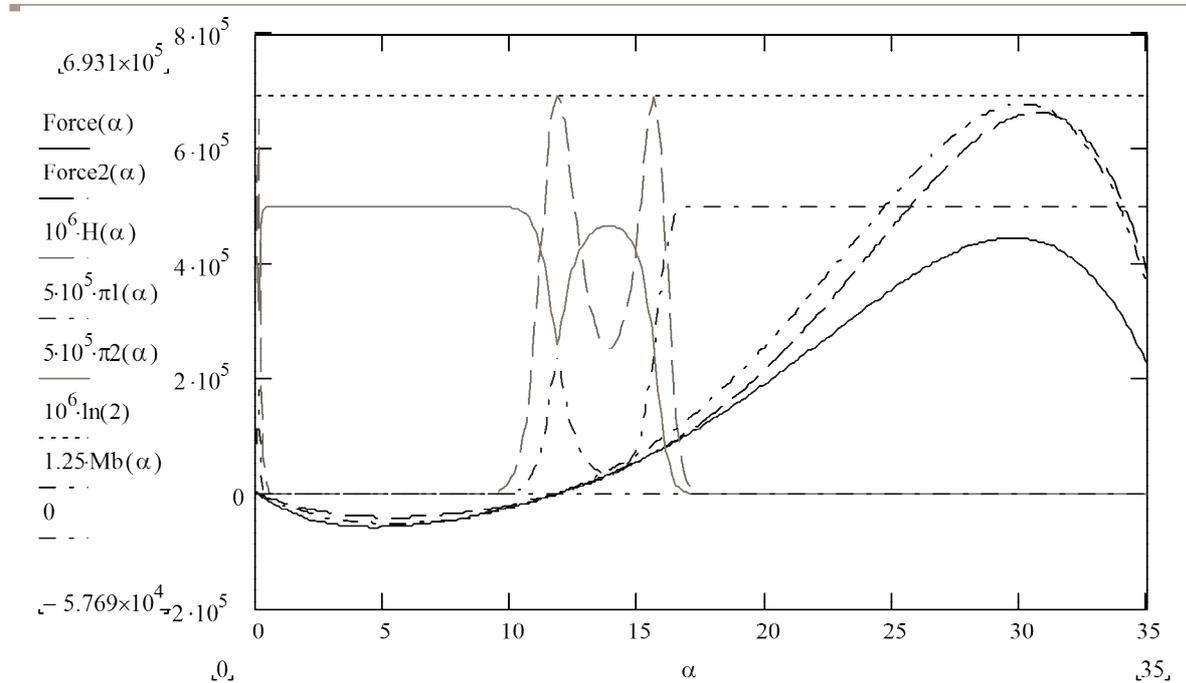


Figure 3 – Entropy and preferences of operational modes

Prospects of further researches. For further researches it is prospective to deal with the entropy paradigm in studying multi-alternativeness of operational situations on conditions of possible conflicts with the use of the methods (4)-(8) applicably to other more general cases of operational control.

LITERATURE

1. Харин В. М. Судовые гидравлические рулевые машины: учеб. пособ / В. М. Харин. – Одесса : Фенікс, 2005. – 280 с.
2. Kasianov V. Subjective entropy of preferences: monograph / V. Kasianov. – Warsaw : Institute of aviation, 2013. – 450 p.
3. Касьянов В. А. Субъективный анализ : монография / В. А. Касьянов. – К. : НАУ, 2007. – 512 с.
4. Касьянов В. А. Элементы субъективного анализа : монография / В. А. Касьянов. – К. : НАУ, 2003. – 224 с.
5. Kasyanov V. O. Variational principle in the problem of ship propulsion and power plant operation with respect to subjective preferences / V. O. Kasyanov, A. V. Goncharenko // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : Науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – № 2(7). – С. 56-61.
6. Goncharenko A. V. Mathematical modeling of the ship's main engine random operational process / A. V. Goncharenko // Двигатели внутреннего сгорания : Научно-технический журнал. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2012. – № 2. – С. 117-125.
7. Goncharenko A. V. Measures for estimating transport vessels operators' subjective preferences uncertainty / A. V. Goncharenko // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМА, 2012. – № 1(6). – С. 59-69.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ОШИБКИ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НЕСИММЕТРИЧНОСТИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В УСЛОВИЯХ ЛИНЕЙНЫХ И УГЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ

Давыдов В.П., Литвиненко Т.И.,

Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал»
(Украина, г. Киев)

При отсутствии колебаний и вибраций эти погрешности практически не влияют на точность системы по сравнению со смещением нуля, ошибкой масштаба и неортогональностью осей чувствительности.

Погрешности акселерометров от несимметричности масштабного коэффициента.

Показания датчика представим в виде:

$$a = \begin{cases} (1 + \delta)a^*, & \text{при } a^* > 0 \\ (1 - \delta)a^*, & \text{при } a^* < 0 \end{cases}$$

где: a – показание датчика, a^* – идеальное значение ускорения, δ – коэффициент несимметричности.

Погрешность датчика:

$$\Delta a = a - a^* = \begin{cases} \delta \cdot a^*, & \text{при } a^* > 0 \\ -\delta \cdot a^*, & \text{при } a^* < 0 \end{cases}$$

Пусть горизонтальный акселерометр совершает линейные гармонические колебания вдоль своей оси чувствительности. Тогда

$$a^* = A_a \cdot \sin \omega t, \quad (1)$$

где A_a – амплитуда колебаний ускорения.

Для исследования влияния угловых колебаний на погрешности горизонтального акселерометра введем угол α между его осью чувствительности и горизонтальной плоскостью. Показания идеального датчика:

$$a^* = g \cdot \sin \alpha$$

Допущение:

$$\alpha \leq 5^\circ, \quad \sin \alpha = \alpha, \quad \cos \alpha = 1$$

В этом случае, если заданы колебания по углу

$$a^* = g \cdot A_\alpha \cdot \sin \omega t \quad (2)$$

где g – ускорение силы тяжести; A_α – амплитуда колебаний угла (рад.); ω – круговая частота колебаний. (1/сек).

Если заданы колебания угловой скорости

$$a^* = \frac{g \cdot A_\omega}{\omega} \cdot \sin \omega t \quad (3)$$

где A_ω – амплитуда колебаний угловой скорости (1/сек).

Таким образом, в рассмотренных случаях идеальные показания акселерометра (1), (2), (3) описываются одним выражением:

$$a^* = C_i \cdot \sin \omega t, \quad (4)$$

где C_i определяется характером движения.

Допущения:

- время действия колебаний менее 15 мин;
- частота колебаний больше 1гц.

В этом случае ошибка БИНС в определении скорости равна:

$$\Delta V = C_i \begin{cases} \delta \int_0^t a^* d\tau, & \text{при } 0 \leq \omega t \leq \pi / \omega \\ -\delta \cdot \int_{\frac{\pi}{\omega}}^t a^* d\tau, & \text{при } \pi / \omega \leq \omega t \leq 2\pi / \omega \end{cases}$$

Ошибка по координате

$$\Delta r = \int_0^t \Delta V d\tau.$$

На основании изложенного получаем.

Ошибки БИНС в узловых точках (кратных периоду колебаний):

- при линейных колебаниях:

$$\Delta V(t) = \frac{2 \cdot \delta \cdot A_a}{\pi} t; \quad \Delta r(t) = \frac{\delta \cdot A_a}{\pi} t^2;$$

- при угловых колебаниях:

$$\Delta V(t) = \frac{2 \cdot g \cdot \delta \cdot A_\omega}{\pi \cdot \omega} t = \frac{g \cdot \delta \cdot A_\omega}{\pi^2 \cdot f} t \quad \text{либо} \quad \Delta V(t) = \frac{2 \cdot g \cdot \delta \cdot A_\alpha}{\pi} t;$$

$$\Delta r(t) = \frac{g \cdot \delta \cdot A_\omega}{2 \cdot \pi^2 \cdot f} t^2 \quad \text{либо} \quad \Delta r(t) = \frac{g \cdot \delta \cdot A_\alpha}{\pi} t^2$$

Внутри периода.

Влияние квадратичной погрешности

Пусть погрешность акселерометра (1):

$$\Delta a = k_2 a^{*2} = k_2 C_i^2 \cdot \sin^2 \omega t.$$

Тогда погрешность БИНС за 1 период колебаний T:

$$\Delta V(T) = k_2 C_i^2 \int_0^T \sin^2 \omega t dt = \frac{k_2 C_i^2}{2} \left(t - \frac{1}{2\omega} \sin 2\omega t \right) \Big|_0^T = \frac{k_2 C_i^2}{2f}$$

$$\Delta r = \int_0^T \Delta V t dt = \frac{k_2 C_i^2}{2} \int_0^T \left(t - \frac{1}{2\omega} \sin 2\omega t \right) t dt = \frac{k_2 C_i^2}{2} \left(t + \frac{1}{4\omega^2} \cos 2\omega t \right) \Big|_0^T = \frac{k_2 C_i^2}{4f^2}$$

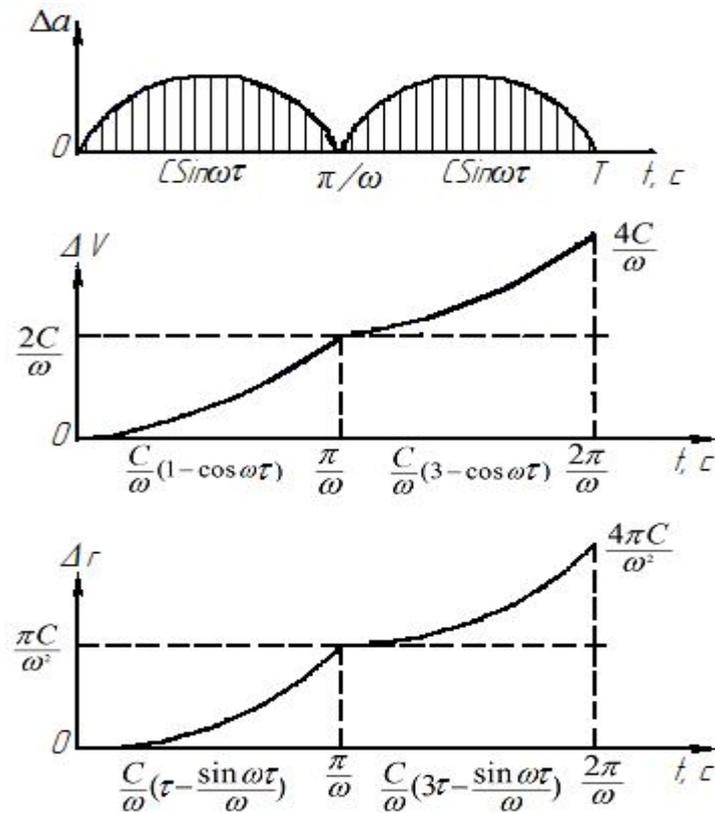


Рисунок 1 – Зависимости ускорения, скорости и координаты от времени

Ошибки БИНС в узловых точках (кратных периоду колебаний):

– при линейных колебаниях:

$$\Delta V_k = \frac{k_2 A_a^2}{2} t; \quad \Delta r_k = \frac{k_2 A_a^2}{4} t^2;$$

– при угловых колебаниях:

$$\Delta V_k = \frac{k_2 g^2 A_\omega^2}{2\omega^2} t \quad \text{либо} \quad \Delta V_k = \frac{k_2 g^2 A_\alpha^2}{2} t;$$

$$\Delta r_k = \frac{k_2 g^2 A_\omega^2}{4\omega} t^2 \quad \text{либо} \quad \Delta r_k = \frac{k_2 g^2 A_\alpha^2}{4} t^2$$

Указанные ошибки БИНС складываются с ошибками, вызванными смещением нуля. Влияние других параметров линейной модели погрешностей, таких как погрешность масштаба и неортогональность осей чувствительности, при колебаниях обнуляется.

Если работа БИНС продолжается после прекращения колебаний (вибраций), полученные значения Δr и ΔV должны быть введены в уравнения ошибок БИНС в качестве погрешностей начальных условий.

Как известно [1] в инерциальной системе координат ошибки БИНС, вызванные погрешностями задания начальных условий и погрешностями датчиков, описываются уравнениями возмущенного движения маятника Шулера.

$$\mu(x) = -\frac{1}{\Omega_0} \int f(\tau) \sin(x-\tau) d\tau + c_1 \cdot \sin(x) + c_2 \cdot \cos(x);$$

где:

y – горизонтальная координата;

Ω – круговая частота маятника Шулера;

$f(\tau)$ – функция, зависящая от погрешностей датчиков;

C_1 и C_2 – ошибки БИНС, вызванные погрешностями начальных условий.

Таким образом, после прекращения колебаний (вибраций) ошибки БИНС, вызванные рассмотренными параметрами, определяются выражениями:

$$\Delta r = \Delta r_k \cos \Omega t + \frac{\Delta V_k}{\Omega} \sin \Omega t$$
$$\Delta V = -\Delta r_k \Omega \sin \Omega t + \Delta V_k \cos \Omega t$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Давыдов В. П. Возможности решения уравнений инструментальных погрешностей БИНС / [VII Міжнародна науково-технічна конференція «Гіротехнології, навігація, керування рухом та конструювання авіаційно-космічної техніки», (Київ, Україна, 23-24 квітня 2009 р.)]. // Збірник доповідей, частина I.

ЗАСТОСУВАННЯ MDP МЕТОДІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПЛАНУ В ВЕЛИКОМУ СКІНЧЕНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Досин Д.Г., Яценко А.О.,

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України
(Україна, м. Львів)

Вступ. На сьогоднішній день практично в усіх галузях зростає застосування складних автоматизованих систем, для виконання найрізноманітніших задач. Також зростають і вимоги до роботи такого роду систем. А саме сучасна система повинна швидко та ефективно опрацьовувати величезну кількість даних, а також забезпечувати найвищі результати за усіма можливими параметрами. Особливо якщо зважити на розвиток засобів отримання інформації з навколишнього середовища, що здатні повністю охопити це середовище.

Постановка задачі. Зважаючи на усі обставини існує задача побудови оптимального плану дій для навігації агента в великому скінченому середовищі [1]. У такого роду задачах існує низка проблем, вирішення яких суттєво спростить побудову плану агентом. До таких проблем належать:

- структура середовища;
- наявність великої кількості станів;
- різноманітні параметри станів;
- потреба високої точності стратегії.

Результати досліджень. Провівши дослідження було виявлено, що середовище можна поділити на умовні квадрати або сектори, що виступатимуть в ролі станів. В середині кожен стан може складатися з довільної кількості підстанів об'єднаних за певними ключовими ознаками, що дозволяє зменшити кількість можливих типів винагород за досягнення стану. Обмеження дії для одного стану, в такому середовищі агент може перейти лише в сусідні стани, це суттєво скоротить кількість усіх можливих дій та трансформує любе середовище в площинне, а це в свою чергу спростить навігацію агента і як універсалізує дану модель. Отже граф середовища (див. рис. 1).

Для проведення процесу об'єднання станів в сектори, та побудову плану дій навігації між секторами та в середині них найкраще застосовувати методи MDP.

MDP (Марківські процеси прийняття рішень) призначені для створення плану роботи агента в стохастичному середовищі з марківською моделлю переходів та множиною цілей. Середовище описується за допомогою трьох компонентів: S множина станів, A множина дій, $P_S(s' | a)$ імовірності переходу P з стану s в s' при виконанні дії a [2, 3].

План представляється у вигляді стратегії π . Основною задачею планувальника є формування оптимальної стратегії, π^* , яка забезпечує максимальну очікувану корисність V [1, 2].

Цінність стану залежить не лише від власної корисності, а і від корисності станів, у які з нього можна потрапити. Цінність стану s $V(s)$ визначається за допомогою рівняння Белмана [1, 2, 3]:

$$V(s) = R(s) + \gamma \max_a \sum_{s'} (P_S(s' | a)V(s') - C(s, a)) \quad (1)$$

Переважно застосовують два основні алгоритми MDP планування – це алгоритм ітерацій за значеннями, який є точнішим та алгоритм ітерацій за стратегією, що показує більшу швидкодію.

Для досліджень використано модель системи яка складається з 1000 станів та здатна виконувати 4 різних дій в усіх станах середовища. Корисності станів задаються випадковим чином і тому агент самостійно повинен визначати стани мети.

Було проведено 1500 дослідів у яких порівнювалися робота алгоритмів ітерації за значеннями та ітерації за стратегією для випадків пошуку стратегії в неоптимізованому та оптимізованому середовищі.

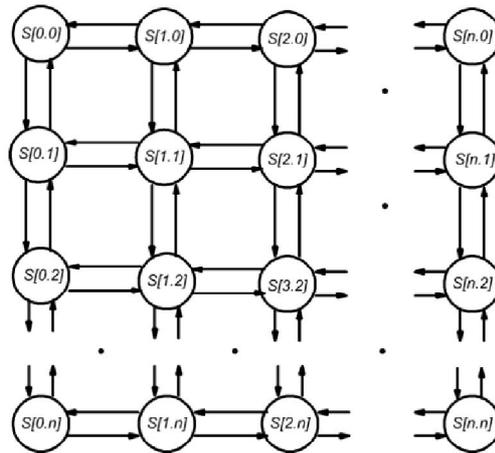


Рисунок 1 – Граф середовища

В результаті моделювання неоптимізованого середовища отримана стратегія на 73% співпадає для обох алгоритмів, час пошуку стратегії алгоритму ітерації за значеннями склав 12563 мс., що на 61% більший ніж алгоритму ітерації за стратегією.

В результаті моделювання оптимізованого середовища, включаючи сам процес оптимізації, об'єднання станів в сектори збігається у 58%, отримана стратегія за умов однакового поділу на сектори, співпадає на 79%, час об'єднання станів для алгоритму ітерації за значеннями склав 3356 мс., час об'єднання станів для алгоритму ітерації за стратегією склав 1935 мс., час пошуку стратегії алгоритму ітерації за значеннями – 4253 мс., що на 69% більший ніж алгоритму ітерації за стратегією.

Висновки. На базі MDP алгоритмів можна побудувати ефективну систему пошуку оптимального плану дій для навігації агента в великому скінченному середовищі. Для точних систем краще підходить алгоритм ітерації за значеннями без оптимізації середовища, для швидкодіючих систем алгоритм ітерації за стратегією з оптимізацією. Оптимальний варіант – оптимізація середовища та пошук стратегії проводити алгоритмом ітерації за значеннями.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рассел С. Искусственный интеллект / С. Рассел, П. Норвиг. – М.; СПб.; К. : Вильямс, 2006. – 1408 с.
2. Malik Ghallab, Dana Nau, Paolo Traverso. Automated Planning Theory & Practice. San Francisco: Morgan Knaufman, 2004. – 635.
3. Darius Braziunas. Pomdp solution methods. Technical report, University of Toronto, 2003.

АДАПТИВНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Еременко А.П.,

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

Передерий В.И.,

Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского
(Украина)

Введение. Для безопасного функционирования динамических систем на транспорте человек-оператор (лицо, принимающее решения – ЛПР) должен своевременно принимать адекватные решения в условиях действия различных дестабилизирующих факторов (неравномерность поступления информации, ее неточность и противоречивость, условия окружающей среды: шум, вибрации, освещенность, психофизиологическое состояние оператора и др.). При построении систем поддержки принятия решений необходимо использовать математическую модель, отображающую связь этих факторов, многие из которых представляют нечисловые величины, с показателями деятельности оператора. В настоящее время недостаточно внимания уделяется таким моделям, что обуславливает актуальность данной работы, целью которой является исследование моделей, позволяющих учитывать неопределенность и нечисловой характер значений внешних и внутренних факторов.

Результаты исследований. Структура связи факторов представлена на рисунке 1.

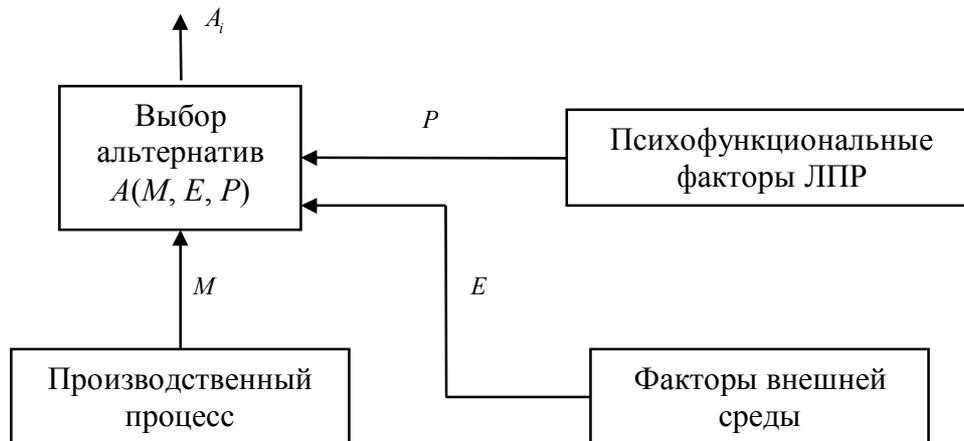


Рисунок 1 – Структура связи факторов

Для представления значений факторов предлагается использовать нечеткие лингвистические переменные X_1, X_2, \dots, X_n , представляющие собой нечеткие множества $X_i = \{x_1, \mu_1; x_2, \mu_2; \dots; x_c, \mu_c\}$. [1] В качестве функций принадлежности μ_{ij} целесообразно использовать функции вида $\mu_{ij}(x_i) = \exp\left(-\frac{(x_i - \theta_{ij})^2}{\sigma_{ij}^2}\right)$, где θ_{ij}, σ_{ij} – параметры функции принадлежности. Связь между факторами X_1, X_2, \dots, X_n и выходной величиной y , отображающей адекватность принимаемых решений, формализуется на основе операций фаззификации, sum-prod-композиции нечетких отношений R_1, R_2, \dots, R_{n-1} [2] и дефаззификации методом взвешенного среднего:

$$\begin{cases} \hat{y} = \hat{Y}_{n-1} = (\Psi_{n-1}^T R_{n-1})^T; \Psi_{n-1}^T = (X_n \otimes \hat{Y}_{n-2})^T; \\ \hat{Y}_{n-2} = (\Psi_{n-2}^T R_{n-2})^T; \Psi_{n-2}^T = (X_{n-1} \otimes \hat{Y}_{n-3})^T; \dots; \hat{Y}_1 = (\Psi_1^T R_1)^T; \Psi_1^T = (X_2 \otimes X_1)^T, \end{cases}$$

где \otimes – обозначает произведение Кронекера.

Определение матриц R_1, R_2, \dots, R_{n-1} производится по результатам экспериментов. При этом минимизируется расстояние между фазифицированными результатами и выходом модели. Для решения данной задачи целесообразно применение генетических алгоритмов.

Выводы. Представленные в работе модели позволяют отобразить влияние различных факторов на показатели деятельности человека-оператора в составе динамических автоматизированных систем. Результаты моделирования показывают возможность построения нечетких иерархических реляционных моделей по экспериментальным данным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Передерий В. И., Еременко А. П. Математические модели и алгоритмы определения релевантности принимаемых решений с учетом психофункциональных характеристик пользователей при управлении автоматизированными динамическими системами // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2007. – № 2 (20). – С. 34-40.
2. Campello R.J.G.B., Amaral W.C. Hierarchical Fuzzy Relational Models: Linguistic Interpretation and Universal Approximation // IEEE Transactions on Fuzzy sets and Systems. – 2006. – vol. 14. – P. 446-453.

ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ У КУРСІ «СУДНОВІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ»

Івченко В.В.,

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Актуальність. Сучасні вимоги до підготовки суднових електромеханіків передбачають глибоке оволодіння ними знаннями й навичками стосовно судових інформаційно-вимірювальних систем. Розвиток цих основних складових компетенції майбутніх морських фахівців у цій галузі неможливий без використання сучасних інформаційно-освітніх середовищ. Метою нашої роботи були розробка, впровадження та аналіз ефективності циклу віртуальних лабораторних робіт у курс «суднові інформаційно-вимірювальні системи».

Результати дослідження. При формуванні тематики і змісту цих робіт ми спиралися на діючу в Херсонській державній морській академії програму з цього спецкурсу та досвід викладання цієї дисципліни в інших вищих морських закладах. У результаті було розроблено і впроваджено в учбовий процес п'ять лабораторних робіт, які повністю охоплюють усі її ключові питання.

У першій лабораторній роботі курсантам пропонується знайомство з програмним середовищем ELECTRONICS WORKBENCH та його можливостями при створенні комп'ютерних моделей схем із застосуванням віртуальних вимірювальних приладів. Курсанти мають можливість опанувати методики зборки досліджуваного макета схеми, налаштуванню параметрів елементів цієї схеми та, нарешті, проведенню віртуальних вимірювань.

Другу роботу присвячено дослідженню принципу дії параметричних датчиків на прикладі однотактного та диференціального індукційних перетворювачів переміщення. Шляхом порівняння точності вимірювання за обома методиками студенти дістають висновок про значні переваги диференціального метода вимірювань.

Метою третьої роботи є дослідження принципів дії найпростішого уніфікованого перетворювача на базі інвертуючого операційного підсилювача та комутатора у вигляді ключа у безконтактному виконанні. У процесі виконання цієї роботи у курсантів розвиваються уявлення про основні функції вимірювально-нормуючих перетворювачів, а саме: про операції масштабування та зміщення сигналу. В якості демонстрації перемикачів каналів у роботі представлено схему та опис принципу дії комутатора на базі двох комплементарних МОП транзисторів з індуктованими каналами n - та p -типу.

У четвертій лабораторній роботі досліджується подвійне (аналого-цифрове та цифро-аналогове) перетворення. Студенти мають дати якісну оцінку точності перетворень залежно від частоти дискретизації і розрядності АЦП і ЦАП.

Предметом розгляду у п'ятій лабораторній роботі є знайомство з основними операціями системи диспетчерського контролю і збору даних SCADA, зокрема, з такими як:

- обмін даними із контролерами та платами вводу/виводу) у реальному часі через драйвери;
 - первинна програмна обробка значень контрольованих параметрів (фільтрація, лінеаризація, масштабування);
-

- прикладна обробка результатів вимірювань;
- перевірка вимірювальних каналів;
- візуалізація зміни стану об'єктів на мнемосхемах та зміни значень контрольованих параметрів на трендах (графіках);
- формування управляючих впливів на об'єкти автоматизації;
- архівування значень контрольованих параметрів;
- складання звітів.

Висновки. Результати поточної та семестрової перевірки знань у курсантів-електромеханіків ХДМА виявили покращення їхньої якості у порівнянні з попередніми роками; під час виконання цих робіт студенти проявляли велику зацікавленість у проведенні віртуальних експериментів. Таким чином, можна стверджувати, що впровадження такого циклу робіт у систему навчання у вищих морських закладах є неодмінною умовою розвитку глибоких і змістовних уявлень про суднові інформаційно-вимірювальні системи.

АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕРВІСУ ДЛЯ ТІЛ ОБЕРТАННЯ

Кирилович В.А., Моргунов Р.С.,

Житомирський державний технологічний університет
(Україна)

Одним із етапів проектування роботизованих механоскладальних технологій є визначення технологічних параметрів сервісу (ТПС) як складових технологічної взаємодії схватів (Сх) промислових роботів (ПР) з об'єктами маніпулювання (ОМ). Відомо, що ТПС включають в себе технологічні вектори підходу/відходу, сектори, що описують можливу орієнтацію Сх навколо осі конкретної елементарної поверхні ОМ, лінійні параметри сервісу (відрізки, що лежать на осі ОМ, та характеризують можливість накладання проекційних зв'язків таким чином, щоб полюс Сх співпадав з точкою, що належить відповідному відрізку).

На сьогодні автоматизоване вирішення такого роду задач відсутнє. Практично відсутня інформація про те, за яку поверхню ОМ краще затискати Сх, яка орієнтація Сх має бути під час виконання відповідних роботизованих технологічних операцій та переходів. В багатьох доступних інформаційних джерелах надається інформація тільки рекомендаційного характеру і ніде не вказується про автоматизоване вирішення вказаного.

Актуальність вирішення даної задачі є очевидною, оскільки кількість інсталяції промислових роботів у виробничій сфері стрімко зростає з кожним роком, про що свідчать дані світової федерації робототехніки. Зменшення собівартості роботизованих технологічних процесів завжди було однією із основних задач під час їх проектування/синтезу.

Визначення ТПС для кожної робочої позиції (РП) гнучкої виробничої комірки (ГВК) дозволяє аналізувати отримані дані щодо кожної РП та узгоджувати їх між собою для вибору координат точки затиску ОМ, орієнтації та напрямку підходу/відходу Сх під час технологічного обслуговування кожної РП, що в свою чергу впливає на тривалість роботи та споживану потужність ПР під час завантаження/розвантаження РП.

Авторами запропонований підхід щодо розв'язування вказаної задачі, який дозволяє визначити ТПС та базується на використанні запропонованих інформаційних моделей ОМ, Сх, технологічного обладнання (ТО), пристосувань (Пр) РП. Написано програмний продукт, який дозволяє формувати тривимірні моделі елементів ГВК на основі їх опису. Реалізована перевірка на зіткнення між елементами сцени, яку формують структурні елементи ГВК. Основні кроки, які потрібно виконати для визначення параметрів ТПС, є наступними.

Крок 1. Формування тривимірних моделей ТО, Пр, ОМ обраної РП та моделі Сх.

Крок 2. Декомпозиція геометричної моделі ОМ та Сх на елементарні поверхні, що можуть бути описані одним геометричним примітивом (циліндр, конус, параболоїд, або їх комбінації) таким чином, щоб був отриманий симплекс (фігура опуклої форми).

Крок 3. Пошук координат полюса Сх в системі координат (СК) Сх. Оскільки для різних конструктивних моделей Сх полюс може мати так званий дрейф (змінюватись в залежності від діаметру поверхні, що підлягає затиску) – знайти величину переміщення затискних елементів Сх таким чином, щоб поверхня ОМ була повністю закріплена в Сх.

Крок 4. Накласти проекційні зв'язки полюса Sx на вісь елементарної поверхні OM .

Крок 5. Знайти геометричну різницю Мінковського між точками пар симплексів $OM-Sx$, $TO-Sx$, $PrPP-Sx$. Із отриманих точок за допомогою алгоритму QuickHull сформувати симплекси різниці пар (СРП) між елементами РП та Sx .

Крок 6. Пошук секторів та лінійних параметрів сервісу. Оскільки перевірка на зіткнення виконується перевіркою приналежності нульової точки абсолютної СК до СРП, то достатньо для формування лінійних параметрів сервісу переміщувати СРП на відносну величину (вздовж осі елементарної поверхні OM) і запам'ятовувати ті позиції, де нульова точка СК не належить СРП. Далі, змінюючи орієнтацію Sx навколо осі OM , виконати кроки 4-6 для знаходження лінійних параметрів сервісу для нової орієнтації Sx .

Даний підхід дозволяє сформувати інформаційну базу ТПС для кожної РП, що в подальшому буде використана для аналізу можливості маніпуляційної системи ПР забезпечити орієнтацію та положення Sx в певній точці РП із врахуванням історії технологічного маршруту OM , тим самим зменшуючи множину точок затиску OM в Sx , а також перевіряти за критеріями мінімуму часу та потужності роботи ПР, мінімальної відстані між полюсом Sx та центром мас OM доцільність затиску OM в Sx в межах ТПС.

РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ АДАПТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ

Кравцова Л.В., Каминская Н.Г.,

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Актуальность темы. Изменения, происходящие во всех сферах человеческой жизни, непосредственно затронули и систему образования. Появление дистанционного обучения – вполне закономерный этап развития и адаптации образования к современным условиям.

Повышение качества обучения, интенсификация учебного процесса и переход на новые технологии сейчас невозможны без внедрения в процесс обучения различного рода автоматизированных обучающих систем, и главную роль в этом процессе играют технологии дистанционного обучения.

Возможность индивидуализации обучения является одной из главных преимуществ использования информационных технологий в учебном процессе. Согласно закона Украины «О высшем образовании», дистанционное образование приобрело официальный статус самостоятельной формы обучения наравне с очной, заочной формами и экстернатом.

Из-за существенной разницы в уровне базовой подготовки и индивидуальных способностей студентов одинаковый для всех план учебного процесса, который принят за основу в традиционных системах дистанционного обучения (СДО), является оптимальным в лучшем случае не более чем для 30% студентов: для одних он слишком напряженный, для других, наоборот, недостаточно интенсивный. В результате неэффективно используются интеллектуальные и материальные ресурсы как индивида, так и общества. Использование современных информационных технологий в учебном процессе позволяет повысить качество учебного процесса и усилить образовательные эффекты от применения инновационных педагогических программ и методик. В настоящее время разработано большое количество систем дистанционного обучения. Однако актуальной является проблема создания системы, которая могла бы динамично адаптироваться под влиянием взаимодействия со студентами, учитывая их индивидуальные особенности. В частности, необходимо с особым вниманием отнестись к специфике подготовки специалиста морского профиля с учетом главных отличий обучения курсанта морского учебного заведения от студентов всех других учебных заведений, а именно, прохождения курсантами плавательной практики, то есть их отсутствие в учебных аудиториях в течение длительного периода.

Цель и задачи исследования. Целью работы является решение актуальной научно-технической проблемы - разработки, создания и внедрения автоматизированных адаптивных обучающих систем для обеспечения индивидуализированного обучения в условиях использования в дистанционном образовании.

Под интеллектуальной информационной системой (ИИС) понимают комплекс программных, лингвистических и логико-математических средств для реализации основной задачи – осуществления поддержки деятельности человека и поиска информации в режиме продвинутого диалога на естественном языке. Обучение разработке и применению информационных систем является важной составляющей частью информационной подготовки многих специалистов, в том числе и специалистов морских специальностей.

Главной причиной появления адаптивных систем, основанных на принципе индивидуализации обучения, стала недостаточная информированность о реальном уровне знаний учеников и естественные различия в их способностях усвоить предлагаемые знания. Адаптивный тестовый контроль дает возможность распознать и классифицировать

уровень знаний каждого обучаемого в данной предметной области, а адаптивное обучение способствует реализации принципа индивидуализации обучения - одного из самых важных при подготовке квалифицированных специалистов. Очевидно, что без компьютерной поддержки эта проблема практически не решается. Обычная аудиторная работа с целым коллективом обучаемых, пусть даже небольшим, исключает индивидуальный подход с объективной оценкой способностей каждого из них. Автоматизированная система тестирования создается в виде компьютерного банка заданий, упорядоченных в соответствии с интересующими характеристиками их сложности. Любой преподаватель на собственном опыте знает, как порой полярно отличается подготовленность первокурсников любого высшего учебного заведения. Совершенно очевидно, что выпускник лицея при высшем учебном заведении и выпускник обычной городской, а тем более сельской, да еще и отдаленной, школы приходят на студенческую скамью с различной базой собственных знаний, а значит, и уровень, качество и скорость восприятия вузовской программы у них различны. Адаптивное обучение позволит учить без привычных, для массового образования, многочисленных пробелов в индивидуальной подготовленности учащихся и студентов, достигать требуемой структуры и желаемого уровня знаний. Естественно, обеспечить адаптивное обучение без применения современных компьютерных технологий невозможно.

Важным в этом процессе является так же и то, что компьютеризация образования позволяет сохранить методический потенциал опытных педагогов, реализуя его в форме компьютерных обучающих и контролирующих программ. Таким образом, ведущая роль отводится не столько и не только обучающей деятельности преподавателя, сколько самообучению самих студентов на основе использования подготовленных профессиональными педагогами, специалистами в данной предметной области, материалов.

Однако наличие даже самого совершенного учебного материала не гарантирует обучаемому достижения необходимого уровня компетенции. Обучение применению информационных систем в образовании – это тоже большая наука. Оно должно проводиться в информационно-образовательной среде, соответствующей профессиональной деятельности. Только в таком случае сочетание современных компьютерных технологий и адаптивных методов обучения приведет к ожидаемым результатам.

Организация учебно-пространственной среды, в которой формируется образовательный процесс, является одним из самых важных условий успешного внедрения современных методов обучения. Максимальный эффект может быть достигнут только при условии согласованных действий всех участников этого процесса – как тех, кто внедряет эти методы, так и тех, для кого эти методы предназначены. Первоначальный смысл образовательного процесса заключается в том, чтобы донести до обучаемого учебный материал, дать ему возможность самореализоваться. Естественно, форма представления учебного материала, как и уровень его сложности, должны отвечать определенным требованиям. Необходим комплексный, научно обоснованный, а главное, творческий подход к созданию курсов дистанционного обучения, учитывающий психологические особенности потенциальных пользователей этих курсов.

Применение интерактивных мультимедийных средств обучения сегодня можно наблюдать в преподавании практически всех дисциплин, представляющих стандартные учебные программы образовательных центров – институтов, университетов, академий. Однако практически отсутствует опыт использования таких средств для обучения будущих моряков. Анализ публикаций по исследуемой проблеме привел к выводу о необходимости создания комплекса дистанционного обучения для курсантов морских учебных заведений. Возможность повышения образовательного уровня дистанционно для моряка, находящегося за пределами учебного заведения в течение многих месяцев, может быть реализована именно с помощью программ дистанционного обучения.

Одним из первых вопросов, возникающих в процессе создания курса дистанционного обучения, является вопрос выбора платформы, на которой будет реализован дистанционный курс. Правильное решение этого вопроса, возможно, повлияет на судьбу всего проекта.

Обучение на основе компьютера ушло далеко за пределы взаимоотношений студентов и учебных заведений. Говоря о подготовке судоводителя для работы на судах дальнего плавания, можно смоделировать реальные условия движения судна, учесть воздействие случайных факторов, в том числе и человеческого фактора, понять необходимые концепции. В связи с этим компьютерное обучение стало широко популярным среди морских колледжей и институтов. Тем более что компьютерные программы предоставляют обучающимся всю необходимую информацию. Индивидуальная работа дает лучшие результаты, чем аудиторная. Использование информационной технологии для подачи материала и инструкций помогает решить эту проблему. Обучающие программы созданы таким образом, что могут быть использованы многократно, собраны в библиотеки, и использоваться в режиме реального времени.

Компьютерное обучение для большинства людей стало реальным шансом получить образование. Некоторые студенты могут больше не беспокоиться о том, что они будут постоянно отставать от своих однокурсников. При желании самого студента, он может за определенный период вполне ликвидировать пробелы в обучении и даже опередить тех, у кого предварительная подготовка была на более высоком уровне. Обучение на основе компьютера делает все это возможным. Однако для осуществления полноценного во всех смыслах дистанционного обучения необходим целый комплекс мер, итогом которого станет доступное образование, отвечающее самым строгим требованиям.

Выводы. Дистанционное обучение в последние годы становится всё более востребованным, так как позволяет получить действительно качественное образование без существенных временных и материальных затрат. В настоящее время в мире накоплен обширный опыт реализации систем дистанционного обучения. Конструктивные и функциональные особенности современных персональных компьютеров предоставляют уникальные возможности обучающим субъектам. Внедрение в систему образования программированного дистанционного обучения, реализующего возможности удаленного доступа к информационным источникам, является первоочередной задачей морской академии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Быков В. Ю., Кухаренко В. М., Сиротенко Н. Г., Рыбалко О. В., Богачков Ю. М. Технология разработки электронного курса : учебное пособие. – К. : Миллениум, 2008. – 328 с.
2. Дистанційний навчальний процес : Навчальний посібник / За ред. В. Ю.Бикова та В. М. Кухаренка. – К. : Міленіум, 2005. – 292 с.

ПРОБЛЕМА СРАВНЕНИЯ ИНТЕРВАЛОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Левин В.И.,

Пензенский государственный технологический университет
(Россия)

Актуальность. Для построения усовершенствованной математики сравнения интервалов, которая позволяет решить поставленную в [1] задачу, нам потребуются основные сведения из разработанной ранее обычной математики сравнения интервалов [2].

Результаты исследования. Рассмотрим два интервала $\tilde{a} = [a_1, b_2]$ и $\tilde{b} = [b_1, b_2]$. Сравним эти интервалы по величине, рассматривая их как интервальные числа. Реализуем сравнение на теоретико-множественном уровне, т.е. рассматривая интервалы как единые множества, не подлежащие дроблению. Поэтому операции взятия максимума \vee и минимума \wedge интервалов введем как теоретико-множественные конструкции

$$\tilde{a} \vee \tilde{b} = \{a \vee b \mid a \in \tilde{a}, b \in \tilde{b}\}, \quad \tilde{a} \wedge \tilde{b} = \{a \wedge b \mid a \in \tilde{a}, b \in \tilde{b}\}. \quad (1)$$

Операции \vee, \wedge , введенные в (1), существуют всегда, т.е. для любой пары интервалов $\{\tilde{a}, \tilde{b}\}$. Чтобы пару интервалов $\{\tilde{a}, \tilde{b}\}$ можно было сравнить по величине, установив их отношения ($\tilde{a} \geq \tilde{b}$ или $\tilde{a} \leq \tilde{b}$), нужно чтобы: 1) операции \vee, \wedge над этими интервалами давали в результате один из операндов – \tilde{a} или \tilde{b} « 2) операции \vee и \wedge были согласованы, т.е. была справедлива следующая эквивалентность: $(\tilde{a} \vee \tilde{b} = \tilde{a}) \Leftrightarrow (\tilde{a} \wedge \tilde{b} = \tilde{b})$. При этом условие 2 выполняется всегда (т.е. для произвольной пары интервалов $\{\tilde{a}, \tilde{b}\}$), а условие 1 выполняется не всегда, поэтому не любые два интервала \tilde{a}, \tilde{b} сравнимы по величине.

Теорема 1. Для того чтобы интервалы $\tilde{a} = [a_1, b_2]$ и $\tilde{b} = [b_1, b_2]$ были сравнимы по величине и находились в отношении $\tilde{a} \geq \tilde{b}$, необходимо и достаточно, чтобы границы этих интервалов удовлетворяли условиям

$$a_1 \geq b_1, \quad a_2 \geq b_2, \quad (2)$$

а для того, чтобы они были сравнимы по величине и находились в противоположном отношении $\tilde{a} \leq \tilde{b}$, необходимо и достаточно выполнения условий

$$a_1 \leq b_1, \quad a_2 \leq b_2. \quad (3)$$

Итак, теорема 1 сводит сравнение двух интервалов и выбор большего (меньшего) их них к простой задаче сравнения двух границ этих интервалов, являющихся вещественными числами. При этом оказывается, что интервалы \tilde{a} и \tilde{b} находятся в отношении $\tilde{a} \geq \tilde{b}$, когда интервал \tilde{a} сдвинут обеими границами вправо относительно интервала \tilde{b} , и в отношении $\tilde{a} \leq \tilde{b}$, когда интервал \tilde{a} аналогично сдвинут обеими границами влево относительно интервала \tilde{b} .

Теорема 2. Для того чтобы интервалы $\tilde{a} = [a_1, b_2]$ и $\tilde{b} = [b_1, b_2]$ были не сравнимы по величине, т.е. не находились в отношении $\tilde{a} \geq \tilde{b}$ либо $\tilde{a} \leq \tilde{b}$, необходимо и достаточно, чтобы выполнялись условия

$$(a_1 < b_1, a_2 > b_2) \text{ или } (b_1 < a_1, b_2 > a_2). \quad (4)$$

Итак, теорема 2 показывает, что интервалы \tilde{a} и \tilde{b} не сравнимы по отношениям \geq и \leq только тогда, когда один из них «накрывает» другой. Из теоремы 1 вытекают следующие теоремы 3, 4.

Теорема 3. Для того чтобы существовал максимальный интервал (т.е. находящийся в отношении \geq со всеми остальными интервалами) в системе интервалов $\tilde{a}(1) = [a_1(1), b_2(1)]$, $\tilde{a}(2) = [a_1(2), b_2(2)]$, $\tilde{a}(3) = [a_1(3), b_2(3)]$,... и этим интервалом был $\tilde{a}(1)$, необходимо и достаточно, чтобы его границы были расположены относительно одноименных границ всех остальных интервалов согласно условиям

$$a_1(1) \geq a_1(2), a_1(1) \geq a_1(3), \dots; \quad a_2(1) \geq a_2(2), a_2(1) \geq a_2(3), \dots \quad (5)$$

Теорема 4. Для того чтобы существовал минимальный интервал (т.е. находящийся в отношении \leq со всеми остальными интервалами) в системе интервалов $\tilde{a}(1) = [a_1(1), b_2(1)]$, $\tilde{a}(2) = [a_1(2), b_2(2)]$, $\tilde{a}(3) = [a_1(3), b_2(3)]$,... и этим интервалом был $\tilde{a}(1)$, необходимо и достаточно, чтобы его границы были расположены относительно одноименных границ всех остальных интервалов согласно условиям

$$a_1(1) \leq a_1(2), a_1(1) \leq a_1(3), \dots; \quad a_2(1) \leq a_2(2), a_2(1) \leq a_2(3), \dots \quad (6)$$

Из теорем 3 и 4 видим, что интервал является максимальным (минимальным) среди имеющихся интервалов только если максимальны (минимальны) его нижняя граница – среди нижних границ всех интервалов, а также его верхняя граница – среди верхних границ всех интервалов.

Перейдем теперь к построению усовершенствованной математики сравнения интервалов. Будем рассматривать только множества интервалов, сравнимых между собой по величине в указанном выше смысле. В соответствии с поставленной в [1] задачей оптимизации нам необходимо попытаться свести сравнение интервалов по двум их параметрам – нижней и верхней границам, как это предписывается теоремой 1, к сравнению интервалов по их какому-нибудь подходящему одному параметру. Базовый результат в этом направлении исследований содержит нижеследующая теорема 5.

Теорема 5. Пусть $\tilde{a} = [b_1, b_2]$ и $\tilde{b} = [b_1, b_2]$ – сравнимые по величине интервалы, а $M(\tilde{a}) = (a_1 + a_2)/2$ и $M(\tilde{b}) = (b_1 + b_2)/2$ – центры этих интервалов. Тогда справедливы следующие эквивалентности:

$$(\tilde{a} \geq \tilde{b}) \Leftrightarrow (M(\tilde{a}) \geq M(\tilde{b})), \quad (\tilde{a} \leq \tilde{b}) \Leftrightarrow (M(\tilde{a}) \leq M(\tilde{b})). \quad (7)$$

Доказательство. Докажем сначала первую эквивалентность из (7). Учитывая результат теоремы 1, имеем

$$\tilde{a} \geq \tilde{b} \Rightarrow a_1 \geq b_1, a_2 \geq b_2 \Rightarrow a_1 + a_2 \geq b_1 + b_2 \Rightarrow (a_1 + a_2)/2 \geq (b_1 + b_2)/2 \Rightarrow M(\tilde{a}) \geq M(\tilde{b});$$

$$M(\tilde{a}) \geq M(\tilde{b}) \Rightarrow (a_1 + a_2)/2 \geq (b_1 + b_2)/2 \Rightarrow a_1 + a_2 \geq b_1 + b_2 \Rightarrow a_1 \geq b_1, a_2 \geq b_2 \Rightarrow \tilde{a} \geq \tilde{b},$$

что и требовалось доказать. Вторая эквивалентность формулы (7), в которой стоит знак \leq , доказывается аналогично. Результат теоремы 5 показывает, что сравнение интервалов (с последующим выбором большего или меньшего интервала) по двум их параметрам – нижней и верхней границам, как это предписывается теоремой 1, можно свести к сравнению их по одному параметру – центру интервала. Однако теорема 5 неверна для несравнимых по величине интервалов, для которых из того или иного соотношения между центрами двух интервалов не вытекает никакого соотношения между величинами этих интервалов.

Пример 1. Рассмотрим три интервала: $\tilde{a} = [1,11]$, $\tilde{b} = [2,4]$ и $\tilde{c} = [8,10]$. Сравним отношения между интервалами с отношениями между центрами этих интервалов.

Находим центры: $M(\tilde{a}) = (1+11)/2 = 6$, $M(\tilde{b}) = (2+4)/2 = 3$, $M(\tilde{c}) = (8+10)/2 = 9$. Таким образом, отношения между центрами интервалов

$$M(\tilde{b}) < M(\tilde{a}) < M(\tilde{c}).$$

С другой стороны, хорошо видно, что интервал \tilde{a} покрывает как интервал \tilde{b} , так и интервал \tilde{c} . Следовательно, приведенные только что отношения порядка между центром $M(\tilde{a})$ интервала \tilde{a} и центрами $M(\tilde{b})$, $M(\tilde{c})$ интервалов \tilde{b} и \tilde{c} не дают полной информации об аналогичных отношениях самого интервала \tilde{a} с интервалами \tilde{b} и \tilde{c} . В то же время интервалы \tilde{b} и \tilde{c} в соответствии с теоремой 1 сравнимы по величине. Поэтому отношение величин этих двух интервалов и отношение их центров эквивалентны в смысле (7), т.е.

$$(\tilde{b} \leq \tilde{c}) \Leftrightarrow (M(\tilde{b}) \leq M(\tilde{c})).$$

Этот пример показывает, что теорему 5 можно применять только в случае сравнимости в смысле теоремы 1. Из теоремы 5 вытекают следующие теоремы 6 и 7.

Теорема 6. Для того чтобы в системе n попарно сравнимых между собой интервалов

$$\tilde{a}(1)=[a_1(1),b_2(1)], \tilde{a}(2)=[a_1(2),b_2(2)], \tilde{a}(3)=[a_1(3),b_2(3)], \dots, \tilde{a}(n)=[a_1(n),b_2(n)].$$

существовал максимальный интервал (находящийся со всеми остальными $n-1$ интервалами в отношении \geq) и, кроме того, этим интервалом был $\tilde{a}(1)$, необходимо и достаточно, чтобы центр данного интервала $M[\tilde{a}(1)]$ был расположен относительно центров всех остальных интервалов $M[\tilde{a}(2)], M[\tilde{a}(3)], \dots, M[\tilde{a}(n)]$ системы согласно следующим условиям

$$M[a_1(1)] \geq M[a_1(2)], M[a_1(1)] \geq M[a_1(3)], \dots, M[a_1(1)] \geq M[a_1(n)] \quad (8)$$

Теорема 7. Для того чтобы в системе n попарно сравнимых между собой интервалов

$$\tilde{a}(1)=[a_1(1),b_2(1)], \tilde{a}(2)=[a_1(2),b_2(2)], \tilde{a}(3)=[a_1(3),b_2(3)], \dots, \tilde{a}(n)=[a_1(n),b_2(n)]$$

существовал минимальный интервал (находящийся со всеми остальными $n-1$ интервалами в отношении \leq) и этим интервалом был $\tilde{a}(1)$, необходимо и достаточно, чтобы центр интервала $M[\tilde{a}(1)]$ был расположен относительно центров остальных интервалов $M[\tilde{a}(2)], M[\tilde{a}(3)], \dots, M[\tilde{a}(n)]$ системы согласно условиям

$$M[a_1(1)] \leq M[a_1(2)], M[a_1(1)] \leq M[a_1(3)], \dots, M[a_1(1)] \leq M[a_1(n)]. \quad (9)$$

Вывод. Из теорем 6 и 7 видно, что интервал является максимальным (минимальным) среди имеющихся попарно сравнимых интервалов только если его центр является максимальным (минимальным) среди центров всех имеющихся интервалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин В. И. Упрощенная методика оптимизации систем в условиях интервальной неопределенности. Постановка задачи // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2013) [Збірка матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції. У 2-х тт. (28-30 травня 2013 р., Херсон)]. – Т. 1. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013.

2. Левин В. И. Моделирование задач оптимизации в условиях интервальной неопределенности // Известия Пензенского гос. педагогического ун-та, 2011. – Вып. 25.

ПРОБЛЕМА УПРОЩЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Левин В.И.,

Пензенский государственный технологический университет
(Россия)

Актуальность. В настоящее время существует множество различных методов решения задач оптимизации, как универсальных, решающих задачи различных классов, так и специализированных, рассчитанных лишь на решение отдельных узких классов задач [1-6]. Все эти методы, однако, применимы лишь к оптимизации точно известных (детерминированных) функций. Однако на практике оптимизируемые функции нередко задаются не точно, а с той или иной степенью неопределенности (т.е. недетерминированы).

Результаты исследований. Существует несколько подходов к нахождению оптимума таких функций, все они имеют свои достоинства и недостатки [7]. В работах автора [8-12] был предложен детерминизационный подход к оптимизации неполностью определенных функций. Данный подход принципиально отличается от широко известных подходов тем, что: 1) оптимизация неполностью определенной функции проводится с учетом всего множества возможных значений ее недетерминированных параметров; 2) для любой функции \tilde{f} , неопределенность которой связана с неопределенностью ее параметров, заданных лишь с точностью до интервалов возможных значений, нахождение оптимума сводится к нахождению одноименных оптимумов двух полученных из \tilde{f} детерминированных функций.

Таким образом, важным преимуществом детерминизационного подхода является то, что для нахождения оптимума неполностью определенных (недетерминированных) функций становится возможным применение хорошо известных и эффективных методов нахождения оптимума полностью определенных (детерминированных) функций. Однако недостаток данного подхода состоит в том, что вместо решения одной недетерминированной задачи оптимизации приходится решать две одноименные детерминированные задачи оптимизации.

Настоящая работа показывает, что для некоторого, достаточно широкого класса неполностью определенных функций \tilde{f} детерминизационный подход позволяет свести оптимизацию функции \tilde{f} к нахождению соответствующего оптимума одной полученной из \tilde{f} детерминированной функции. Тем самым частично снимается указанный недостаток подхода.

Рассмотрим задачу условной оптимизации неполностью определенной функции, параметры которой заданы лишь с точностью до интервалов возможных значений [1]. Пусть задана произвольная непрерывная функция n переменных

$$y = F(x_1, \dots, x_n). \quad (1)$$

Далее, пусть эта функция существует в некоторой области, определяемой следующей системой ограничений:

$$\Phi_i(x_1, \dots, x_n) \leq b_i, \quad i = \overline{1, m} \}, \quad (2)$$

причем все параметры (коэффициенты) явного представления этой функции известны точно. Тогда для функции (1) можно сформулировать полностью определенную задачу условной оптимизации

$$F(x_1, \dots, x_n) = \max \left. \begin{array}{l} \\ \text{при } \Phi_i(x_1, \dots, x_n) \leq b_i, \quad i = \overline{1, m} \end{array} \right\} \quad (3)$$

Сегодня известно много различных методов эффективного решения задач типа (3), привязывающихся к типам функций F и $\Phi_i, i = \overline{1, m}$.

Пусть теперь параметры $p_k, k = \overline{1, l}$ явного представления целевой функции F известны не точно, а в виде интервалов возможных значений $\tilde{p}_k = [p_{k1}, p_{k2}], k = \overline{1, l}$. Аналогичным образом неточно заданы параметры q_s явного представления функций Φ_i в левых частях ограничений и параметры b_i в их правых частях, т.е. имеет место $\tilde{q}_{si} = [q_{si1}, p_{si2}], s = \overline{1, t}, \tilde{b}_i = [b_{i1}, b_{i2}], i = \overline{1, m}$. Тогда функции F и $\Phi_i, i = \overline{1, m}$, также становятся интервалами $\tilde{F} = [F_1, F_2], \tilde{\Phi}_i = [\Phi_{i1}, \Phi_{i2}], i = \overline{1, m}$, равно как и параметры $b_i, i = \overline{1, m}$, принимающие вид интервалов $\tilde{b}_i = [b_{i1}, b_{i2}], i = \overline{1, m}$. В результате полностью определенная задача условной оптимизации (3) переходит в неполностью определенную (интервальную) задачу условной оптимизации

$$\tilde{F}(x_1, \dots, x_n) = \max \left. \begin{array}{l} \\ \text{при } \tilde{\Phi}_i(x_1, \dots, x_n) \leq \tilde{b}_i, \quad i = \overline{1, m} \end{array} \right\} \quad (4)$$

Вывод. Требуется построить усовершенствованную методику решения оптимизационной задачи (4), отличающуюся от прежней методики [13] тем, что решение неполностью определенной задачи условной оптимизации (4) сводится к решению не двух, а одной полностью определенной задачи условной оптимизации вида (3).

ЛИТЕРАТУРА

1. Юдин Д. Б., Гольдштейн Е. Г. Задачи и методы линейного программирования. – М. : Советское радио, 1964.
2. Вентцель Е. С. Введение в исследование операций. – М. : Советское радио, 1964.
3. Уайлд Д. Дж. Методы поиска экстремума. – М. : Наука, 1967.
4. Корбут А. А., Финкельштейн Ю. Ю. Дискретное программирование. – М. : На-ука, 1969.
5. Моисеев Н. Н., Иванюков Ю. П., Столярова Е. М. Методы оптимизации. – М. : Наука, 1978.
6. Левин В. И. Структурно-логические методы исследования сложных систем. – М. : Наука, 1987.
7. Вошинин А. П., Сотиров Г. Р. Оптимизация в условиях неопределенности. – М. : Изд-во МЭИ, 1989.
8. Левин В. И. Дискретная оптимизация в условиях интервальной неопределенности // Автоматика и телемеханика. – 1992. – № 7.
9. Левин В. И. Булево линейное программирование с интервальными коэффициентами // Автоматика и телемеханика. – 1994. – № 7.
10. Левин В. И. Интервальное дискретное программирование // Кибернетика и системный анализ. – 1994. – № 6.
11. Левин В. И. Нелинейная оптимизация в условиях интервальной неопределенности // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – № 2.
12. Левин В. И. Антагонистические игры с интервальными параметрами // Кибернетика и системный анализ. – 1999. – № 3.
13. Левин В. И. Моделирование задач оптимизации в условиях интервальной неопределенности // Известия Пензенского гос. педагогического ун-та, 2011. – Вып. 25.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ РЕЙСОВ БЫСТРОХОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ

Нгуен Гуй Хоанг,

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

Введение. В процессе концептуального проектирования суда перед проектировщиком встает задача оценки экономической эффективности. Как правило, для этого используются различные экономические показатели, включающие такие составляющие как средние доходы и средние эксплуатационные расходы. При расчете средних доходов необходимо определить среднее количество перевезенных пассажиров за рейс и среднее количество выполненных рейсов в течение заданного времени исследования. При расчете средних эксплуатационных расходов необходимо определить среднерейсовую скорость суда, среднее время полного рейса, состоящее из ходового времени и времени пребывания суда в портах. Для определения этих величин автором предполагается математическое моделирование сложных рейсов быстроходных пассажирских судов (БПС) [1].

Актуальность исследований. Математическое моделирование сложных рейсов БПС может служить основой для создания автоматизированной системы анализа и управления эффективностью применения пассажирских судов. На этой основе определяются оптимальные основные элементы БПС.

Результаты исследований. Предполагается, что n судов совершают рейсы между M пунктами, нумерующимися в порядке от 1 до M . При этом возможны следующие схемы работы судов на линии: 1. n судов совершают последовательно рейсы с интервалом между отходами $t_{\text{инт}}$; 2. n_1 судов совершают последовательно рейсы, начинающиеся от пункта 1 с интервалом между отходами $t_{\text{инт}1}$. В это же время n_2 судов ($n_2 = n - n_1$) совершают последовательно рейсы, начинающиеся от пункта M с интервалом между отходами $t_{\text{инт}2}$. Такие рейсы условно называются встречными.

Перед выходом суда в рейс производится проверка на возможность выполнения рейса по гидрометеорологическим условиям [2]. Если шторма нет, то рейс выполняется. Если шторм есть, то судно ждет улучшения погоды.

В случае шторма нет моделируется переход суда от пункта отправления до пункта прибытия. В процессе перехода рассчитывается вынужденное снижение скорости суда за счет воздействия волн и ветра по следующему алгоритму

Сначала проводится оценка максимально допустимой скорости движения суда на волнении с учетом высоты волны, а также заданного предельного значения вертикального ускорения, действующего на пассажиров и экипаж [3]

$$v_s \leq 11,323 \left[\frac{a_{cg} \Delta}{(12H_{1/3} + k_s B) \varphi (50 - \beta) k_s B} \right]^{0,5}, \quad (1)$$

где $a_{cg} = 0,981 \text{ м/с}^2$ – предельное значение вертикальных ускорений в районе центра тяжести суда; Δ – водоизмещение суда, кг; $H_{1/3}$ – значительная высота волны, м; $k_s = 1$ для монокорпусных судов (МН), число корпусов для многокорпусных судов (МНК); B – наибольшая ширина суда для МН и максимальная ширина по ватерлинии для МНК; φ – ходовой дифферент, град; β – угол килеватости корпуса в районе центра тяжести суда, град. Скорость v_s считается максимально допустимой по условиям обеспечения требуемого уровня комфорта пассажиров и экипажа.

Кроме того, скорость суда в условиях волнения определяется по формуле:

$$v_s = \bar{\eta}_0 v_0, \quad (2)$$

здесь v_0 – скорость суда на тихой воде; $\bar{\eta}_0$ – коэффициент, учитывающий падение скорости суда на волнении.

Если скорость v_s находится по формуле (2) больше, чем максимальная допустимая скорость по условиям обеспечения требуемого уровня комфорта пассажиров и экипажа, то в соответствии с алгоритмом, она будет снижена.

Затем ходовое время из i -го пункта в $(i+1)$ -й пункт рассчитывается по формуле $t_i = S_i / v_s$, где S_i – расстояние между пунктами i и $i+1$.

Количество вошедших пассажиров в i -ом пункте в одном направлении для j -го рейса определяется по выражению: $N_{i,j}^{во} = \min(N_{i-1,j}^{своб} + N_{i,j}^{вы}; N_{i,j-1}^{очер} + N_{i,j})$, где $N_{i-1,j}^{своб}$ – число свободных мест на судне в моменте выхода суда от $(i-1)$ -го пункта; $N_{i,j}^{вы}$ – количество вышедших пассажиров в i -ом пункте; $N_{i,j-1}^{очер}$ – количество пассажиров в очереди, ожидающих следующий рейс (j -ый рейс) в моменте выхода суда $(j-1)$ -го рейса от i -го пункта; $N_{i,j}$ – количество поступающих пассажиров в i -ый пункт от момента выхода суда $(j-1)$ -го рейса от i -го пункта к моменту прихода суда j -го рейса до этого пункта или количество поступающих пассажиров в i -ый пункт во время ожидания $t_{i,j}^{wait}$.

Расходы на топливо вычисляется по выражению: $C_{топ} = c_{топ} m_{топ}$, где $c_{топ}$ – стоимость 1 т топлива, \$/т; $m_{топ}$ – количество топлива на один рейс, т. Расходы на смазочное масло: $C_{масл} = c_{масл} m_{масл}$, где $c_{масл}$ – стоимость 1 т масла, \$/т; $m_{масл} = 0,05 m_{топ}$ – количество масла на один рейс, т.

Также определяются доходы от перевозки пассажиров по формуле

$$D = C_{пас.миль} N_{пас} Z_{рейс} N_{рейс},$$

где $C_{пас.миль}$ – стоимость проезда, \$/чел.миль; $N_{пас}$ – среднее количество перевезенных пассажиров за рейс, чел.; $N_{рейс}$ – число выполненных рейсов судами в течение заданного периода времени; $Z_{рейс}$ – протяженность рейса, миль.

По приходу в пункт прибытия моделируется посадка, высадка пассажиров и время простоя суда в этом пункте. Время простоев суда $t_{прос}$ включает время посадки-высадки пассажиров, время маневрирования и время пребывания в пункте.

Время полного рейса определяется как сумма ходового времени и времени простоев.

Затраты в порту для ПБС вычисляются по выражению: $C_{п} = c_{п} N_{зах} LBH$, где $c_{п}$ – ставка портовых сборов, \$/м³; $N_{зах}$ – число судозаходов в порт; L, B, H – длина, ширина и высота борта суда соответственно, м.

Переменные эксплуатационные расходы рассчитываются по формуле

$$C_{пере} = C_{топ} + C_{масл} + C_{п}.$$

Процесс повторяется до тех пор, пока не закончится заданное время имитации.

Затем проводится расчет постоянных эксплуатационных расходов судов. Постоянные эксплуатационные расходы зависят от численности экипажа, строительной стоимости суда и включают следующие составляющие: $C_{пост} = C_{экип} + C_{рем} + C_{стра} + C_{амор} + C_{адм}$, где $C_{экип}$ – расходы на содержание экипажа; $C_{рем}$ – расходы на ремонт и снабжение; $C_{стра}$ – расходы на страхование; $C_{амор}$ – амортизационные расходы; $C_{адм}$ – административно-управленческие, береговые расходы.

Затем проводится расчет эксплуатационных расходов судов по формуле:

$$C_{экс} = C_{пере} + C_{пост}.$$

По окончании моделирования выполняется статистическая обработка результатов.

Рисунок 1 – Диалоговое окно ввода данных для моделирования рейсов

Для подтверждения работоспособности разработанного алгоритма расчета эксплуатационных расходов и доходов судов используется модуль «ModelFuntioningHSPV», созданный автором в среде программирования Delphi 7.0. Рассмотрим пример, в котором два монокорпусные пассажирские суда совершают последовательные рейсы с интервалом между отходами $t_{\text{инт}} = 1,5$ часов на линии: Ялта - Гурзуф - Алушта- Гурзуф - Ялта с 4-го августа по 2-ое сентября 2012 г. по определенным дням: вторник, четверг, суббота и воскресенье Диалоговое окно ввода данных для моделирования рейсов указано на рис.1. Для определения экономических показателей использовались экономические данные, соответствующие указанному периоду моделирования. Стоимость проезда – 0,247\$/чел.миль.

В результате моделирования были получены следующие результаты: среднее время полного рейса – 2,925 час.; среднерейсовая скорость – 23,820 уз.; коэффициент, учитывающий потери скорости судна на волнение – 0,882; среднее количество перевезенных пассажиров за рейс – 251 чел.; среднее число выполненных рейсов в течение заданного периода исследования – 162 рейсов; среднее число выполненных рейсов в день – 6 рейс./день; средние эксплуатационные расходы – 111,358 тыс.\$; средние доходы от эксплуатации – 355,540 тыс.\$.

Выводы. 1. В статье было приведено математическое моделирование сложных рейсов БПС. 2. Результаты данного исследования могут быть использованы в судоходной компании при оценке экономической эффективности БПС, определении пассажировместимости, скорости хода, количества судов для определенной линии, а также при решении задачи выбора оптимальных основных элементов БПС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бусленко Н. П. Моделирование сложных систем. –М., 1968. – 355 с.
2. Российский морской регистр судоходства. Справочные данные по режиму ветра и волнения Балтийского, Северного, Черного, Азовского и Средиземного морей. – СПб., 2006. – 357 с.
3. Christopher Morlan. Development of the ABS Guide for Building and Classing High Speed Craft // Fast'93 Papers. – P. 907-915.

ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА МОНИТОРИНГА ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА

Нефедов Л.И., Шевченко М.В., Кудырко О.Н., Василенко О.В.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
(Украина)

Введение. В условиях появления новых функциональных задач управления и усовершенствования существующих газодобывающих и газораспределительных систем, возникает необходимость разработки системы управления качеством (СУК) добычи, переработки и транспортировки газа. Разрабатываемая система должна полностью отвечать требованиям действующего в настоящий момент стандарта ISO 9001:2009 [1] и позволять осуществлять не только мониторинг газораспределительной системы, но и оценивать эффективность работы СУК.

Актуальность исследований. 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. Попытки интеграции отечественной газодобывающей отрасли в европейское сообщество позволяют сделать вывод, что именно в условиях открытой рыночной экономики, немыслимой без острой конкуренции, проявляются факторы, которые делают качество условием выживания товаропроизводителей (газодобывающих и газотранспортных систем) и определяющим результатом их хозяйственной деятельности.

Говоря о качестве и его улучшении, необходимо знать, каково достигнутое качество, и иметь возможности сравнивать его с качеством аналогичных изделий. Чтобы улучшить качество, необходимо измерять его и количественно оценивать. Тогда можно говорить о том, в какой степени оно соответствует потребностям потребителей, современным требованиям производства, насколько его надо улучшить.

Согласно требованиям ISO 9001:2009 [1], организация должна определить критерии и методы, которые необходимы для обеспечения результативности функционирования и контроля процессов СУК, а сама СУК которые базируются на системе мониторинга. Следовательно, проблема обоснования критериев качества мониторинга добычи, переработки и транспортировки газа является актуальной.

Анализ последних исследований и публикаций. При внедрении в практику существующих стандартов на качество большинство авторов рассматривают задачи обобщенно, уделяя основное внимание принципам менеджмента [2-4]. Проблеме синтеза СУК добычи, переработки и транспортировки газа уделяется недостаточное внимание, поскольку в основном исследования направлены на решение задач обеспечения качества в производственной отрасли.

Постановка цели и задачи. Для синтеза СУК необходимо выразить количественно показатели, которые будут отслеживаться в реальном времени при мониторинге добычи, переработки и транспортировки газа, а также оценить само качество мониторинга, что является достаточно сложной задачей. Для решения такого типа задач необходимо обеспечить обработку большого количества разнородной информации. При этом существует неопределенность, связанная с неполнотой исходной информации; имеет место большое количество ограничений объективного и субъективного характера.

Целью статьи является повышение эффективности разработки системы управления качеством добычи, переработки и транспортировки газа за счет выбора и обоснования критериев (показателей) эффективности мониторинга добычи, переработки и транспортировки газа.

Результаты исследования. В настоящий момент можно отметить следующие тенденции – в процессе развития документированных систем качества выделены пять

этапов: качество продукции как соответствие стандартам; качество продукции как соответствие стандартам и стабильность процессов; качество продукции, процессов, деятельности как соответствие рыночным требованиям; качество как удовлетворение требований и потребностей потребителей и служащих; качество как удовлетворение требований и потребностей общества, владельцев (акционеров), потребителей и служащих. Все эти этапы возможно применить при синтезе СУК добычи, переработки и транспортировки газа, и на любом из представленных этапов необходимо оценивать качественные показатели с количественной точки зрения.

Выбор критериев для синтеза системы управления качеством устанавливает перечень наименований количественных характеристик свойств, характеризующих добычу, переработку и транспортировку газа, входящих в состав качества, и обеспечивающих оценку уровня качества при мониторинге.

Основные критерии качества для оценки добычи, переработки и транспортировки газа должны отвечать следующим основным требованиям [3,4]:

- способствовать обеспечению соответствия качества добычи, переработки и транспортировки газа потребностям народного хозяйства и населения;
- быть стабильными;
- способствовать планомерному повышению эффективности газодобывающих и газотранспортных систем;
- учитывать современные достижения науки и техники и основные направления технического прогресса в отраслях народного хозяйства;
- характеризовать все свойства газодобывающих и газотранспортных систем, обуславливающие их пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с их назначением.

Таблица 1 – Пример группировки критериев качества

№ п/п	Среды развёртывания функции качества	Группы критериев качества
1	предметная среда	критерии функционального назначения
2	предметная среда во времени	критерии надежности
3	предметная среда в пространстве	критерии транспортабельности
4	производственно-технологическая среда	критерии технологического и организационного уровня производства
5	среда экономических отношений	экономические критерии, экономико-коммерческие критерии
6	среда экологических отношений	экологические критерии
7	среда отношений безопасности	критерии безопасности
8	среда эргономических отношений	эргономические критерии
9	среда эстетических отношений	эстетические критерии
10	среда патентно-правовых отношений	патентно-правовые критерии
11	нормативная среда	критерии стандартизации
12	среда рыночных отношений	критерии конкурентоспособности
13	среда сервисного обслуживания	сервисные критерии

Обоснование выбора номенклатуры показателей качества производится с учетом: назначения и условий использования продукции; анализа требований потребителей; задач управления качеством продукции; состава и структуры характеризуемых свойств; основных требований к показателям качества.

Цели применения номенклатуры критериев качества устанавливаются в соответствии с задачами СУК. В зависимости от специфических особенностей добычи,

переработки и транспортировки газа некоторые указанные группы критериев качества могут отсутствовать. При необходимости вводятся дополнительные группы критериев, характерные для рассматриваемой отрасли.

По способу выражения они могут быть в натуральных единицах (граммы, миллиметры, баллы, безразмерные), а также в стоимостных единицах.

По оценке уровня качества – базовые, относительные, идеальные (эталонные), индексные, прогнозные и нормативные показатели.

По стадии определения – прогнозируемые, проектные, производственные, эксплуатационные критерии.

По характеризуемым свойствам они могут быть единичными и комплексными (групповыми, обобщенными, интегральными). Единичные и комплексные критерии качества, могут объединяться в различные группы в зависимости от отношений объекта с внешней средой (таблица 1) [4,5].

При анализе групп критериев можно заметить определенную корреляцию между ними. Например, такой показатель уровня технологичности производства, как энергоёмкость продукции, тесно связан с группами экономических и экологических показателей.

В общем случае качество продукции (процесса) оценивается на основе количественного измерения определяющих ее свойств. Современная наука и практика выработали систему количественной оценки свойств, которые и дают показатели качества.

Вывод. Таким образом, получила дальнейшее развитие система группировки критериев путем распространения ее на новый класс объектов – управление качеством добычи, переработки и транспортировки газа, а также принятие наилучших проектных решений по мониторингу. Обоснованная система критериев качества учитывает все среды развёртывания функции качества, что позволяет решать одну из задач, изложенных в общих требованиях к системе управления качеством по ДСТУ ISO 9001-2009 – мониторинг добычи, переработки и транспортировки газа [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. ДСТУ ISO 9001-2009 Системи управління якістю. Вимоги. – К. : Держспоживстандарт України, 2009.
2. Басовский Л. Е. Управление качеством : Учебник / Л. Е. Басовский, В. Б. Протасьев. – М. : Инфарм, 2001. – 212 с.
3. Ильенкова С. Д. Управление качеством : Учебник / С. Д. Ильенкова, Н. Д. Ильенкова, С. Ю. Ягудин и др. ; Под ред. Доктора экономических наук, профессора Ильенковой С. Д. – М. : Юнити, 1998. – 198 с.
4. Амиров Ю. Д. Квалиметрия и сертификация продукции. – М. : Издательство стандартов, 1996. – 104 с.
5. Мишин В. М. Управление качеством : Учебник – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2005. – 463 с.

ФОРМАЛИЗАЦИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЗАДАЧАХ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

Погребняк И.Ф.,

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Вступление. В настоящее время при выполнении поставленных задач в различных сферах человеческой деятельности при наличии большого количества факторов, определяющих пригодность различных альтернатив и вероятности их реализации, возникает задача принятия адекватного решения. В общем случае в задачах принятия решений при заданных условиях находят оптимальные величины управляемых параметров из области их допустимых значений. Критерии оптимизации принимают, как правило, не экстремальные, а некоторые компромиссные значения, которые в совокупности наилучшим образом соответствуют основной цели компромисса. При решении задач теории принятия решений одной из основных проблем является получение необходимой исходной информации и ее прогнозирование при изменении параметров и процессов, что позволяет выявить перспективные варианты развития системы.

Проблемы стратегического управления в условиях динамических изменений внешней среды отождествляются с принятием решений. Орган принятия решений часто вынужден действовать в условиях неопределенности, т.к. обладает меньшим количеством информации, чем это необходимо для целесообразной организации его действий. Особенностью такого управления является то, что принятие решений выполняется в условиях полной неопределенности. Природа такой неопределенности связана с тем, что динамика развития производственных систем порождается внутренними стохастическими процессами, которые, как правило, недоступны непосредственному наблюдателю, а фиксируются лишь только их внешние проявления в виде некоторых событий

Актуальность исследования. Затруднения в формализации, неопределенность в оценке состояния объекта, вызванная воздействием на него различных факторов, нарушения в системе управления, динамичность изменений внешней среды приводят к возникновению различных непредвиденных ситуаций, поэтому проблема выбора стратегий управления является актуальной [1-3].

Постановка задачи. Процедура управления считается формализованной, если определена и однозначно представлена последовательность элементарных актов ее реализации. Однако, поскольку цель не задана, то формальный смысл управляющих действий не очевиден, то не ясен подход к формализации управления. Отсюда возникает необходимость разработки изначальной формализации процесса управления в условиях неопределенности.

Изложение основного материала. В зависимости от степени неизвестности предстоящего поведения исходных параметров принятия решений различают условия риска, в которых вероятность наступления отдельных событий, влияющих на конечный результат, может быть установлена с той или иной степенью точности, и условия неопределенности (рис. 1.), в которых из-за отсутствия необходимой информации такая вероятность не может быть установлена.

Процесс формализации стратегического управления протекающими процессами в условиях флуктуаций внешней среды рассматривается как некоторая система процедур, обладающих внутренней организацией, структурой и иерархией.

Со структуризацией альтернатив связаны два фундаментальных понятия: множество альтернатив $\{\chi\}$, и принцип выбора Φ . Задача принятия решения может быть записана как

$$\{\{\chi\}, \Phi\} \rightarrow \chi^* \quad (1)$$

где χ^* – выбранная альтернатива.



Рисунок 1 – Классификация видов неопределенности в задачах принятия решений

В зависимости от степени формализации введенных понятий возможны следующие задачи:

- если множество $\{\chi\}$ определено, Φ может быть описан, то результаты его применения к элементам из $\{\chi\}$ не зависят от субъективных условий;
- множество $\{\chi\}$ определено, но принцип выбора Φ не может быть формализован. В этом случае выбор зависит от того, кто и на основе какой информации его делает.
- множество $\{\chi\}$ не имеет определенных границ, а принцип выбора Φ неформализован. В этом случае разные субъекты управления могут выбирать в качестве решения те альтернативы, которые другими субъектами управления и не рассматривались. Кроме того, один и тот же субъект при использовании одного и того же принципа выбора может изменять свое решение при обнаружении им новой альтернативы. С формальной точки зрения последняя задача теряет смысл, т.к. мы не знаем, ни из чего выбирать, ни чем при этом руководствоваться. Однако именно эта задача с некоторыми естественными ограничениями наиболее типична для практики.

Любая альтернатива $\hat{\chi}$ из множества альтернатив $\{\hat{\chi}\}$ может быть оценена с точки зрения полезности ее включения в $\{\chi\}$. Это делается при помощи некоторого вспомогательного принципа выбора Φ .

$$\{\{\hat{\chi}\}, \Phi\} \rightarrow \{\chi\} \quad (2)$$

Построение модели принятия решений сводится к заданию целевой функции, определенной на множестве $X \times Y$, где X – множества альтернатив, Y – множества возможных состояний среды.

Количественно это взаимодействие оценивается функцией двух аргументов $U(x, y)$. Она может интерпретироваться либо как функция достижения желаемых результатов, либо как функция потерь.

Изначальная структуризация формализации ситуационного управления включает следующие моменты или постулаты:

- эволюция ожидаемых результатов управления описывается процессом в пространстве состояний с распределением вероятностей;
- задано множество ситуаций, которые являются количественными характеристиками отношения субъекта к состоянию. Ситуации нуждаются в диагностике, которая состоит в ее выборе из множества. Заданы ограничения на допустимость альтернатив диагностики в зависимости от состояния;
- задано множество управляющих альтернатив в зависимости от ситуации и ограничения.

Выводы. Введенные положения конкретизируют аксиоматику минимального класса систем, к которым относятся производственные объекты и определяют соответствующие носители априорной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Контри Х. Стратегия в условиях неопределенности / Х. Контри, Д. Керкленд, П. Вигери // Экономические стратегии. – 2002. – №6. – С. 79-84.
2. Погребняк И. Ф. Мотивация ситуационного управления в условиях многокритериальной оптимизации / И. Ф. Погребняк, А. В. Шарко // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2011: Матеріали міжнародної наукової конференції, 16-20 травня 2011 р. – Євпаторія, 2011. – С. 166-168.
3. Погребняк И. Ф. Формализация проблемы управления организационными системами в условиях неопределенности / И.Ф. Погребняк // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2009. – № 1(23). – С. 151-156.

ДИНАМИКА ТЯГОВОЙ ПОДСИСТЕМОЙ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА (ПОЛЕВАЯ ПАРАДИГМА ИССЛЕДОВАНИЯ)

Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М.,

Институт транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины
(Украина)

Актуальность. Магнитолевитирующий поезд (МЛП), по сути лежащих в основе его функционирования физических процессов, является электромеханическим преобразователем энергии, получаемой из фидерной линии, в энергию движения механической подсистемы (МП) агрегата. Первичным, инициирующим блоком такого преобразования является электромагнитная подсистема (ЭМП) поезда, а ключевым элементом упомянутого блока – тяговый двигатель поезда. Технически обоснованным и экономически целесообразным является использование, для целей тяги МЛП, двигателей линейных [1]. При этом, несмотря на многие преимущества асинхронной реализации таких двигателей, в этом случае они обладают, в то же время, и рядом существенных, для целей тяги МЛП, недостатков. Один из основных из них – невозможность увеличения клиренса до требуемых спецификой упомянутой тяги значений без радикального ухудшения эксплуатационных показателей двигателя. Исходя из этого, МЛП оснащаются синхронной реализацией линейного двигателя (ЛСД). Более того, вследствие ряда весомых дополнительных преимуществ такого технического решения [2], ЛСД МЛП, как правило, комплектуются сверхпроводящими обмотками возбуждения (СПОВ).

Результаты исследований. Основным потребительским свойством МЛП является качество движения его МП. Поэтому именно на взаимодействие с последней подсистемой должно быть ориентировано, в первую очередь, описание функционирования ЭМП артефакта и, в том числе, его ЛСД. Основной величиной, определяющей меру указанного взаимодействия, является тяговое усилие (ТУ) ЛСД. Построению альтернативного варианта математической модели процесса реализации такого усилия посвящена настоящая работа.

Методика построения искомой модели процесса реализации ТУ ЛСД может основываться на энергетической, либо полевой парадигме исследования [2]. До настоящего времени подавляющее большинство работ, посвящённых указанной проблематике, использует первую из упомянутых, энергетическую парадигму [1, 3]. Основываясь на уравнениях второго закона Кирхгофа, эта парадигма теоретически адекватно и полно отражает моделируемые процессы. Однако, на практике такой путь построения модели в итоге ведёт к недопустимой неточности значений её элементов, а также – к необоснованной завышенности ресурсных затрат на такое построение.

Возникающая, таким образом, коллизия может быть успешно преодолена с использованием полевой парадигмы исследования ЛСД [4]. Её принятие реализуется определением результирующего магнитного поля якоря двигателя, в трёхмерной постановке, из решения краевой задачи для потенциала этого поля.

Расчётная схема якоря ЛСД МЛП представима [1] трёхфазной системой якорных прямоугольных контуров, уложенных вдоль пути следования поезда и питаемых трёхфазным сетевым напряжением. В случае использования СПОВ, её расчётная схема представима рядом однотипных прямоугольных контуров, обтекаемых постоянными токами одинакового значения и чередующегося направления. Активные стороны как якорных, так и индукторных контуров параллельны нормали к оси пути. При этом вокруг указанных контуров возбуждаются, соответственно, бегущее трёхфазное и неподвижное постоянное, относительно таких контуров, электромагнитные поля. Согласно третьему закону электромеханики [5], поля, реализующие электромеханическое преобразование энергии, должны быть взаимно

неподвижны. Вследствие этого, в ЛСД возникает тяговое усилие, заставляющее его контуры возбуждения двигаться относительно якорных контуров в направлении касательной к оси пути с синхронной скоростью.

С целью максимального исходного упрощения искомой модели, вводятся следующие предположения. Проводники индуктора первоначально считаются бесконечно тонкими нитями, по которым протекают одинаковые по величине, чередующиеся (от секции к секции) по направлению постоянные во времени токи. Проводники якоря предполагаются имеющими бесконечную, в его поперечном направлении, длину, а, поэтому, создаваемое ими поле – плоскопараллельным. Влияние высших гармоник пространственного распределения поля якоря на значение тягового усилия двигателя не учитывается.

С учётом принятых предположений, описывается, прежде всего, электромагнитное поле якоря. Его фазы питаются гармонически изменяющимися напряжениями. Поэтому первая гармоника токов этих фаз изменяется также согласно гармоническому закону. Плоскопараллельное электромагнитное поле, создаваемое этим распределением тока, зависит только от координат x и z , отсчитываемых, соответственно, вдоль касательной и бинормали к оси пути в каждой его точке. Скалярный магнитный потенциал Ψ этого поля удовлетворяет двумерному уравнению Лапласа [2]

$$\frac{\partial^2 \Psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \Psi}{\partial z^2} = 0. \quad (1)$$

и должен являться синусоидальной функцией x с периодом $2 \cdot \tau$, где τ – полюсное деление двигателя. Поэтому:

– для первой гармоники поля, решение уравнения (1) можно искать в виде

$$\psi_1 = \Psi_1(z) \cdot \cos(\pi \cdot \tau^{-1} \cdot x); \quad (2)$$

– справедливо уравнение

$$\frac{d^2 \psi_1}{dz^2} - \alpha^2 \cdot \psi_1 = 0; \quad \alpha = \pi \cdot \tau^{-1}; \quad (3)$$

– для потенциала ψ_1 и составляющих напряжённости поля в области $z > 0$ имеют место соотношения

$$\psi_1 = \frac{H_1}{\alpha} \cdot \cos(\alpha \cdot x); \quad H_{1x} = H_1 \cdot \sin(\alpha \cdot x);$$

$$H_{1z} = H_1 \cdot \cos(\alpha \cdot x); \quad H_1 = 0,5 \cdot \Lambda_1 \cdot e^{-\alpha \cdot z}; \quad \Lambda_1 = \Lambda_{1m} \cdot \cos(\omega \cdot t), \quad (4)$$

где H_1 – модуль напряжённости поля; Λ_{1m} – амплитудное значение линейной плотности якорного тока. Таким образом, величины, характеризующие поле якоря, с возрастанием координаты z убывают экспоненциально.

Решение уравнения (1) для электромагнитного поля, создаваемого высшими пространственными гармониками тока, отличается от приведенного лишь заменой α на $k \cdot \alpha$, где k – номер гармоники. Следовательно, при увеличении значения координаты z высшие гармоники поля убывают ещё быстрее, чем первая и их влияние – пренебрежимо мало даже на сравнительно небольших расстояниях от якоря. Это подтверждает возможность, при определении взаимодействия индуктора и якоря ЛСД, пренебрегать влиянием высших гармоник пространственного распределения тока якоря. Поэтому высшими пространственными гармониками поля якоря будем пренебрегать и рассматривать это поле как изменяющееся вдоль пути синусоидально.

В таком случае, согласно (3), для любой μ -ой секции индуктора двигателя вертикальные составляющие результирующей напряжённости поля якоря (в подвижной системе координат) для точек 1 и 2, соответствующих активным сторонам этой секции,

$$H_{z\mu 1}(h) = H_m(h) \cdot \cos[\alpha \cdot (-\Delta_\mu - 0,5 \cdot \sigma)] = -H_m(h) \cdot \sin(\theta_\mu - \nu);$$

$$H_{z\mu 2}(h) = H_m(h) \cdot \cos[\alpha \cdot (-\Delta_\mu + 0,5 \cdot \sigma)] = H_m(h) \cdot \sin(\theta_\mu + \nu). \quad (5)$$

$$\theta_\mu = \alpha \cdot \Delta_\mu; \quad \nu = 0,5 \cdot \alpha \cdot (\tau - \sigma), \quad (6)$$

где Δ_μ, σ – координата центра масс рассматриваемой секции индуктора в связанной с ним системе координат, а также продольная протяжённость такой секции.

Тогда горизонтальные продольные силы взаимодействия поля, созданного токами, протекающими в проводниках 1 и 2 рассматриваемой μ -ой секции индуктора, с полем якоря

$$\varphi_{x\mu 1} = -\mu_0 \cdot H_{z\mu 1} \cdot l \cdot I_r = \mu_0 \cdot H_m(h) \cdot l \cdot I_r \cdot \sin(\theta_\mu - \nu);$$

$$\varphi_{x\mu 2} = \mu_0 \cdot H_{z\mu 2} \cdot l \cdot I_r = \mu_0 \cdot H_m(h) \cdot l \cdot I_r \cdot \sin(\theta_\mu + \nu), \quad (7)$$

где I_r, l – ток в секции индуктора, а также длина каждой из её активных сторон; μ_0 – магнитная постоянная, определяющая плотность магнитного потока в вакууме.

Горизонтальная же сила $\varphi_{x\mu}$, действующая на всю μ -ю секцию

$$\varphi_{x\mu} = \varphi_{x\mu 1} + \varphi_{x\mu 2} = 4 \cdot \mu_0 \cdot a_r \cdot I_r \cdot H_m(h) \cdot \cos(\nu) \cdot \sin(\theta_\mu); \quad a_r = 0,5 \cdot l. \quad (8)$$

Значение полного тягового усилия ЛСД, создаваемого взаимодействием полей его якоря и N секций индуктора

$$\Phi_x = \sum_{\mu=1}^N \varphi_{x\mu} = \Phi \cdot \sum_{\mu=1}^N \sin(\theta_\mu); \quad \Phi = 3 \cdot \mu_0 \cdot a_r \cdot I_r \cdot \Lambda_m \cdot e^{-\alpha \cdot h} \cdot \cos(\nu). \quad (9)$$

У реального ЛСД МЛП ширина якоря, конечно, имея тот же порядок, что ширина индуктора и его полюсное деление. Учёт влияния конечности ширины якоря двигателя на значения реализуемых им тяговых усилий осуществим [6] введением в выражение (9) соответствующего поправочного коэффициента $\chi_z^{(h)}$. Тогда

$$\Phi = 3 \cdot \chi_z^{(h)} \cdot \mu_0 \cdot a_r \cdot I_r \cdot \Lambda_m \cdot e^{-\alpha \cdot h} \cdot \cos(\nu);$$

$$\chi_z^{(h)} = e^{\alpha \cdot h} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\kappa_n}{n \cdot \beta \cdot a_r} \cdot R_n \cdot e^{-R_n \cdot \alpha \cdot h} \cdot \sin(n \cdot \beta \cdot a_r); \quad (10)$$

$$R_n = (1 + n^2 \cdot \beta^2 \cdot \alpha^{-2})^{0,5} \forall n \in [1, \infty], \quad (11)$$

где $\kappa_n \forall n \in [1, \infty]$ – коэффициенты разложения в ряд Фурье функции

$$\tilde{\Lambda}(y) = \Lambda \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \kappa_n \cdot \cos(n \cdot \beta \cdot y); \quad \beta = \pi \cdot (2 \cdot a_s + b)^{-1}. \quad (12)$$

Здесь a_s, b – половина реальной ширины якоря двигателя, а также интервал, принимаемый при искусственной периодизации его поля.

В частности, если принять

$$b = a_s = a_r, \quad (13)$$

то, после преобразований, выражение (10) может быть приведено к виду

$$\chi_z^{(h)} = e^{\alpha \cdot h} \cdot \left(\frac{3}{\pi}\right)^2 \cdot \sum_{n=1}^{\infty} R_n \cdot n^{-2} \cdot e^{-R_n \cdot \alpha \cdot h} \cdot \sin\left(n \cdot \frac{\pi}{3}\right). \quad (14)$$

Реальное сечение проводников индукторной обмотки – конечно и, как правило, прямоугольно. Предполагая, что ток распределён по каждому из таких сечений, имеющему ориентацию, нормальную к оси пути, равномерно с плотностью

$$\rho = I_r \cdot s^{-1} = I_r \cdot 0,25 \cdot p^{-1} \cdot q^{-1}, \quad (15)$$

где $2 \cdot p$, $2 \cdot q$ – ширина и высота поперечного сечения такого проводника, приходим к выводу, что сила взаимодействия поля, создаваемого этим током, с якорным полем двигателя может быть описана выражением [4]

$$f_x = k_{rx} \cdot f_{x0}; \quad k_{rx} = \left[1 - \frac{p^2 - q^2}{6} \cdot \alpha^2 + \frac{3 \cdot p^4 - 10 \cdot p^2 \cdot q^2 + 3 \cdot q^4}{360} \cdot \alpha^4 + \dots \right], \quad (16)$$

где f_{x0} – значение той же силы, полученное в предположении, что весь упомянутый ток сосредоточен в нити, проходящей через центр поперечного сечения проводника.

Выводы. Итак, полученная математическая модель процесса реализации тягового усилия ЛСД может быть представлена совокупностью выражений (9) – (14) и (16). Их построение базировалось на использовании полевой парадигмы исследования, то есть подхода, гарантирующего высокую физическую адекватность, точность, а также умеренную ресурсоёмкость такого исследования [4, 6, 7]. Этим исчерпывающе достигнута цель описанного его этапа. Следующий этап должен состоять в высокорелевантной трансформации указанной математической модели в адекватную компьютерную.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзензерский В. А. Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией / В. А. Дзензерский, В. И. Омеляненко, С. В. Васильев, С. В. Матин, С. А. Сергеев – К. : Наук. думка, 2001. – 479 с.
2. Бочаров В. И. Транспорт на сверхпроводящих магнитах / В. И. Бочаров, И. В. Салли, В. А. Дзензерский – Ростов-на-Дону : Из-во РГУ, 1988. – 152 с.
3. Винокуров В. А. Линейный синхронный двигатель с гиперпроводящей обмоткой возбуждения / В. А. Винокуров, А. А. Аршинов, Т. А. Тараканов // Тр. Моск. ин-та инж. ж.-д. трансп., Вып. 572. – М., 1977. – С. 65-77.
4. Герасев О. А. Основы теории и расчёта линейного синхронного двигателя для высокоскоростного наземного транспорта / О. А. Герасёв, Ю. П. Коськин, Л. А. Цейтлин // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1979. – № 1. – С. 111-122.
5. Копылов И. П. Электрические машины / И. П. Копылов – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 360 с.
6. Герасев О. А. Трёхмерная модель линейного синхронного двигателя / О. А. Герасёв, Ю. П. Коськин, Л. А. Цейтлин // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1979. – №2. – С. 49-60
7. Высокоскоростной наземный транспорт с линейным приводом и магнитным подвесом / Под ред. В. И. Бочарова, В. Д. Нагорского. – М. : Транспорт, 1985. – 279 с.

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БЕСПИЛОТНОГО САМОЛЕТА С НАДУВНЫМ КРЫЛОМ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИМ ПОТОКОМ

Проценко Б.М., Казак В.Н.,
Национальный авиационный университет
(Украина, г. Киев)

Актуальность. Попытки создания полноценного самолета с резиновыми крыльями берут своё начало в далёком 1960 году. Основной проблемой при этом был вопрос устойчивости крыла в полёте. Беспилотная модель самолета, получившего обозначение I2000 (2000 год), уже прошла ряд тестовых полетов. I2000 сбрасывали с самолета-носителя на высоте около 300 м, за 0,33 секунды баллон со сжатым азотом надувал оба 82-сантиметровых крыла, и аппарат успешно планировал. В случае повреждения крыла в полёте предусмотрено специальное подкачивающее устройство, не дающее плоскости сдуваться и потерять несущую способность, – давление в крыле составляет 13,5-17 атм., тогда как азот в баллоне сжат до 34 атм. Так как у надувных плоскостей нет закрылков, предкрылков, элеронов и прочих элементов механизации крыла, большое значение для управляемости имеют хвостовой фюзеляжный щиток и хвостовое оперение.

В докладе рассматривается возможность повышения устойчивости и управляемости беспилотного самолета с надувным крылом за счет использования воздушных потоков. Внутреннее устройство крыла представляет собой совокупность перекрывающихся баллонов. Предлагается рассмотреть возможность повышения устойчивости баллона при прохождении потока через него.

Результаты исследований. В баллонах а и б, наполненных газом, близким к воздуху, поддерживается постоянное давление P ($Па$). В баллоне а газ пребывает в относительно спокойном состоянии.

На входе баллона б расположено подкачивающее устройство, которое создает поток FL (единицы объема/единицы времени). На выходе баллона расположен регулирующий клапан, который начинает выпускать газ, если нагнетаемое подкачивающим устройством давление начинает превышать установленное – P . Таким образом, в обоих баллонах

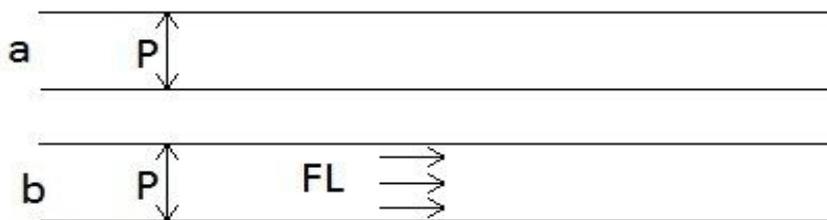


Рисунок 1 – Баллоны с потоком а и без потока б

$$P = const \quad (1)$$

Предположим, что при действии определённых сил произошла деформация баллонов. Под деформацией будем понимать отклонение части баллонов вверх на угол $180^\circ - \alpha$. Для того, чтоб отклонить часть баллона а на данный угол необходимо приложить силу $F1$ (H/m^2), то есть

$$F1 \geq P. \quad (2)$$

Для отклонения части баллона б на данный угол недостаточно компенсировать силу давления внутри баллона, необходимо ещё учесть силу, которая будет создаваться потоком FL при деформации:

$$F2 \geq P + FL. \quad (3)$$

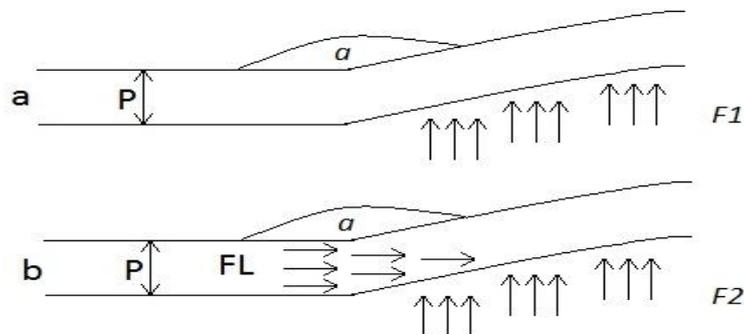


Рисунок 2 – Отклонение на угол 180°-а баллонов с потоком а и без потока б

Выводы. При возможности управления потоком, обеспечивающим необходимую устойчивость и управляемость, возможно говорить о целесообразности создания нового метода повышения устойчивости и восстановления управляемости надувного крыла.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА ПРИ РАБОТЕ ПЛАЗМЕННОГО АКТУАТОРА

Редчиц Д.А.,

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина),

Моисеенко С.В.,

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. Управление дозвуковыми потоками воздуха представляет значительный интерес в связи с перспективами развития наземного транспорта, авиации, ветроэнергетики, создании новых типов газовых турбин и других механизмов. Одним из возможных методов воздействия на ламинарный или турбулентный поток воздуха без применения расходных материалов является применение плазменного актуатора (ПА).

Плазменный актуатор состоит из двух расположенных существенно ассиметрично электродов, которые разделены диэлектриком. Один из электродов открытый и контактирует с воздухом, а другой – полностью погружен в диэлектрический материал. Электроды располагаются на аэродинамической поверхности вдоль размаха рассматриваемого обтекаемого тела и являются, как правило, длинными и тонкими.

Среди методов плазменного управления структурой течения воздуха диэлектрический барьерный разряд (ДБР) рассматривается как один из перспективных для практического применения, так как ДБР отличается устойчивой работой при атмосферном давлении без свертывания разряда в сжатую дугу. Диэлектрический барьерный разряд – это электрический разряд в газовой среде, возникающий между двумя электродами, один или оба из которых покрыт диэлектриком.

Высокое напряжение, приложенное к электродам, ионизирует воздух, вследствие чего образуется слабоионизированная неравновесная плазма. В результате взаимодействия заряженных частиц в плазме с электрическим полем возникает сила Лоренца (массовая сила), которая воздействует на среду. Таким образом, плазменный актуатор генерирует пристенную струю воздуха и изменяет профиль пограничного слоя.

Анализ плазменных и аэродинамических времен является ключевым моментом в понимании процессов, происходящих при управлении потоком. В случае обтекания тела воздухом в качестве характерных масштабов длины и времени принимаются геометрические характеристики тела (например, длина) и время, за которое воздух пройдет это расстояние. Если рассматривать плазму в воздухе, возникающую при диэлектрическом барьерном разряде, то кроме указанных выше времен возникают характерные времена, связанные со скоростью протекания химических реакций, а также с релаксацией объемного заряда и другими процессами, происходящими в плазме.

Существенное различие во времени аэродинамических процессов ($\tau \sim 10^{-3} \div 10^{-1}$ с) и процессов, происходящих при электрическом разряде ($\tau \sim 10^{-11} \div 10^{-9}$ с), не дает возможности провести прямое численное моделирование рассматриваемых процессов, происходящих в ДБР, даже с использованием современных суперкомпьютеров ни в настоящее время, ни в обозримом будущем. Поэтому для моделирования этих процессов применяются различные модели плазменного воздействия на поток.

Целью работы является разработка подхода к моделированию диэлектрического барьерного разряда при работе плазменного актуатора в подвижной сплошной среде.

Постановка задачи. В настоящей работе рассматривается частично ионизированная квазинейтральная идеальная низкотемпературная неравновесная плазма, генерируемая диэлектрическим барьерным разрядом при работе плазменного актуатора в сплошной вязкой среде. Процессы динамики вязкой несжимаемой жидкости описываются осредненными по Рейнольдсу уравнениями Навье-Стокса с учетом массовых сил. Для

замыкания уравнений Навье-Стокса используется дифференциальная однопараметрическая модель Spalart-Allmaras, адаптированная к тензору скоростей деформаций (SALSA). Для данного класса задач плазму можно рассматривать как ионизированный квазинейтральный газ. В общем случае она описывается четырьмя уравнениями Максвелла.

Численный метод. Автором разработан специализированный пакет вычислительной гидродинамики (CFD) на основе уравнений Навье-Стокса, включая несколько дифференциальных моделей турбулентности, для расчета стационарных и нестационарных ламинарных и турбулентных течений. Для моделирования диэлектрического барьерного разряда при работе плазменного актуатора дополнительно решались два уравнения, описывающие распределение приложенного напряжения и плотности заряженных частиц, которые были интегрированы в разработанный CFD пакет. Воздействие диэлектрического барьерного разряда на окружающую среду осуществлялось через силу Лоренца, входящую как источниковый член в уравнения Навье-Стокса.

Результаты и обсуждение. В настоящей работе проведено численное моделирование воздействия диэлектрического барьерного разряда при работе плазменных актуаторов на обтекающий цилиндр поток воздуха при числе Рейнольдса $Re = 30000$. Для визуализации структуры течения в эксперименте применялась дымовая визуализация потока, а в настоящей работе использовались изолинии модуля завихренности.

Турбулентное обтекание цилиндра характеризуется наличием в следе вихревой дорожки Кармана (рис. 1). Вследствие действия сил вязкости вблизи поверхности цилиндра частицы жидкости теряют часть кинетической энергии, которой уже недостаточно, чтобы преодолеть повышение давления в кормовой части цилиндра. Возле точки отрыва формируется возвратное течение, из которого развивается большой вихрь. Через некоторое время этот вихрь отрывается от тела и уплывает вниз по течению. В завихренной зоне позади кормовой части цилиндра, давление сильно понижено по сравнению с давлением в невозмущенном потоке. На некотором удалении за цилиндром формируется последовательность вихрей, вращающихся попеременно в разных направлениях (рис. 1).

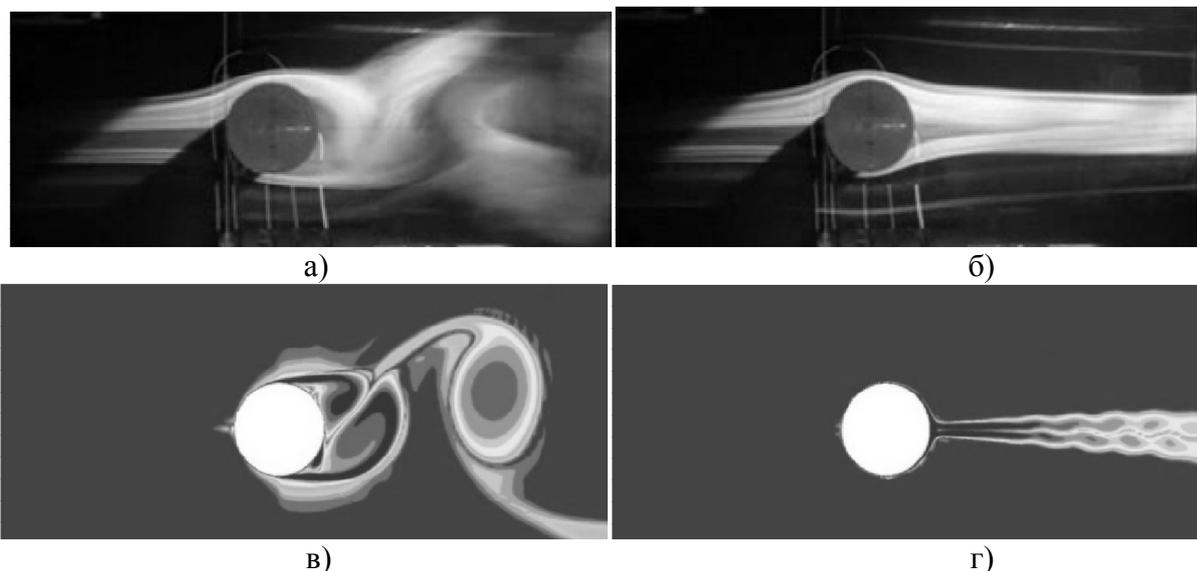


Рисунок 1 – Турбулентное обтекание цилиндра с выключенными (а, в) и включенными (б, г) плазменными актуаторами (а, б – эксперимент; в, г – настоящая работа)

Включение четырех плазменных актуаторов ($\varphi = 11.5$ кВ), расположенных на поверхности цилиндра $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$, приводит к подавлению вихревой дорожки и обтекание носит присоединенный характер (рис. 1). На рис. 2 приведены распределения коэффициента давления для различных режимов обтекания кругового цилиндра.

Сплошная линия соответствует потенциальному бесциркуляционному обтеканию $C_p = 1 - 4\sin^2 \phi$. Здесь происходит полное восстановление донного давления, что в отсутствие сил трения приводит к парадоксу Даламбера – нулевой силе сопротивления. В вязких течениях трение вносит сравнительно небольшой непосредственный вклад в лобовое сопротивление, однако наличие трения ведет к отрыву потока и существенному перераспределению давления на поверхности цилиндра. Для развитой дорожки Кармана значения коэффициента давления находятся в зоне, обозначенной штриховыми линиями на рис. 2. Подавление вихревой дорожки Кармана с помощью плазменных актуаторов приводит к восстановлению донного давления и снижению лобового сопротивления (●●● линия на рис. 2). В зависимости от числа Рейнольдса; режима обтекания цилиндра (ламинарное, переходное, турбулентное); интенсивности работы плазменных актуаторов значение коэффициента сопротивления C_D может уменьшаться от 5 до 40 раз.

Полученные результаты обтекания цилиндра для случая с выключенным и включенными плазменными актуаторами удовлетворительно совпадают с экспериментальными данными.

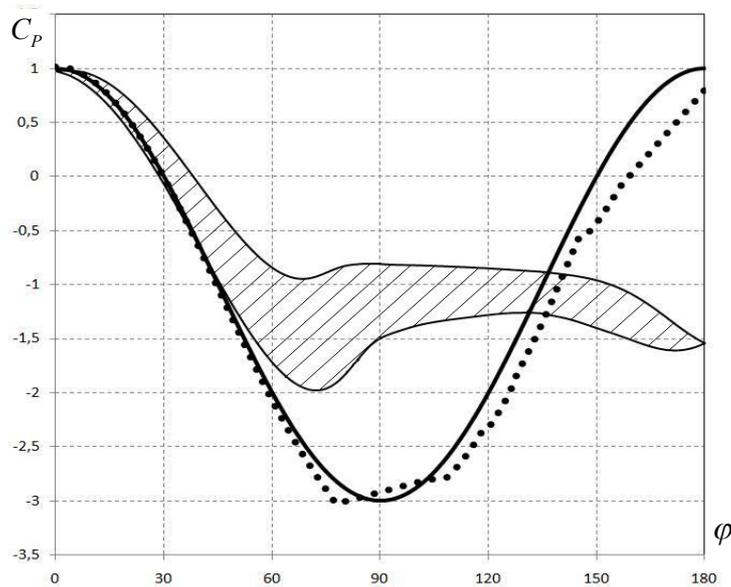


Рисунок 2 – Распределения коэффициента давления для различных режимов обтекания кругового цилиндра

Выводы. На основе физической модели диэлектрического барьерного разряда построена математическая модель, описывающая нестационарные электро- и аэродинамические процессы при работе плазменного актуатора. Показана возможность уменьшения коэффициента сопротивления цилиндра с помощью плазменного актуатора за счет подавления вихревой дорожки Кармана. Предложенная методика учитывает физические особенности рассматриваемого класса задач и обладает высокой вычислительной эффективностью. Данный подход применим к моделированию динамики низкоскоростных потоков жидкости и газа при наличии электростатического поля.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАЗБИЕНИЯ В АЛГОРИТМЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ FUZZY C-MEANS

Ремнева В.В.,

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. В настоящее время растет спрос предприятий и организаций на системы управления и анализа, способные не просто накапливать данные, а добывать новые знания в соответствии со стандартами Data Mining. Одной из основных задач интеллектуального анализа является задача кластеризации.

Традиционные (четкие) методы кластеризации ставят в соответствие каждой точке строго один кластер. Методы нечеткой кластеризации базируются на теории нечетких множеств Заде Л.А. [1] и допускают принадлежность каждой точки ко всем кластерам с различными степенями принадлежности. Самым распространенным из них является метод Fuzzy C-Means (FCM). Данный алгоритм обладает рядом недостатков, к числу которых относится проблема определения оптимального количества кластеров.

Правильно выбрать количество кластеров для реальных задач без какой-либо априорной информации о структурах в данных достаточно сложно. Для оценки качества разбиения используется ряд критериев: коэффициент разбиения (PC), энтропия разбиения (PE), индекс Хие-Бени (ХВ), индекс Дана (DI), индекс Фукуяма-Сугено (FS), функция нечеткого гиперобъема (FHV), индекс разбиения (SC). Первые два критерия оценивают близость расположения объектов внутри каждого кластера, то есть компактность кластеров, остальные – компактность и разделимость.

Постановка задачи. Исследуем поведение приведенных выше индексов на примере тестовых наборов данных, изображенных на рис. 1. В случае (а) двумерные данные, принадлежащие трем кластерам, хорошо разделимы и компактны. В случае (б) были выбраны образцы, предложенные Looney С.G. [2] в качестве тестовых, представляющие собой три кластера, не так явно разделимых. Проведем кластеризацию исходных данных с помощью FCM-алгоритма, задавая различное число кластеров.

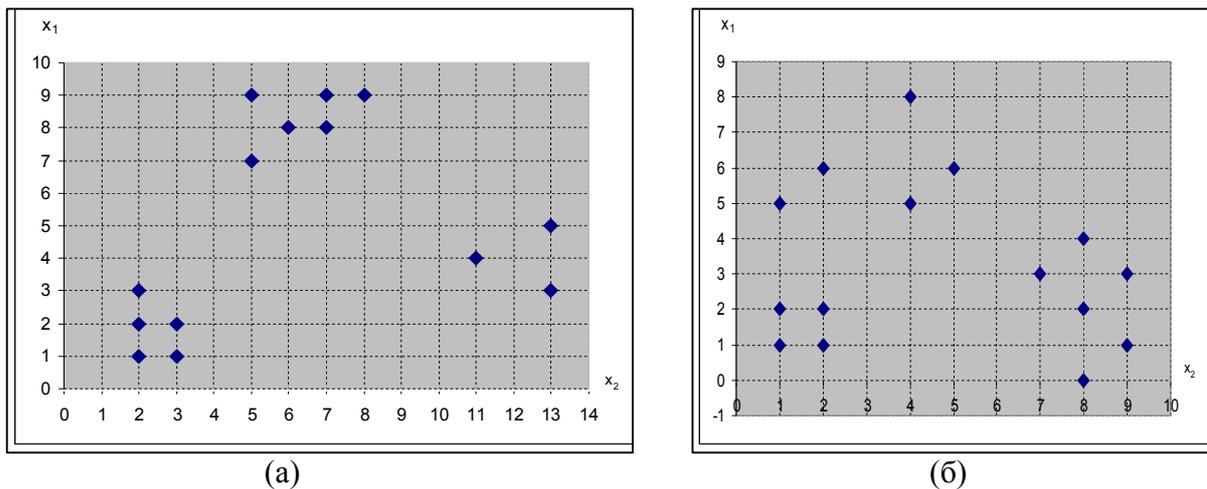


Рисунок 1 – Данные для проведения вычислительного эксперимента

Результаты исследования. Полученные результаты представлены в таблице 1.

В таблице цветом выделены те ячейки, значения которых являются наилучшим результатом кластеризации с точки зрения каждого критерия. В случае (а) видно, что наиболее вероятным количеством кластеров в наборе данных является 3. Только один критерий (индекс разбиения) указал на неправильный результат. Случай (б) является спорным. Только четыре индекса (коэффициент разбиения, индекс Хие-Бени, индекс

Дана, функция нечеткого гиперобъема) из семи указывают на правильное число кластеров.

Таблица 1 – Поведение индексов

Количество кластеров	PC	PE	XB	DI	FS	FHV	SC
случай (а)							
2	0,8353	0,2766	0,0096	0,5452	-153,7870	10,8251	0,894
3	0,9196	0,1894	0,0017	1,5394	-294,0112	5,4548	0,3002
4	0,8429	0,3328	0,0137	0,5964	-285,7403	6,5870	0,3439
5	0,7558	0,4809	0,0237	0,3636	-247,7656	7,3491	0,2456
6	0,8091	0,4309	0,0242	0,4699	-291,2579	12,6790	0,276
случай (б)							
2	0,8064	0,3268	0,0088	0,4734	-99,8762	8,2221	1,1771
3	0,8121	0,3747	0,0050	0,7071	-146,8749	7,6401	0,6124
4	0,7424	0,5168	0,0120	0,3333	-145,5752	8,5568	0,5164
5	0,7478	0,5383	0,0071	0,3333	-153,2605	8,4582	0,6106
6	0,6741	0,6699	0,0457	0,7071	-139,4895	10,1379	0,3647

Выводы. Таким образом, ни один из предложенных критериев качества FCM-кластеризации не является универсальным и не гарантирует правильное решение в каждой конкретной прикладной задаче. В работе показано, что хотя индексы и пригодны для оценки качества разбиения, но их значения в значительной мере зависят от исходных данных. Для того, чтобы получить априорную оценку оптимального количества кластеров в некотором множестве данных, необходимо использовать как можно большее число индексов для оценки результата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Заде Л. А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе // Классификация и кластер / Под ред. Дж. Вэн Райзина: Пер с англ. / Под ред. Ю.И. Журавлева. – М. : Мир, 1980. – С. 208-247.
2. Looney C. G. Interactive clustering and merging with a new fuzzy expected value // Pattern Recognition. – 2002. – Vol. 35. – P. 2413-2423.
3. 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.
4. Bezdek J.C. Some Recent Applications of Fuzzy C-means in Pattern Recognition and Image Processing // IEEE Workshop on Lang. Autom. – 1983. – P. 247–252.
5. 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.
6. Вятчин Д. А. Нечеткие методы автоматической классификации. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 219 с.
7. Fuzzy Models and Algorithms for Pattern Recognition and Image Processing / J. C. Bezdek, J. M. Keller, R. Krishnapuram, N. R. Pal. – New York : Springer Science. – 2005. – 776 p.
8. X. L. Xie and G. Beni. A validity measure for fuzzy clustering // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence – 1991. – P. 841-847.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Скрупская Л.С., Поляков М.А.,

Запорожский национальный технический университет
(Украина)

Актуальность. Современный уровень развития техники диктует повышенные требования к надежности и отказоустойчивости, в частности это относится к трансформаторному оборудованию. Важным элементом, обеспечивающим надежность работы оборудования и повышение его ресурса, является система диагностики.

Целью данной работы является краткий обзор средств технической диагностики с применением методов искусственного интеллекта.

Результаты исследования. Структура технической диагностики показана на рис. 1. Она характеризуется двумя взаимосвязанными направлениями: теорией контролеспособности и теорией распознавания. Теория контролеспособности включает разработку средств и методов получения диагностической информации, автоматизированный контроль и поиск неисправностей. Теория распознавания содержит разделы, связанные с построением алгоритмов распознавания, решающих правил и диагностических моделей [1].

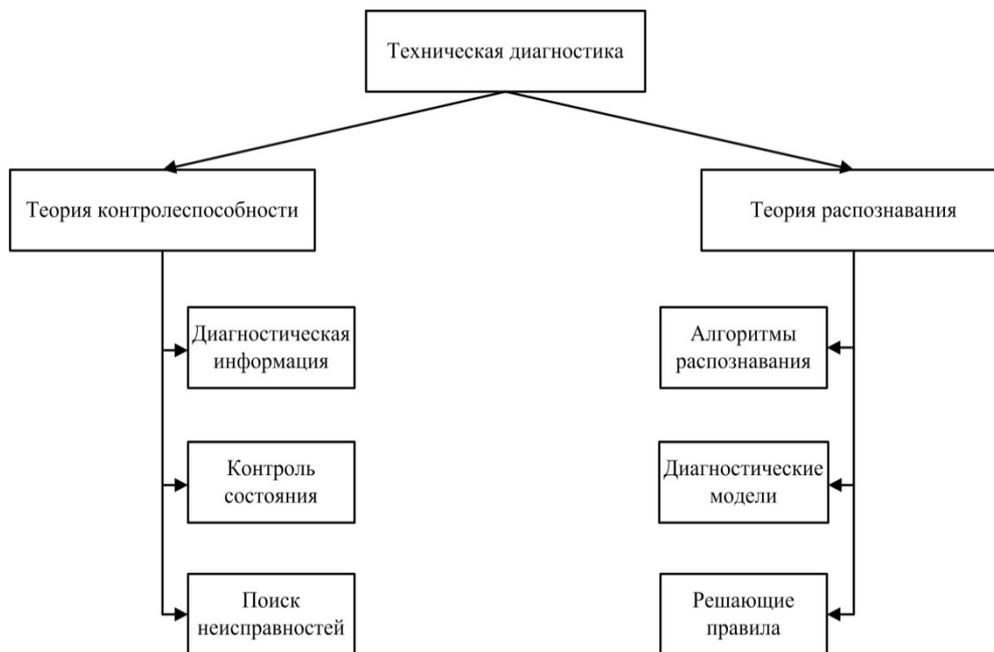


Рисунок 1 – Структура технической диагностики

К основным методам технической диагностики можно отнести методы измерения параметров состояния, методы сокращения размерности данных, методы принятия диагностических решений. Методы измерения параметров состояния составляют физические методы неразрушающего контроля: магнитного, электрического, вихретокового, радиоволнового и т.д. Выбор и применение физических методов на практике осуществляется разработчиком системы диагностики и зависит от решаемой прикладной задачи. Особенностью современного этапа развития методов и средств измерений трансформаторного оборудования является автоматизация процессов измерения параметров, возможность хранения на машинных носителях большого числа результатов измерений в результате включения в состав измерительных систем узлов с большим вычислительным ресурсом и сетевыми возможностями – промышленных контроллеров и компьютеров [2]. Методы сокращения размерности и принятия диагностических решений относятся к информационным технологиям, поскольку они

представляют собой технологический процесс, предметом переработки и результатом которого является информация. Методы принятия диагностических решений позволяют создавать диагностические модели (решать задачу структурно-параметрического синтеза) и определяют принципы их функционирования [3].

Интеллектуальная диагностика представляет собой совокупность средств, позволяющих строить надежные и адекватные модели диагностируемых сложных технических объектов и процессов по экспериментальным данным, обладающие при этом низкой избыточностью, высокой эффективностью и способностью адаптироваться к изменениям во внешней и внутренней средах диагностируемого объекта, что достигается обучением. Инструментальным базисом для осуществления интеллектуальной диагностики является теория распознавания образов, методы нейроинформатики и вычислительные системы, интегрированные в средства измерений [1].

Выводы. Таким образом, интеллектуальная диагностика имеет существенное значение в структуре технической диагностики оборудования. Важным компонентом систем диагностики на основе искусственного интеллекта являются базы знаний. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку методов и средств формирования баз знаний систем диагностики трансформаторного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Интеллектуальные средства диагностики и прогнозирования надежности авиадвигателей: Монография / [Дубровин В. И., Субботин С. А., Богуслаев А. В., Яценко В. К.] – Запорожье : ОАО «Мотор-Сич», 2003. – 279 с.
2. Поляков М. А., Ларионова Т. Ю. Модели систем и системные характеристики сложных электрических аппаратов. // *Електротехніка і електромеханіка*. – 2010. – №3. – С. 28-31.
3. Интеллектуальные информационные технологии проектирования автоматизированных систем диагностирования и распознавания образов : монография / [С. А. Субботин, Ан. А. Олейник, Е. А. Гофман, С. А. Зайцев, Ал. А. Олейник ; под ред. С. А. Субботина]. – Харьков : Компания СМІТ, 2012. – 318 с.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ БАЙЕСОВСЬКИХ МЕРЕЖ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЗНАНЬ КУРСАНТІВ ХЕРСОНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ

Стрелковська Л.О.,

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Актуальність теми підтверджена необхідністю якісного та об'єктивного оцінювання знань курсантів в умовах неоднозначності та невизначеності інформації.

Сучасний процес навчання курсантів у Херсонській державній морській академії має ряд особливостей, який пов'язаний з необхідністю напрацювання плавального цензу у розмірі 12 місяців для отримання робочих документів для подальшої роботи. Тому не всі курсанти мають можливість отримати інформацію по предмету у повному обсязі в обумовлені строки. Терміни складання сесії згідно з графіком навчального процесу не завжди можливі для окремої категорії курсантів, тому частку знань курсанти отримують при самостійному вивченні матеріалу. Викладач, в свою чергу, стикається з труднощами пов'язаних з тим, що одні курсанти прослухали повний курс повністю, а деякі фрагментально. В даному випадку корисним інструментом при оцінюванні знань курсантів є системи Байеса.

Байесові мережі – популярний імовірнісний інструмент для розв'язку задач моделювання процесів з невизначеностями, аналізу, класифікації і прогнозування. Їх застосовують при побудові медичних та технічних діагностичних систем, розпізнаванні статичних і динамічних об'єктів, прогнозуванні розвитку процесів в різних галузях досліджень та в деяких інших випадках.

Байесівські мережі дозволяють здійснювати логічний вивід результату зі складно-зв'язаних посилок з врахуванням невизначеностей. Мережа називається баєсовською, тому що в ній розраховуються умовні ймовірності за схемою Байеса. Баєсовські мережі являють собою набір змінних, графічну структуру зв'язків цих змінних та набір умовних розподілів.

Результати дослідження. Основна ідея методу Байеса полягає в максимізації ймовірності мережної структури при заданих даних, тобто максимізувати $P(B_S|D)$ серед усіх можливих мережних структур B_S при заданих екземплярах бази даних D . З цією метою ймовірність при заданій базі даних обчислюється для різних мережних структур і вибирається одна з максимальною ймовірністю.

$$\frac{P(B_{S_1}|D)}{P(B_{S_2}|D)} = \frac{\frac{P(B_{S_1}, D)}{P(D)}}{\frac{P(B_{S_2}, D)}{P(D)}} = \frac{P(B_{S_1}, D)}{P(B_{S_2}, D)},$$

де B_{S_1} і B_{S_2} – ймовірність двох мережних структур.

Припустимо, що є дві змінні E і H , які деяким чином пов'язані між собою. Якщо ми отримуємо конкретне значення H , тобто має місце конкретна подія, то цікаво знати, якою буде при цьому ймовірність події E . Тобто, необхідно знайти умовну ймовірність події E . Умовна ймовірність події визначається за виразом:

$$p(E|H_k) = \frac{p(E \cap H_k)}{p(H_k)}, \quad (1)$$

де \cap – операція перетину множин.

Теорія побудови Байесових мереж базується на припущення, що події є вичерпними і не перетинаються. Якщо ця умова не виконується, то результати застосування мережі будуть неконсистентними (тобто, неточними). У випадку коли події є

вичерпними і не перетинаються, то ймовірність події E можна обчислити за допомогою умовних ймовірностей

$$p(E) = \sum_{i=1}^n p(E \cap H_i) = \sum_{i=1}^n p(E | H_i) \cdot p(H_i). \quad (2)$$

Використовуючи рівняння (2), суму перетинів події E з H можна виразити наступним чином:

$$p(E \cap H_k) = p(E | H_k) \cdot p(H_k) = p(H_k | E) \cdot p(E).$$

З рівності $p(E | H_k) \cdot p(H_k) = p(H_k | E) \cdot p(E)$ знайдемо

$$p(H_k | E) = \frac{p(E | H_k) \cdot p(H_k)}{p(E)},$$

а із врахуванням (2) отримаємо вираз

$$p(H_k | E) = \frac{p(E | H_k) \cdot p(H_k)}{\sum_{i=1}^n p(E | H_i) \cdot p(H_i)},$$

який представляє собою формулу Байєса. На основі цієї формули будуються мережі Байєса.

Спрямований ациклічний граф називають Байєсовою мережею, якщо всі його дуги відображають причинні відносини між змінними. Тобто, роль дуги в Байєсовій мережі є дещо іншою у порівнянні з теорією графів. В Байєсовій мережі дуга відображає спільний розподіл для двох змінних.

Байєсову мережу можна розглядати як множину формул Байєса, яка використовується при прийнятті рішень. Однак, для мережі необхідно розробляти також алгоритм розповсюдження ймовірностей, тобто, уточнення спільних ймовірностей на основі поточної інформації. Наведені вище визначення утворюють базис для розробки алгоритму розповсюдження.

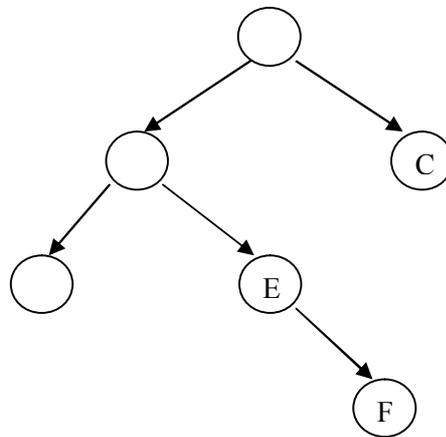


Рисунок 1 – Приклад спрямованого ациклічного графа

Висновки. Використання мереж Байєса дозволяє адекватно оцінити знання курсантів при невизначеності вихідної інформації, яка визвана фрагментальним вивченням деяких курсів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шумский С. А. Байєсова регуляризация обучения : лекции по нейроинформатике. Часть 2. – М. : МИФИ, 2002. – 172 с.
2. Бидюк П. И., Терентьев А. Н. Построение и методы обучения байєсовских сетей // Таврический вестник информатики и математики. – 2004. – №2. – С. 139-153.

ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ БАЙЕСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Ткачев А.М.,

Херсонский физико-технический лицей при ХНТУ и ДНУ
(Украина)

Актуальность темы. На сегодняшний день очень большие объемы информации доступны в виде онлайн-документов. Возникает необходимость не только в автоматической категоризации текста, но и получении из него дополнительной информации согласно стандартам Data mining.

Традиционным решением задачи классификации текста является классификация, основанная на правилах. Этот метод дает хорошие результаты, для небольших коллекций документов. Основным его недостатком является то, что тяжело по присутствию слова или выражения однозначно отнести документ к выбранной группе. Поэтому на практике обычно применяются более сложные классификаторы, такие как упрощенный алгоритм Байеса, перцептроны, деревья решений, классификаторы, основанные на методе опорных векторов, ядерные классификаторы и многие другие. Как показано в [1] байесовский классификатор является наиболее простым, и применим в наиболее большом диапазоне задач.

Анализ публикаций по обозначенной проблеме [2-5] показывает, что большая часть этих работ сосредоточена на категоризации по роду документа, в соответствии с предметом к которому этот документ относится. Однако в последнее время наблюдается быстрый рост онлайн-дискуссионных групп и сайтов с различными обзорами, где из важнейших характеристик документов является их настроения, или общее мнение по отношению к предмету.

Целью статьи является использование алгоритма Байеса для создания систем классификации на примере обработки онлайн-сообщений.

Изложение основного материала. В основе классификатора лежит теорема Байеса

$$P(c|o) = \frac{P(o|c)P(c)}{P(o)}, \quad (1)$$

где $P(c|o)$ – вероятность, что документ o принадлежит классу c , $P(o|c)$ – вероятность встречи документа o среди всех документов класса c .

Для реализации Байесовского классификатора необходима обучающая выборка, в которой проставлены соответствия между текстовыми документами и их классами. Затем необходимо собрать статистику из выборки, которая будет использоваться на этапе классификации.

Цель классификации состоит в том, чтобы понять к какому классу принадлежит документ. Байесовский классификатор использует оценку апостериорного максимума для определения наиболее вероятного класса.

$$c_{MAP} = \arg \max_{c \in C} \frac{P(o|c)P(c)}{P(o)} \quad (2)$$

Классификатор представляет документ как набор слов, вероятности которых условно не зависят друг от друга. Исходя из этого предположения условная вероятность документа аппроксимируется произведением условных вероятностей всех слов входящих в документ.

$$c_{MAP} = \arg \max_{c \in C} \left[P(c) \prod_{i=1}^n P(w_i|c) \right] \quad (3)$$

где $P(w_i|c)$ – вероятность встречи слова w_i среди документов класса c .

При достаточно большой длине документа формула будет иметь вид:

$$c_{MAP} = \arg \max_{c \in C} \left[\log P(c) + \sum_{i=1}^n \log P(w_i|c) \right] \quad (4)$$

Оценка вероятностей $P(w_i|c)P(c)$ и осуществляется на обучающей выборке. Вероятность класса оценивается как:

$$P(c) = \frac{D_c}{D} \quad (5)$$

где, D_c – количество документов принадлежащих классу c , а D – общее количество документов в обучающей выборке. Оценка вероятности слова в классе осуществлялась с помощью полиномиальной модели Байеса, которая описывает, сколько раз слово встречается в документах класса:

$$P(w_i|c) = \frac{W_{ic}}{\sum_{j \in V} W_{jc}} \quad (6)$$

где – W_{ic} количество раз сколько j -ое слово встречается в документах класса c , V – словарь документов.

Окончательная формула, по которой происходит байесовская классификация, учитывает также встречу неизвестных слов:

$$c_{MAP} = \arg \max_{c \in C} \left[\log \frac{D_c}{D} + \sum_{i=1}^n \log \frac{W_{ic} + 1}{|V| + \sum_{j \in V} W_{jc}} \right] \quad (7)$$

Совокупность этой информации является моделью классификатора. Для анализа тональности текста, использовался следующий алгоритмом: сначала каждому слову в тексте присвоить его значением тональности из словаря, а затем вычислялась общая тональность всего текста. Общая тональность вычислялась как среднее арифметическое всех значений. В итоге вес слов с положительной тональностью - большое положительное число, вес слов с отрицательной тональностью - отрицательное число, а вес нейтральных слов близко к нулю.

Выводы. Создание системы анализа мнений является сложной задачей, но вполне посильной, если имеются данные для обучения и заранее определена тема. При использовании машинного обучения важно тестировать разные параметры, чтобы подобрать те, которые работают лучше на тестовых данных. Байесовский классификатор делает хорошие предположения: в классификации текстов предполагается, что разные слова в тексте на одну и ту же тему появляются независимо друг от друга. Хотя это и не совсем верно. Оценки вероятностей оптимальны, только в случае настоящей независимости; но сам классификатор оптимален в куда более широком классе задач [1].

Байесовский классификатор один из самых часто используемых классификаторов. Тому есть ряд причин: он прост в имплементации и тестировании; процесс обучения довольно эффективен по сравнению с другими более сложными классификаторами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Domingos P., Pazzani M. On the Optimality of the Simple Bayesian Classifier under Zero-One Loss. *Machine Learning*, 29. – 1997. – P. 103-130.
2. Pang B., Lee L., Vaithyanathan S. Thumbs up? Sentiment Classification using Machine Learning Techniques. *Proceedings of EMNLP*. – 2002. – P.79-86.
3. Субботин С. В., Большаков Д. Ю. Применение байесовского классификатора для распознавания классов целей. // *Журнал Радиоэлектроники*. – 2006. – Вып.№ 4.
4. Hand, DJ, & Yu, K. (2001). Idiot's Bayes – not so stupid after all?. *International Statistical Review*. – Vol.69 part 3. P. 385-399.
5. Тюрин Ю. Н., Макаров А. А. Анализ данных на компьютере. – М.: ИНФРА-М. – 2002. – С. 528.
6. Fridman N., Geiger D., Goldszmidt M. Bayesian network classifiers. *Machine Learning*, 29. – 1997. – P. 131-163.

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ПРИ ОБРАБОТКЕ МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ

Ткачева И.Ф.,

Херсонский физико-технический лицей при ХНТУ и ДНУ
(Украина)

Актуальность темы. Вопросам обработки сигналов различной природы посвящено огромное количество теоретических и практических исследований в разных областях науки и техники. Главная цель обработки сигналов заключается в необходимости получения информации, которые они несут. В последнее время для обработки нестационарных сигналов широко применяют математические модели обработки данных, основанных на вейвлет-преобразованиях.

Цель работы. Разработка системы обработки сигналов разной природы на примере сжатия данных на основе теории вейвлет-анализа.

Анализ публикаций по обозначенной проблеме [1-6] показывает, что традиционный аппарат представления функций и сигналов в виде рядов Фурье малоэффективен для сигналов обладающих локальными свойствами. Это связано с тем, что базисная функция рядов Фурье по своей природе является гладкой и строго периодической. Такая функция в условиях ограничения числа членов ряда или спектра разложения не способна описывать произвольные сигналы. Разнообразие типа набора функций, которые предложены вейвлет-анализом, представляют возможность значительно увеличить пределы решенных с их помощью задач. Анализ в базисе вейвлет функций позволяет решать задачи идентификации, моделирования, аппроксимации стационарных и нестационарных процессов, исследовать вопросы наличия разрывов у производных, осуществлять поиск точек склеивания данных, находить признаки фрактальности информации. Помимо временных рядов вейвлет-анализ нашел широкое применение в задачах фильтрации многомерных сигналов, в анализе изображений, в сжатии больших массивов информации и т.д.

При вводе изображения оно хранится в виде битовой карты, т.е. матрицы, каждый элемент которой описывает цвет точки на исходном изображении. Именно битовая карта используется при последующей работе с изображением. Однако хранить ее в таком виде не выгодно из-за использования большого количества компьютерной памяти. Поэтому для устранения этой проблемы разработаны многочисленные алгоритмы кодирования битовой карты, эффективность которых зависит от свойства изображения.

Изложение основного материала. Основная идея вейвлет-преобразования состоит в иерархическом разложении входного сигнала на последовательности так называемых базовых компонент с последовательно уменьшающимся разрешением и связанных с ними компонент детализации. На каждом уровне разложения базовая компонента и компонента детализации содержат информацию, необходимую для восстановления базового сигнала на следующем уровне с более высоким разрешением. Вейвлет-анализ отвечает специфике многих временных рядов, демонстрирующих эволюцию во времени своих основных характеристик - среднего значения, дисперсии, периодов, амплитуд и фаз гармонически компонентов. Применения вейвлет-преобразований известны в радиофизике, нелинейной динамике, акустике, оптике, физике твердого тела, сейсмологии, динамике жидкостей, биологии и медицине, экономике и т.д. Причем, этот список можно еще долго продолжать.

Рассмотрим преимущество использования вейвлет-преобразования при сжатии данных. Это необходимо, например, при хранении данных на компьютере с ограниченной памятью или при необходимости передавать большие объемы информации по линиям связи. Одним из таких примеров является использование в ФБР вейвлет-анализа для сжатия данных, в результате удалось хранить огромное количество отпечатков пальцев на

сравнительно небольших компьютерах, что позволило сэкономить заметные средства. Но при сжатии данных и обратном восстановлении информации необходимо быть уверенным в устойчивости этой процедуры и качестве полученного результата. Поэтому необходимо использовать как прямое, так и обратное преобразования. Полнота системы вейвлетов позволяет успешно использовать их и в тех задачах, где необходимо обратное преобразование, т.е. восстановление сигнала.

Подход решению проблемы способа сжатия зависит от того, какой должен быть конечный результат. Рассмотрим три крайние ситуации:

- необходимо сохранить качество изображения, т.е. сделать изображение практически неотличимым от начального, сжатие будет не очень сильным;
- требуется, более сильное сжатие, при котором, тем не менее, сигнал удастся, еще распознать.
- необходимо всю процедуру анализа и синтеза проделывать за возможно кратчайшее время, когда важно передавать информацию немедленно и по возможности дешевле.

В разных ситуациях необходимо выбирать разные вейвлеты для оптимизации всей процедуры. В любом случае вейвлет-анализ имеет преимущество по сравнению с методами кодирования, использующими преобразование Фурье, но количественные оценки этого выигрыша зависят от решаемой задачи.

Пример этапов сжатия с помощью вейвлет-анализа:

- загрузка изображения из файла;
- конвертация загруженного изображения в байтовый массив RGB-значений;
- перекодировка RGB в YCrCb с квантованием итоговых цветовых компонентов;
- применение вейвлетов;
- перевод многомерного массива в одномерный (плоский);
- сжатие полученного потока любыми доступными средствами (например, GZip).

В настоящее время большинство хранящихся на компьютерах изображений с непрерывным цветовым тоном кодируются с помощью алгоритма JPEG. Основные стадии этого алгоритма следующие:

- изображение разбивается на шаблоны 8 x 8 точек;
- для каждого шаблона выполняется дискретное косинус-преобразование;
- выборка частот наиболее существенного для визуального восприятия (эта процедура называется квантованием и является единственным этапом, на котором происходит потеря информации);
- матрица отобранных частот представляется компактным образом и кодируется так называемым энтропийным методом.

Отличие вейвлет-анализа состоит в использовании вейвлетов вместо дискретного косинус-преобразования, и в применении преобразования к полному изображению, а не шаблону 8 x 8. Поэтому при практически одинаковых размерах закодированных файлов качество «вейвлет-картинки» существенно выше.

На данном этапе работы над темой применения вейвлет-анализа при сжатии изображения получены результаты, которые показывают, что требование одинаковости качества приводит к выигрышу в размерах в 1,5-2 раза в случае вейвлет-алгоритма, что может оказаться существенным при передаче изображений, особенно если пропускная способность передающей линии ограничена. В перспективе будут рассмотрены и другие характеристики и особенности полученного обработанного изображения с помощью вейвлет-преобразований по сравнению с другими методами сжатия.

Вывод. Математический аппарат вейвлет-преобразования и его практическая польза привлекают к себе внимание исследователей, работающих как над фундаментальными, так и над чисто прикладными проблемами. Уникальные

математические свойства вейвлет-преобразований сделали их очень мощным инструментом анализа и последующего синтеза любого сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Астафьева Н. М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. Том 166, № 11. – 1996. – С. 1145-1170.
2. Витязев В. В. Вейвлет-анализ временных рядов. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2001. – 58 с.
3. Добеши И. Десять лекций по вейвлетам. – Ижевск : НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001 – 464 с.
4. Дремин И. М., Иванов О. В., Нечитайло В. А. Вейвлеты и их использование // Успехи физических наук. Том 171, № 5 – 2001. – С. 465-501.
5. Иванов М. А. Применение вейвлет-преобразований в кодировании изображений. Новые информационные технологии в науке и образовании. / Под ред. Касьянова В. Н. – Новосибирск, 2003. – С. 157 – 175.
6. В. П. Дьяконов. Вейвлеты. От теории к практике. – М. : Солон-Р, 2002. – 439 с.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МАСОПЕРЕНОСУ В ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНИХ ОПРІСНЮВАЧАХ СУДНОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Шевченко В.В., Філіщук О.М., Покорний В.В.,

Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
(Україна)

Вступ. Серед перспективних ресурсо- і енергозберігаючих технологій мембранній належить особливе місце серед інших методів опріснення води і є частиною комплексної екологічної програми України.

Одним з прогресивних напрямів застосування мембранної технології як у стаціонарній практиці, так і на морських судах є електродіалізний метод опріснення водних розчинів з високою концентрацією розчинених солей, що властиво для морської води. Ефективність електродіалізуних опріснювачів залежить від морської води, яка може досягати значення $C=35$ г/л.

Актуальність дослідження. Розробка та впровадження електродіалізних опріснювачів в суднову практику актуально і перспективно, т.я. у техніко-економічному відношенні електродіаліз відрізняється від інших методів опріснення води рядом переваг: відсутність фазових перетворень води; технологічний процес протікає безперервно і може бути автоматизований; глибина знесолення води легко піддається регулюванню і не вимагає додаткової мінералізації; у електродіалізних опріснювальних установках (ЕОУ) втрати електроенергії на опріснення води не значне і залежать від солоності опріснювальної води [1,2].

Постановка задачі. Процес електродіалізного опріснення здійснюється в багатокамерних апаратах фільтр – пресового типу, ідея якого була висунута авторами [3,4] і з моменту отримання штучних іонообмінних селективних мембран, ЕОУ стали активно впроваджуватися в практику.

Процес масопереносу в електродіалізованому осередку (рис.1), який є основою багатокамерного ЕОУ, протікає в такій послідовності: доставка (перенесення) іонів до межі розділу рідка фаза – іонітова мембрана – проходження іонів крізь іонітову мембрану – відповідно іонообмінний процес, відвід іонів від поверхні мембрани в об'єм розчину.

Масоперенос заряджених частинок i -го сорту в електродіалізованому осередку буде визначатися щільністю струму j_i , який складається з дифузійного потоку – j_d , електричного або міграційного потоку – j_m і переміщення потоку викликаного конвекцією – j_k [5].

$$\vec{j} = \sum_i \vec{j}_i = -D_i \text{grad} C_i - F u_i C_i z_i \text{grad} \varphi + C_i \vec{v}, \quad (1)$$

де u_i – рухливість іона; φ – електростатичний потенціал; z_i – заряд іонів; C_i – концентрація розчинених солей.

Використовуючи співвідношення Нерста – Ейнштейна

$$D_i = RT u_i.$$

рівняння (1) записується в наступному вигляді

$$\vec{j} = -D_i \left(\text{grad} C_i - \frac{F u_i C_i z_i}{RT} \text{grad} \varphi \right) + C_i \vec{v}. \quad (2)$$

Рівняння (2) при $\vec{v} = 0$ є рівнянням Нерста-Планка, яке доповнене відповідними крайовими або початковими умовами дає замкнутий опис процесу масопереносу в електродіалізованому осередку. Якщо враховувати перемішування розчину, обумовленого конвекцією, то до рівняння (2) приєднується рівняння Нав'є-Стокса [6].

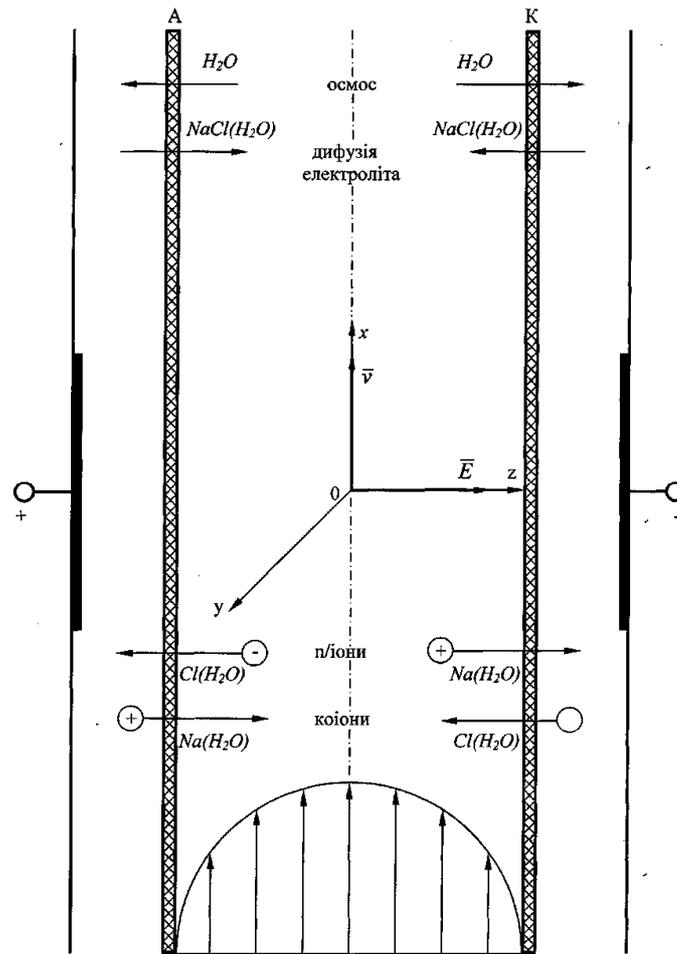


Рисунок 1 – Механізм масопереносу в електродіалізованому осередку

Напруженість електричного поля пов'язано з електростатичним потенціалом через рівняння

$$\vec{E} = -grad \varphi .$$

Після відповідних перетворень і з урахуванням прийнятих припущень, що характерні для електродіалізованого процесу, крайова задача зводиться до наступної математичної моделі масопереносу в електродіалізованому осередку опріснювача в наступному вигляді [2]:

$$\left. \begin{aligned} v_x \frac{\partial C_1}{\partial x} + v_z \frac{\partial C_1}{\partial z} &= D_1 \left(\frac{\partial^2 C_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_1}{\partial z^2} \right) + A_1 \frac{U}{H} \frac{\partial C_1}{\partial z}; \\ v_x \frac{\partial C_2}{\partial x} + v_z \frac{\partial C_2}{\partial z} &= D_2 \left(\frac{\partial^2 C_2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_2}{\partial z^2} \right) + A_2 \frac{U}{H} \frac{\partial C_2}{\partial z}; \\ v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + v \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial z^2} \right); \\ v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z} &= -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + v \left(\frac{\partial^2 v_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} \right); \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_z}{\partial z} &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

При межових умовах

$$\left. \begin{aligned} C(x, z)|_{x=0} &= C_u, \text{ на вході до каналу;} \\ C(x, z)|_{z=h/2} &= 0; \\ C(x, z)|_{z=-h/2} &= C_u. \end{aligned} \right\} \text{ на мембранах.}$$

Для зручності запису введений коефіцієнт

$$aA_i = \frac{z_i F D_i}{RT}, \quad (i=1,2).$$

Рівняння (3) розглядає випадок, коли через електродіалізний осередок опреснювача проходить бінарний розчин хлориду натрія маючий тільки іони Na та Cl і мало залежать від руху іонів інших сортів і перш за все коіонів.

Висновки:

1. На основі теоретичного аналізу фізичних процесів в робочих каналах ЕДА обрана математична модель масо переносу, яка зводиться до рішення крайової задачі з урахуванням прийнятих припущень в електродіалізованому осередку.

2. Встановлений зв'язок між характером течії в електродіалізованому осередку з інтенсивністю масопереносу та струмом провідності.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко В. В., Величенко Г. П., Цвиклис В. С., Філіпшук А. Н. Массоперенос и гидравлическое сопротивление в электродиализных опреснителях // Зб. наук. праць НУК, – Миколаїв : НУК, 2011. – № 2.
2. Шевченко В. В. Совершенствование судовых электродиализных опреснителей рациональными технологическими методами / Автореферат диссертации... к.т.н. – Николаев : НКН, 1988.
3. Гельферих Ф. Иониты – М. : Иностран. литература, 1962.
4. Shaffer L. H. and Mints M. S. Electrodialysis. – Principles of Desalination. – New York and London; Academic press. – P. 213-222.
5. Домаскин Б. Б., Петрий О. А. Введение в электрохимическую кинетику. – М. : Высш. школа, 1983 – 148 с.
6. Математическая энциклопедия / под редакцией И. М. Виноградова. – М. : Советская энциклопедия 1982. – С. 848-850.
7. Уилсон Д. Деминерализация методом электродиализа. – М. : Госатомиздат, 1963. – С. 13-26.
8. Кокотов Ю. А., Пасегнин В. А. Равновесие и кинетика ионного обмена. – Л. : химия, 1970. – 336 с.
9. Spiegler K. S. Study of membrane – Solution interfaces by electrochemical methods. – Desalination, 1986, №353. – pp. 17-22.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

А

Абракітов В.Э., 92
Александровская Н.И., 6
Алексеев О.М., 35
Андреев А.А., 46
Афанасьев В.А., 95

Б

Бабенко А.Е., 63
Бабенко Н.И., 98
Безбах О.М., 100
Бендеберя Ф.А., 67
Беспалый В.А., 23
Бобыр В.А., 104
Бондаренко А.В., 107
Буй Д.Т., 107

В

Варбанец Р.А., 6, 110
Василенко О.В., 142
Вишнякова Є.В., 47
Вольченко Д.А., 50
Воронин Д.Ю., 39
Врублевский Р.Е., 113

Г

Головань А.И., 6, 110
Гончаренко А.В., 115
Горбач О.К., 63
Гороть Е.В., 50

Д

Давыдов В.П., 119
Данилюк О.О., 78
Досин Д.Г., 123

Є

Еременко А.П., 125
Єнчев С.В., 54, 55, 59

Ж

Журавлев Д.Ю., 8

З

Заверткін Ю.А., 82
Захарченко В.А., 59
Зуев С.В., 67

І

Ильенко С.С., 59
Івченко В.В., 127
Ільницька С.І., 13

К

Казак В.Н., 63, 152
Каминская Н.Г., 131
Карась В.И., 8
Кирилович В.А., 127
Козуб В.В., 59
Коллегаев М.А., 67
Конін В.В., 17
Кононыхин А.С., 25
Кравцова Л.В., 131
Криштопа С.І., 69
Кудырко О.Н., 142
Курыляк Я.В., 8
Куценко О.В., 17
Кучеренко Ю.Н., 110

Л

Левин В.И., 21, 134, 137
Леонов В.Е., 100
Литвиненко Т.И., 119
Лозинская А.Г., 63

М

Малахов А.В., 67
Маслов В.А., 67
Маслов И.З., 67
Маханько О.В., 46
Мизь В., 41
Моисеенко С.В., 154
Моргунов Р.С., 129

Н

Наталуха Ю.В., 47
Нгуен Гуй Хоанг, 139
Нефёдов Л.И., 23, 25, 27, 142
Нивин А.Е., 29

О

Огій О.В., 78, 82

П

Передерий В.И., 125
Петренко Ю.А., 25
Пивоваров Л.А., 73
Підгорний М.В., 78, 82
Погребняк И.Ф., 145
Покорний В.В., 169
Поляков В.А., 148
Поляков М.А., 159
Прокопчук Ю.А., 31
Проценко Б.М., 152

Р

Рева О.М., 35
Редчиц Д.А., 154
Ремнева В.В., 157
Рыжова В.Ю., 86

С

Самохвалов В.С., 46
Саушев А.В., 29
Скатков А.В., 39
Скрупская Л.С., 159
Снурников В.И., 50
Степанець Є.П., 82
Стрелковська Л.О., 161

Т

Таку С.О., 54
Ткачев А.М., 163
Ткачева И.Ф., 166
Товкач С.С., 55
Токарев В.В., 47

Ф

Фарина И.А., 92
Филь Н.Ю., 27
Філіпшук О.М., 169

Х

Харченко В.П., 13
Хаханов В.И., 41
Хачапуридзе Н.М., 148

Ч

Чумаченко С.В., 41

Ш

Шевченко В.В., 169
Шевченко М.В., 142

Щ

Щербин Д., 41

Я

Яценко А.О., 123

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕДМОВА	3
<i>Секція 1: Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень у транспортній галузі</i>	
МОНИТОРИНГ ПАРАМЕТРОВ ДИЗЕЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ТРАНСПОРТНОГО СУДНА	6
<i>Варбанец Р.А., Головань А.И., Александровская Н.И., Одесский национальный морской университет (Украина)</i>	
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ И ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ КОНТАКТНО-ИМПУЛЬСНОМ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАР ТРЕНИЯ БАРАБАННО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	8
<i>Журавлев Д.Ю., Курьяк Я.В., Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Карась В.И., Бережанский агротехнический институт (Украина)</i>	
ПРОБЛЕМИ ТА НЕОБХІДНІСТЬ ІНТЕГРАЦІЇ БЕЗПЛОТНИХ АВІАЦІЙНИХ СИСТЕМ У ЗАГАЛЬНИЙ ПОВІТРЯНИЙ ПРОСТІР	13
<i>Харченко В.П., Ільницька С.І., Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)</i>	
ВИЗНАЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ СИГНАЛІВ У ПРОСТОРІ СУПУТНИКОВОЮ СИСТЕМОЮ ПОСАДКИ ПОВІТРЯНИХ СУДЕН	17
<i>Конін В.В., Куценко О.В., Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)</i>	
АЛГОРИТМ УПРОЩЕНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В УСЛОВИЯХ ІНТЕРВАЛЬНОЇ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	21
<i>Левин В.И., Пензенский государственный технологический университет (Россия)</i>	
ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ	23
<i>Нефёдов Л.И., Беспалый В.А., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)</i>	
ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ РАБОЧИХ МЕСТ В ОФИСЕ	25
<i>Нефёдов Л.И., Петренко Ю.А., Кононыхин А.С., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)</i>	
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОПОЛЗНЕЙ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ	27
<i>Нефедов Л.И., Филь Н.Ю., Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)</i>	

- МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ ЛАГГЕРА** 29
Нивин А.Е., Саушев А.В.,
Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С.О. Макарова (Россия, г. Санкт-Петербург)
- СИСТЕМНЫЙ СИНТЕЗ НА ОСНОВЕ ПАРАДИГМЫ ПРЕДЕЛЬНЫХ
ОБОБЩЕНИЙ В ЗАДАЧАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ
ПОДВИЖНЫМИ АНТРОПОЦЕНТРИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ** 31
Прокопчук Ю.А.,
Институт технической механики НАНУ и ГКАУ, Украинский
государственный химико-технологический университет
(Украина, г. Днепропетровск)
- ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ РІВНЕМ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ
ПО КРИТЕРІЮ ЕФЕКТИВНОСТІ** 35
Рева О.М.,
Кіровоградський національний технічний університет (Україна),
Алексеев О.М.,
Державна авіаційна служба України (Україна, м. Київ)
- ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ
ТРАНСПОРТНЫМИ РЕСУРСАМИ ИНФРАСТРУКТУР** 39
Скатков А.В., Воронин Д.Ю.,
Севастопольский национальный технический университет (Украина)
- ОБЛАЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ДОРОЖНЫМ ДВИЖЕНИЕМ** 41
Хаханов В.И., Чумаченко С.В., Мизь В., Щербин Д.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники (Украина)
- Секція 2: Контроль, діагностика і прийняття рішень при управлінні
рухомими об'єктами*
- ВИКОРИСТАННЯ ВІЛЬНО ПОРШНЕВОГО ДВЗ В ЯКОСТІ ПРИВОДА
ВІЛЬНО ОСЦИЛЮЮЧОГО РУШІЯ** 46
Андреев А.А., Самохвалов В.С., Маханько О.В.,
Херсонська філія Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова (Україна)
- ОСОБЛИВОСТІ ВІДСТРОЮВАННЯ ПРОГРАМНОГО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ РУХОМИМИ
ОБ'ЄКТАМИ В ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРИ НА РАННІХ
СТАДІЯХ ПРОЕКТУВАННЯ** 47
Вишнякова Є.В.,
Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)

**НАНОТРИБОЛОГИЯ ПРИ СОПРОТИВЛЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ
КОНТАКТОВ В МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ПАРАХ ТРЕНИЯ
БАРАБАННО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗОВ
ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ** **50**

Вольченко Д.А.,

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
(Украина),

Горть Е.В.,

Бережанский агротехнический институт (Украина),

Снурников В.И.,

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа
(Украина)

**ФОРМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ НАВЧАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ
МОДЕЛІ АВІАЦІЙНОГО ГАЗОТУРБІННОГО ДВИГУНА** **54**

Єнчев С.В., Таку С.О.,

Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)

**ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ДЛЯ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В
ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ** **55**

Єнчев С.В., Товкач С.С.,

Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)

**АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БОРТОВЫХ
СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЗАДАЧАХ ПОВЫШЕНИЯ
БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЁТОВ** **59**

Захарченко В.А., Єнчев С.В., Ильенко С.С., Козуб В.В.,

Национальный авиационный университет (Украина, г. Киев)

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ ВЕРТОЛЕТА
ОТНОСИТЕЛЬНО ОБЪЕКТА НАВЕДЕНИЯ ПО УСКОРЕНИЮ** **63**

Казак В.Н., Лозинская А.Г., Бабенко А.Е., Горбач О.К.,

Национальный авиационный университет (Украина, г. Киев)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЛН УДАРНОГО ДАВЛЕНИЯ
В СУДОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ** **67**

Колегаев М.А., Зуев С.В., Маслов И.З.,

Одесская национальная морская академия (Украина),

Малахов А.В., Бендеберя Ф.А.,

Одесский национальный морской университет (Украина),

Маслов В.А.,

Херсонская государственная морская академия (Украина)

**ЕЛЕКТРОСТИМУЛЬОВАНА ПОЛЯРИЗАЦІЯ МЕТАЛОПОЛІМЕРНИХ
ПАР ТЕРТЯ БАРАБАННО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ** **69**

Криштопа С.І.,

Ивано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(Україна)

**РАЗРАБОТКА ПЛАНА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬЮ
СУДНА (ПУЭС) ДЛЯ ТАНКЕРОВ** **73**

Пивоваров Л.А.,

Херсонская государственная морская академия (Украина)

ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО НАВАНТАЖУВАЧА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРЯННЯ АВТОМОБІЛЯ	78
<i>Підгорний М.В., Огій О.В., Данилюк О.О.,</i> Черкаський державний технологічний університет (Україна)	
СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ АВТОМОБІЛЯ, ПОБУДОВАНОЇ НА ОСНОВІ ФЕРОМАГНІТНОГО АМОРТИЗАТОРА	82
<i>Підгорний М.В., Огій О.В., Заверткін Ю.А., Степанець Є.П.,</i> Черкаський державний технологічний університет (Україна)	
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	86
<i>Рыжова В.Ю.,</i> Николаевский политехнический институт (Украина)	
<i>Секція 3: Системний аналіз та математичне моделювання складних об'єктів</i>	
ВНЕЗАПНЫЕ И СИСТЕМАТИЧЕСКИЕ ОТКАЗЫ КРАНОВЫХ КАНАТОВ	92
<i>Абракитов В.Э., Фарина И.А.</i> Харьковский национальный университет городского хозяйства (Украина)	
ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ВОССТАНОВЛЕНИЮ ИЗОБРАЖЕНИЯ	95
<i>Афанасьев В.А., Наталуха Ю.В., Токарев В.В.,</i> Харьковский национальный университет радиоэлектроники (Украина)	
КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЯХ ПЕРЕМЕЩАЮЩИХСЯ ОБЪЕКТОВ	98
<i>Бабенко Н.И.,</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	
ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ СУДОВОЖДЕНИЯ	100
<i>Безбах О.М., Леонов В.Е.,</i> Херсонская государственная морская академия (Украина)	
ИЗМЕРИТЕЛЬ КООРДИНАТ ПРИ АСТРОНОМИЧЕСКОМ ОПРЕДЕЛЕНИИ МЕСТА СУДНА	104
<i>Бобыр В.А.,</i> Одесская национальная морская академия (Украина)	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА МАСС СКОРОСТНЫХ АВТОПАССАЖИРСКИХ КАТАМАРАНОВ НА ЭТАПЕ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ	107
<i>Буй Д.Т., Бондаренко А.В.,</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина, г. Николаев)	

- ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСТОТНЫХ ПАРАМЕТРОВ
В ЗАДАЧЕ ИНТЕРНЕТ-МОНИТОРИНГА ДИЗЕЛЬНОЙ СЭУ** 110
Варбанец Р.А., Головань А.И., Кучеренко Ю.Н.,
Одесский национальный морской университет (Украина)
- СИНТЕЗ НЕЙРО-НЕЧЕТКОЙ СЕТИ УПРАВЛЕНИЯ
МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКОЙ В СРЕДЕ MATLAB** 113
Врублевский Р.Е.,
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- CONFLICTABILITY OF OPERATIONAL SITUATIONS IN TERMS
OF ENTROPY PARADIGM** 115
Goncharenko A.V., (Ukraine, Kherson)
- ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НА ОШИБКИ БЕСПЛАТФОРМЕННОЙ
ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
НЕСИММЕТРИЧНОСТИ ПЕРЕДАТОЧНОЙ
ФУНКЦИИ АКСЕЛЕРОМЕТРОВ В УСЛОВИЯХ ЛИНЕЙНЫХ
И УГЛОВЫХ КОЛЕБАНИЙ** 119
Давыдов В.П., Литвиненко Т.И.,
Казенное предприятие специального приборостроения «Арсенал»
(Украина, г. Киев)
- ЗАСТОСУВАННЯ MDP МЕТОДІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ ПЛАНУ В
ВЕЛИКОМУ СКІНЧЕНОМУ СЕРЕДОВИЩІ** 123
Досин Д.Г., Яценко А.О.,
Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України (Україна, м. Львів)
- АДАПТИВНЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ В ЗАДАЧАХ
ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ТРАНСПОРТЕ В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ** 125
Еременко А.П.,
Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова
(Украина, г. Николаев),
Передерий В.И.,
Николаевский национальный университет им. В.А. Сухомлинского (Украина)
- ВИКОРИСТАННЯ ВІРТУАЛЬНИХ
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ У КУРСІ
«СУДНОВІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ»** 127
Івченко В.В.,
Херсонська державна морська академія (Україна)
- АВТОМАТИЗОВАНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ
СЕРВІСУ ДЛЯ ТІЛ ОБЕРТАННЯ** 129
Кирилович В.А., Моргунов Р.С.,
Житомирський державний технологічний університет (Україна)
- РАЗРАБОТКА, СОЗДАНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ
АДАПТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ** 131
Кравцова Л.В., Каминская Н.Г.,
Херсонская государственная морская академия (Украина)

ПРОБЛЕМА СРАВНЕНИЯ ИНТЕРВАЛОВ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	134
<i>Левин В.И.,</i> Пензенский государственный технологический университет (Россия)	
ПРОБЛЕМА УПРОЩЕННОЙ ОПТИМИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ИНТЕРВАЛЬНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	137
<i>Левин В.И.,</i> Пензенский государственный технологический университет (Россия)	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ РЕЙСОВ БЫСТРОХОДНЫХ ПАССАЖИРСКИХ СУДОВ	139
<i>Нгуен Гуй Хоанг,</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина, г. Николаев)	
ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА МОНИТОРИНГА ДОБЫЧИ, ПЕРЕРАБОТКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА	142
<i>Нефедов Л.И., Шевченко М.В., Кудырко О.Н., Василенко О.В.,</i> Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Украина)	
ФОРМАЛИЗАЦИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЗАДАЧАХ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ	145
<i>Погребняк И.Ф.,</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	
ДИНАМИКА ТЯГОВОЙ ПОДСИСТЕМЫ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА (ПОЛЕВАЯ ПАРАДИГМА ИССЛЕДОВАНИЯ)	148
<i>Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М.,</i> Институт транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины (Украина)	
ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БЕСПИЛОТНОГО САМОЛЕТА С НАДУВНЫМ КРЫЛОМ ЗА СЧЕТ УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРЕННИМ ПОТОКОМ	152
<i>Проценко Б.М., Казак В.Н.,</i> Национальный авиационный университет (Украина, г. Киев)	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОГО БАРЬЕРНОГО РАЗРЯДА ПРИ РАБОТЕ ПЛАЗМЕННОГО АКТУАТОРА	154
<i>Редчиц Д.А.,</i> Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина), <i>Моисеенко С.В.,</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА РАЗБИЕНИЯ В АЛГОРИТМЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ FUZZY C-MEANS	157
<i>Ремнева В.В.,</i> Херсонский национальный технический университет (Украина)	

ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	159
<i>Скрупская Л.С., Поляков М.А., Запорожский национальный технический университет (Украина)</i>	
АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИКОРИСТАННЯ БАЙЄСОВСЬКИХ МЕРЕЖ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЗНАНЬ КУРСАНТІВ ХЕРСОНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ	161
<i>Стрелковська Л.О., Херсонська державна морська академія (Україна)</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ БАЙЕСА ДЛЯ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ	163
<i>Ткачев А.М., Херсонский физико-технический лицей при ХНТУ и ДНУ (Украина)</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА ПРИ ОБРАБОТКЕ МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ	166
<i>Ткачева И.Ф., Херсонский физико-технический лицей при ХНТУ и ДНУ (Украина)</i>	
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ МАСОПЕРЕНОСУ В ЕЛЕКТРОДІАЛІЗНИХ ОПРІСНЮВАЧАХ СУДНОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	169
<i>Шевченко В.В., Філіпчук О.М., Покорний В.В., Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова (Україна)</i>	
ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	172

Збірка матеріалів
V Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2013

Том 1

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Клементьєва О. Ю.*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 14.05.2013. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 11,25. Тираж 150 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