

Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції

Материалы VIII Международной научно-практической
конференции

Materials of the 8th 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-2016

Збірка матеріалів конференції

24-26 травня 2016 року
Херсон, Україна

24-26 мая 2016года
Херсон, Украина

May 24-26, 2016
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
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КЛАЙПЕДСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (ЛИТВА)
МАРІБОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (СЛОВЕНІЯ)
БІЛОРУСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВОЛГОГРАДСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ (РОСІЯ)
БРЕМЕНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (НІМЕЧЧИНА)
КРЮІНГОВА КОМПАНІЯ «MARLOW NAVIGATION» (КІПР)

Програмний комітет:

| | |
|---|--|
| Алексішин В.Г. – к.т.н., проф. (Україна); | Маляренко О.Д. – д.т.н., проф. (Білорусь); |
| Беккер Хайнц Р. – проф. (Німеччина); | Нечаєв Ю.І. – д.т.н., проф. (Росія); |
| Бідюк П.І. – д.т.н., проф. (Україна); | Рева О.М. – д.т.н., проф. (Україна); |
| Блінцов В.С. – д.т.н., проф. (Україна); | Рожков С.О. – д.т.н., проф. (Україна); |
| Букетов А.В. – д.т.н., проф. (Україна); | Рябінін Л.І. – д.т.н., проф. (Росія); |
| Варбанец Р.А. – д.т.н., проф. (Україна); | Селіванов С.Є. – д.т.н., проф. (Україна); |
| Вухерер Т. – к.т.н., доц. (Словенія) | Снопков В.І. – д.т.н., проф. (Росія); |
| Казак В.М. – д.т.н., проф. (Україна); | Соколова Н.А. – д.т.н., проф. (Україна); |
| Кондратенко Ю.П. – д.т.н., проф. (Україна); | Харченко В.П. – д.т.н., проф. (Україна); |
| Кристал М.Г. – д.т.н., проф. (Росія); | Ходаков В.Є. – д.т.н., проф. (Україна); |
| Леонов В.Є. – д.т.н., проф. (Україна); | Цимбал М.М. – д.т.н., проф. (Україна); |
| Малигін Б.В. – д.т.н., проф. (Україна); | Янутенене Й. – д.т.н., проф. (Литва). |
| Мальцев А.С. – 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 енергетичних установок та загальноінженерної підготовки; |
| комітету: | Блах Ігор Володимирович – вчений секретар, начальник відділу технічної інформації; |
| | Врублевський Роман Євгенович – начальник редакційно-видавничого відділу; |
| | Клементьєва Оксана Юрїївна – технічний секретар, провідний фахівець редакційно-видавничого відділу; |
| | Голікова Інна Валерїївна – технічний секретар, провідний фахівець відділу технічної інформації. |

У збірнику представлено матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті», яка відбулася у м. Херсоні 24-26 травня 2016 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-2016) [Збірка матеріалів VIII Міжнародної науково-практичної конференції (24-26 травня 2016 р., м. Херсон)]. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2016. – 428 с.

ПЕРЕДМОВА

Шановні колеги!

Ви тримаєте в руках збірку тез доповідей Восьмої Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2016)», метою якої є аналіз та узагальнення нових теоретичних і прикладних результатів щодо застосування сучасних інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі. Конференція проходить у місті Херсоні, що розташоване на мальовничих берегах річки Дніпро, на базі старшого морського навчального закладу нашої держави – Херсонської державної морської академії. В організації та роботі конференції беруть участь провідні науково-дослідні та навчальні заклади Німеччини, України, Росії, Білорусі, Словенії, Литви та інших країн зарубіжжя.

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

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

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

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

Організатори щиро дякують усім учасникам конференції та сподіваються, що MINTT-2016 стала добрим продовженням зустрічей та спілкування, початок яких покладено на попередніх конференціях. Ми маємо надію, що традиції, започатковані конференцією та дана збірка матеріалів конференції стануть корисними не тільки для її учасників, а й для широкого кола науковців, фахівців, молодих учених, які займаються теоретичними та прикладними дослідженнями інформаційних та інноваційних технологій у транспортній галузі.

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

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

З повагою, Організаційний та Програмний комітети.

СЕКЦІЯ:
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У ТРАНСПОРТНІЙ ГАЛУЗІ

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ

Бень А.П.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Аналіз причин зіткнень суден показує, що головна причина аварій – людські помилки, що становлять близько 80 % від загальної кількості причин, що призводять до аварій [1]. Зниження впливу людського чинника на рівень аварійності на морі представляє актуальну науково-практичну проблему, яку необхідно вирішувати перш за все шляхом вдосконалення процесів взаємодії судноводія з сучасними технічними засобами управління судном. Складність процесів взаємодії судноводія і технічних засобів управління судном обумовлена істотним збільшенням обсягів навігаційної інформації, що доступна судноводію в режимі реального часу завдяки застосуванню сучасних інформаційних технологій. З іншого боку, стрімкий розвиток інформаційних технологій та активне застосування принципів штучного інтелекту в техніці створюють сприятливі передумови для розробки та впровадження інтелектуальних систем в судноводінні, здатних забезпечити ефективну підтримку прийняття рішень з управління судном.

Актуальність. Науковими дослідженнями в даному напрямку займаються провідні світові науково-дослідні установи, університети, а також науково-технічні комплекси виробників навігаційного обладнання для потреб суднобудування, робототехніки. Завдяки широкому застосуванню глобальних навігаційних систем (GPS, ГЛОНАСС) та засобів електронної навігації, стрімко зростає необхідність застосування спеціалізованих програмних засобів з підтримки прийняття рішень при управлінні рухомими об'єктами. Поява концепції електронної навігації (E-navigation) висуває нові, більш високі вимоги до якості та оперативності прийняття рішень з управління. На даний час ця проблема остаточно ще не вирішена. Складність полягає в необхідності оцінювання впливу зовнішніх факторів на процеси прийняття рішень та підвищення їх якості. У зв'язку з цим, поліпшення експлуатаційних характеристик інформаційно-навігаційних систем, що здійснюють керування судном, шляхом запровадження засобів підтримки прийняття управлінських рішень, є однією з актуальних задач у галузі інформаційних технологій в судноводінні [2].

Постановка задачі та результати досліджень. Завданням держбюджетної науково-дослідної роботи «Розробка систем підтримки прийняття рішень судноводія», що виконується в Херсонській державній морській академії, є дослідження процесів формування та прийняття рішень судноводієм з метою вдосконалення процесу взаємодії судноводія з інформаційною навігаційною системою та підвищення якості рішень, які ним приймаються, та розробка новітніх підходів до побудови таких систем.

Передбачається створення СППР судноводія, що дозволить одночасно вирішувати комплекс задач з стратегічного та оперативного управління рухом судна з позицій досягнення завданого рівня безпечності та економічної ефективності. Перевагою розробки над зарубіжними і вітчизняними аналогами є врахування основних факторів впливу на процеси прийняття рішень судноводія, можливість формування множини альтернатив управлінських рішень в режимі реального часу, можливість заповнення бази знань СППР одночасно кількома шляхами: експертного оцінювання, на підставі прийнятих раніше рішень в навігаційних ситуаціях, що мали місце, та на підставі процедур логічного висновку СППР.

За результатами проведених досліджень було визначено наступні концептуальні засади до побудови систем підтримки прийняття рішень в судноводінні:

1. База знань СППР повинна містити та накопичувати інформацію за трьома напрямками: декларативна інформація, що регламентує законодавчу базу управління процесами розходження суден (МППЗС-72), експертна інформація – формалізовані знання експертів в предметній галузі – досвідчених судноводіїв, та база прецедентів – інформація стосовно розвитку подій в навігаційних ситуаціях, що вже мали місце в минулому.

2. СППР судноводія повинна будуватися на принципах моделювання руху суден, що мають цілеспрямовану поведінку, направлену на уникнення зіткнення та виконання вимог Міжнародних правил попередження зіткнень суден (МППЗС-72) під час руху. Необхідна наявність засобів прогнозування розвитку навігаційної ситуації та візуального подання такого прогнозу.

3. Математичні моделі, що застосовуються в СППР судноводія, повинні відповідати вимогам адекватності, ненадлишковості та технічної здійсненності – перспективним є поєднання моделей, що базуються на принципах штучного інтелекту з математичними моделями, які описують процеси руху суден.

4. Функціонування інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень судноводія в здійснюється режимі в реальному часу, що вимагає їх інтеграції з наявними на судні засобами контролю руху та навігаційної ситуації.

5. Форми відображення інформації в інтелектуальних системах управління рухом судна повинні забезпечувати її швидке сприйняття та високий рівень усвідомлення судноводієм, тому при візуалізації навігаційних ситуацій є доцільним застосування методів когнітивної графіки.

6. Необхідно забезпечити можливість інформаційної взаємодії між береговими системами управління рухом та інтелектуальними системами управління рухом суден, що обумовлює необхідність розробки уніфікованих протоколів обміну інформацією в таких системах.

Висновки. Впровадження систем підтримки рішень в судноводінні – один з найбільш ефективних шляхів підвищення безпеки сучасного судноплавства. Застосування пропонованого підходу до створення систем підтримки рішень судноводія дозволить підвищити ефективність їх функціонування та скорочення часу на процес їх розробки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бень А.П., Паламарчук И.В. Человеческий фактор при принятии решений в судовождении и пути снижения его влияния // Научный вестник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2015. – № 1 (12). – С. 4-9

2. Бень А.П., Паламарчук И.В. Принципы построения систем поддержки принятия решения судоводителя в рамках концепции e-Navigation // Научный вестник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2015. – № 2 (13). – С. 4-9.

3. Вільський Г., Бень А. Удосконалення інформаційної безпеки субстандартного судноплавства // Безпека інформації : науковий журнал. – К. : НАУ, 2015. – Т. 21, № 3. – С. 309-313.

ІНТЕГРАЦІЯ ТРИВИМІРНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ В ГІС ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Васюхін М.І., Сініцин О.В., Іваник Ю.Ю.

Національний університет біоресурсів і природокористування
(України, м. Київ)

Прецизійне землеробство – це новітня система у аграрній галузі, яка застосовує наукоємні технології, останні досягнення техніки та інтелектуальні методи управління. Її фундаментальною частиною є розвиток і адаптація стратегії та практики ведення сільського господарства в сучасних умовах. Головні завдання, що постають при такому підході, – виміряти, оцінити, оптимізувати і використати на практиці фактори, що впливають на продуктивність рослин, а саме: водно-фізичні та хімічні властивості ґрунту, ландшафтні особливості сільськогосподарських ділянок, сорти насіння, строки сівби і збирання, засоби боротьби з хворобами рослин, шкідниками, облік агрокліматичних умов біологічного розвитку тощо. Ефективне вирішення згаданих завдань неможливе без розробки, створення і впровадження дієвих геоінформаційних систем прецизійного землеробства (ГІС ПЗ) [1].

Мета роботи – розробка геопорталу, який інтегрує різні типи даних в модель гетерогенних даних (далі – ГД), для комплексного вирішення задач ГІС ПЗ.

Геопортал реалізовано за допомогою мови розмітки гіпертексту HTML 5 з підтримкою можливостей каскадної таблиці стилів CSS 3, що дозволяє, одночасно здійснювати зберігання та обробку даних з боку клієнта, незалежно від доступу до Web-сервера.

Геопортал підтримує інтеграцію ГД для формування та візуалізації двовірних і тривірних, моделей дискретних географічних об'єктів і в разі необхідності неперервних об'єктів з такими основними шарами: растрові і векторні карти різної тематики і масштабів; межі адміністративно-територіальних одиниць України; супутникові зображення на територію України; профілі ґрунтів, повздовжні і поперечні профілі автодороги, атрибутивні дані та метадані. Інтеграція картографічних та семантичних даних у єдину тривірну модель дало змогу підвищити повноту та адекватність даних з урахуванням особливостей предметної області.

ЛІТЕРАТУРА

1. Васюхін М.І. Технологія отримання картографічних даних для геоінформаційної системи точного землеробства / М.І. Васюхін, О.М. Ткаченко, А.М. Касім, Ю.Ю. Іваник, В.В. Долинний // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон, 2014. – №1 (015). – С. 64 – 69.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РИСКИ СУДОХОДСТВА В ДИАГРАММЕ ИСИКАВЫ

Вильский Г.Б.

ВУЗ «Международный технологический университет «Николаевская политехника»
(Украина),
Бень А.П.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. В морской практике при оценке безопасности плавания существует утверждение, что в случае, когда переходной процесс в управлении судном приводит к желаемому стабильному результату, его необходимо считать стандартным и не отступать от него до тех пор, пока не наступит необходимость в последующем переходном цикле изменения параметров движения, который улучшит этот процесс. При наступлении такого момента времени на практике проверяется новый режим процесса, который снова утверждается и соблюдается как норма. Процессы с изменением режимов управления движением судов контролируются и сопоставляются с рекомендованными для маршрута документами по безопасному плаванию. Оригинальным инструментом системного подхода к моделированию безопасности движения с графической идентификацией угроз и рисков безопасности мореплавания может служить идея отображения каузальных связей профессора Токийского университета Каору Исикава.

Результаты исследования. Исследуемое поле проблемы отображения информационных рисков судоходства с возникновением аварийного состояния достаточно наглядно может представляться его графической «*Диаграммой Исикавы*». Она используется как аналитический инструмент для просмотра действия возможных факторов и выделения наиболее важных причин, действия которых порождают конкретные следствия и поддаются управлению, что особенно важно при плавании в стеснённых условиях. Её успешно сочетают с «*мозговым штурмом*» на стадиях определения списка факторов, влияющих на результат. Причинно-следственный характер диаграммы в графическом изображении представляет в сжатой форме и логической последовательности распределение причин, приведших к аварийности судна. Отражая каузальные связи морского происшествия, диаграмма по характерному внешнему виду напоминает скелет костей рыбы. На схеме графической модели проблематика аварийности обозначается основной жирной горизонтальной стрелкой, а риски показываются стрелками, покосившимися к основной горизонтали с наклоном влево. Углубление уровня анализа в модели достигается добавлением к стрелкам рисков стрелок влияющих на них факторов угроз. Дальнейшее уточнение с разделением факторов угроз, по их возрастающей специфичности, делается до тех пор, пока появятся и выявятся истинные причины угроз движению судна. С помощью причин и угроз, приводящим к серьёзным рискам судна, и в целом судоходству, в «*Диаграмме Исикавы*», устанавливается возможность выбора приоритетности казуальных факторов аварийности, и таким образом обеспечивается безопасность переходов судна по маршруту. Предложенная идентификационная модель-диаграмма показывает не только состав и взаимозависимость причин и угроз, влияющих на аварийность, но и выявляет относительную значимость этих факторов. Следует учитывать, что необязательно все причины и угрозы, включенные в диаграмму, будут оказывать сильное влияние на показатель её качества. Ценность данного инструмента для судоводителя проявляется в разной степени и зависит от изменения состояния навигационно-информационного поля на маршруте судна. С помощью модели-диаграммы хорошо проясняется, и достаточно полно учитываются все существенные угрозы и риски, влияющие на безопасность судоходства. Её применение обеспечивает выяснение причин организационного

характера, или установление недостатков, дефектов и отказов в технических системах участвующих в управлении судном/судами.

К достоинствам модели-диаграммы, как надёжного инструментария в анализе безопасности судоходства, относятся:

- наглядность показа связей между происшествием судна и вызвавшими его причинами;
- возможность проведения анализа цепочки факторов угроз, воздействующих на проблему безопасности движения судов;
- представление взаимосвязей между причинами и сопоставление их относительной важности;
- получение информации, необходимой для принятия управляющих решений на мостике судна.

Недостаток диаграммы Исикавы состоит в сложности применения при высокой вероятности путаницы в морской практике, а также громоздкости графического представления изображения всех «ветвей», которые компенсируется наличием специального программного обеспечения, благодаря которому возможно фрагментарное рассмотрение изображения любого компонента.

Выводы. Разработанная графическая идентификационная модель-диаграмма, отражающая риски информационной безопасности судоходства достаточно полно демонстрирует причины, угрозы и риски мореплавания, проясняет причинно-следственные связи аварийности и обеспечивает выяснение недоработок организационного характера с установлением недостатков в системах управления движением судов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вильский Г.Б. Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов. Учебное пособие. [Текст] / А.С.Мальцев, В.В.Бездольный, Е.И.Гончаров – Одесса : «Фенікс», 2007. – 450 с.
2. Вильский Г.Б. Информационная безопасность судоходства: Монография. [Текст] – Миколаїв : Видавництво ФОП Швець В.Д., 2014. – 336 с. ISBN 978-966-97563-2-1
3. Исаева Л.Г. Анализ возможных типов диаграмм состояния простейших двухкомпонентных систем [Текст] / Л.Г.Исаева // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата физ-мат. наук. Специальность 01.04.07 – Физика твёрдого тела. АН СССР Институт Физика твёрдого тела, Черногловка, 1984г.
4. Типы диаграмм. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://support.office.com/ru-ru/article/Типы-диаграмм-а6187218-807e-4103-9e0a-27cdb19afb90> / – Дата доступа: апрель 2016. – Название с экрана.
5. Жоголев Е.А. Графические редакторы и графические грамматики // Программирование. 2001. № 3. С. 30-42.
6. Новиков Ф.А., Степанян К.Б. Язык описания диаграмм. [Текст] / Ф.А. Новиков, К.Б. Степанян // Научный журнал «ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ. СПб ГУАП». - 2007, № 4 , С. 28-36
7. Ishikawa K. What is Total Quality Control? The Japanese Way. London, Prentice Hall, 1985.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПЛАНУВАННІ ЯКОСТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Давідіч Н.В.

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

Вступ. Міський пасажирський транспорт загального користування є частиною єдиної транспортної системи України. Його основним завданням є повне та своєчасне задоволення потреб населення у перевезеннях. За рахунок раціональної організації процесу перевезення пасажирів необхідно досягнення потрібного рівня якості обслуговування пасажирів при максимальній ефективності використання транспортних засобів та інших ресурсів. Рішення цієї задачі можливе за рахунок удосконалення всіх елементів транспортного процесу та в раціональному плануванні якості перевезень.

Актуальність дослідження. Поняття «якість» має відповідати потребам людей. В той же час, міський пасажирський транспорт має бути досить гнучкими, щоб реагувати на зміни в потребах людей. Таким чином, метою функціонування громадського транспорту має бути підвищення якості обслуговування. Це вимагає чіткого розуміння поведінки пасажирів, його споживчих потреб та очікувань [1]. Внаслідок цього, виникає необхідність в плануванні показників якості послуг міського пасажирського транспорту при укладанні контрактів між перевізниками та муніципальними органами.

Постановка задачі. Затвердження якості проектів відбувається за допомогою таких процедур, як гарантія якості, аудити проекту і його продукту [2]. Там, де це доречно, дослідники використовують автоматизоване проектування та створення необхідних моделей [3]. Однак, в науковій літературі щодо оцінки якості міського пасажирського транспорту ще не знайшло достатнього відображення моделювання параметрів якості перевезення пасажирів для планування цього показника [4]. Планування управлінням якості проектів міського пасажирського транспорту можливо за рахунок зміни параметрів технологічного процесу перевезень пасажирів.

Результати дослідження. Оцінити якість цього процесу можливо з використанням запропонованого комплексного показника якості міського пасажирського транспорту. В якості незалежних змінних цього показника виступають час пішохідної складової транспортних пересувань, час очікування, час поїздки, динамічний коефіцієнт використання місткості транспортного засобу. В наслідок цього, для оцінки якості процесу перевезень виникає необхідність у визначенні значення вище перерахованих параметрів при різних варіантах організації транспортного процесу. Для цього можливо використовувати моделювання процесу перевезень, за результатами якого представляється можливим отримання інформації про значення незалежних змінних в моделі комплексного показника якості міського пасажирського транспорту. Для вирішення даної задачі була розроблена імітаційна модель оцінки якості процесу перевезення на маршруті міського пасажирського транспорту.

Моделювання процесу перевезення базується на розгляді маршруту міського пасажирського транспорту як сукупності зупиночних пунктів та перегонів. Кожен перегін маршруту описується довжиною перегону та швидкістю транспортного потоку на перегоні. В якості параметрів пасажиропотоків використовувалися дані про часовий пасажирообмін кожного зупиночного пункту. До параметрів транспортних засобів міського пасажирського транспорту відносяться їх кількість, місткість, питома потужність двигуна, кількість дверей та їх ширина. При моделюванні виконується математична формалізація всіх процесів, які відбуваються при пересуванні пасажирів.

Підхід пасажирів до зупинних пунктів маршруту моделюється з використанням закону Пуассона [5, 6].

Прибуття транспортних засобів на зупинні пункти моделюється з використанням розробленої моделі зміни часу руху транспортних засобів на перегоні маршруту, яка має такий вид:

$$t = 0,274 \cdot \sqrt{\gamma} + 3,532 \cdot \frac{1}{\sqrt{V_n}} + 2,673 \cdot \frac{\sqrt{L_{неп}}}{\sqrt{U}}, \quad (1)$$

де V_n – швидкість транспортного потоку, км/год.; γ – коефіцієнт використання місткості транспортного засобу; $L_{неп}$ – довжина перегону, км; U – питома потужність двигуна транспортного засобу, кВт/т.

Час простою транспортних засобів на зупинному пункті моделюється з використанням розробленої моделі зміни часу простою транспортного засобу на зупинних пунктах маршруту, яка має таким вид:

$$t_{пр.} = 10,505 \cdot \frac{\sqrt{k_{вх.}}}{\sqrt{(n_{дв.} \cdot S_{дв.})}} + 5,715 \cdot \frac{\sqrt{k_{вих.}}}{\sqrt{(n_{дв.} \cdot S_{дв.})}} + 23,611 \cdot \frac{\sqrt{\gamma}}{\sqrt{(n_{дв.} \cdot S_{дв.})}}, \quad (2)$$

де $k_{вх.}$ – кількість пасажирів, що увійшли до транспортного засобу, пас.; $k_{вих.}$ – кількість пасажирів, що вийшли з транспортного засобу, пас.; $n_{дв.}$ – кількість дверей у транспортному засобі, од.; $S_{дв.}$ – ширина дверей транспортного засобу, м; γ – коефіцієнт використання місткості транспортного засобу.

В якості вихідних даних модель оцінки якості процесу перевезення на маршруті міського пасажирського транспорту використовує наступні: середній час підходу до зупинки, середній час очікування транспортного засобу, середній час поїздки, середнє значення динамічного коефіцієнту використання місткості, середній час відходу від зупинки, значення комплексного показника якості міського пасажирського транспорту при виконанні маршрутної поїздки.

Адекватність моделі оцінки якості процесу перевезення на маршруті міського пасажирського транспорту визначалась з використанням середньої помилки розрахункових значень показників по відношенню до фактичних. В якості показників використовувалися кількість пасажирів у транспортному засобі на кожному перегоні маршруту та швидкість сполучення на маршруті. Розрахунки показали, що значення середньої помилки не перевищує 7 %.

Висновки. Розроблена імітаційна модель оцінки якості процесу перевезення на маршруті міського пасажирського транспорту дозволяє отримати всі необхідні дані для оцінки впливу параметрів технологічного процесу перевезень пасажирів на значення комплексного показника якості при виконанні маршрутної поїздки. Дана модель придатна до використання в системі підтримки прийняття рішень при плануванні якості міського пасажирського транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гамула П. Р. Метрологія, стандартизація, управління якістю і сертифікація / П. Р. Гамула. – Львів : Видавн. нац. ун–ту «Львівська політехніка», 2004. – 506 с.
2. Чумаченко І. В. Система управління качеством проекта создания радиоэлектронной аппаратуры / И. В. Чумаченко, Д. В. Головань // Управление проектами та розвиток виробництва: зб. наук. пр. – Луганск. – 2003. – Вип. 2 (7). – С. 61–66.

3. Лapidус В. А. Всеобщее качество (TQM) в российских компаниях / Лapidус В. А. – Гос. Ун-т управления; Нац. фонд подготовки кадров. – М.: ОАО «Типография «Новости», 2000. – 432 с.
4. Давідіч Н. В. Розвиток технології планування управління якістю в проектах міського пасажирського транспорту / Н. В. Давідіч, І. В. Чумаченко // Компетентнісне управління проектами розвитку в умовах нестабільного оточення: тези доповідей XII Міжнародної конференції «Управління проектами у розвитку суспільства». – К: КНУБА. 2015. – С. 94-96.
5. Доля В. К. Пасажирські перевезення / В. К. Доля. – Х.: Форт, 2011. – 504 с.
6. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень / Ю. О. Давідіч; Харк.нац. акад. міськ. госп– ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 345 с.

АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ АСПЕКТІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ РОЗВИТКУ СУДНОПЛАВНИХ КОМПАНІЙ

Карамушка М.В.

Херсонській національний технічний університет
(Україна)

Вступ. Важливою проблемою у розвитку світової економіки та міжнародних економічних відносин є питання про здатність і ступеня впливу на них морського транспорту. Морське судноплавство грає ключову роль в житті світової економіки, займаючи центральне місце в формується єдиній системі глобальних транспортних перевезень. Морський транспорт специфічний в тому сенсі, що він вже за характером діяльності є галуззю «міжнародною»: відомо, що основна функція морського транспорту – забезпечення зовнішньоторговельних зв'язків між різними державами. Морський транспорт має істотні особливості та переваги. Організація перевезень морським транспортом дозволяє скоротити відстань переміщення вантажів та пасажирів окремими економічними районами.

Транспортування вантажів морськими шляхами скорочує транспортні видатки і підвищує таким чином, його економічну ефективність. Тому морський транспорт має важливе значення у господарстві багатьох країн.

Актуальними питаннями є питання пошуку найбільш ефективних підходів до розвитку судноплавних компаній, для чого необхідно використовувати новітні методології управління, наприклад, методологію управління проектами.

Постановка задачі. Основною задачею даної статті є аналіз і систематизація основних факторів та умов, які визначають основи підходу до управління проектом розвитку судноплавних компаній.

Актуальність даної теми полягає в тому, що управління проектом являє собою методологію організації, планування, керівництва, координації людських і матеріальних ресурсів протягом життєвого циклу проекту, спрямовану на ефективне досягнення його цілей шляхом застосування системи сучасних методів, техніки і технологій управління для досягнення визначених у проекті результатів за складом й обсягом робіт, вартості, часу, якості.

Основна частина. Світовий досвід показує, що найбільш ефективними підходами до розвитку судноплавних компаній є підходи, що використовують методологію управління проектами. Застосування цієї методології є вирішальним фактором, що визначає ефективність проведення змін в компанії.

Перспективною виглядає тенденція, коли великі фінансово-промислові групи (ФПГ) в процесі свого розвитку починають створювати власну транспортну інфраструктуру, утворюючи торгово-промислове судноплавство. Торгово-промислове судноплавство – це метод організації внутрішньо фірмових перевезень сировини, енергоносіїв та інших, необхідних для виробництва матеріалів підконтрольним флотом великих корпорацій. Торгово-промислове судноплавство викликано тим, що інтернаціоналізація світових господарських зв'язків, виникнення транснаціональних корпорацій із закінченим циклом виробництва від сировини до готового продукту поставила компанії перед необхідністю мати гарантовану можливість своєчасного постачання виробництва сировиною, енергоносіями і т. д. Трампове судноплавство не може повною мірою гарантувати регулярність доставки. Лінійне судноплавство технічно не пристосоване для перевезення масових вантажів. Тому великі корпорації вдаються до створення власного флоту, що експлуатується підконтрольними корпорації судноплавними компаніями.

Стратегії по створенню і розвитку судноплавних компаній у рамках ФПГ спрямовані на: вибір оптимальних сегментів фрахтового ринку з урахуванням

перспективної вантажної бази, забезпечення стійкої прибутковості роботи компанії, зростання фінансово-економічної ефективності експлуатації флоту, усунення негативних наслідків старіння флоту і його оновлення.

Потенційними учасниками ФПГ можуть стати судноплавні компанії, морські торговельні порти, суднобудівні і судноремонтні заводи, металургійні комбінати (виробники суднової сталі або торгівлі будинки), наукові та проектно-конструкторські інститути, комерційні банки, великі виробники бункеровочного палива і масел, бункеровочні, постачальницькі, транспортно-експедиторські, агентські та страхові компанії.

Можна виділити наступні базові передумови підвищення привабливості судноплавних компаній ФПГ:

- виникнення транснаціональних корпорацій із закінченням циклом виробництва;
- просторовий динамізм, коли здійснюючи перевезення між третіми країнами, морський флот бере на себе на час функції транспортної інфраструктури цих країн;
- зацікавленість у поповненні флоту, підтримання його в належному стані для безперебійного функціонування всієї групи підприємств.

Таким чином, розвиток судноплавної компанії має відбуватися з точки зору мультипроектне управління розвитком фінансово-промислової групи як єдиного цілого. Саме такий підхід, на мій погляд, є найбільш ефективним в сучасних умовах.

Слід підкреслити, що інвестиційна діяльність є одним з основних напрямів управлінської діяльності судноплавної компанії.

Питання інвестиційної політики судноплавної компанії – найважливіший напрям у її управлінської діяльності.

Різні організаційні форми світового судноплавства пов'язані з певними технічними та економічними умовами роботи флоту. Стан судноплавної компанії з точки зору наявного тоннажу і його техніко-експлуатаційних характеристик, результатів комерційної діяльності, укладених контрактів і угод зумовлює напрями її основної діяльності, серед яких слід виділити:

- управління флотом на перевезеннях у відповідності з прийнятими організаційними формами останніх (трампові, в формі послідовних рейсів, лінійними);
- управління структурним складом флоту з позицій його віку і спеціалізації.

Управління флотом - сфера діяльності, пов'язана з багатьма ризиками. Джерелами невизначеності в діяльності судноплавної компанії виступає стан ринку, що постійно змінюється, зміни фрахтових ставок і вартості тоннажу, що виникають на цій основі і, отже, труднощі з прогнозуванням фінансових показників.

В якості основного фактора, що визначає стан світового судноплавства, приймається стан світової економіки, у першу чергу – показник валового національного продукту провідних країн. У відповідності з ним розраховується сумарна маса продукції, що вимагає морського транспортування. Таким чином, формується попит на продукцію морського транспорту. Пропозиція складається із сумарного тоннажу морського флоту з урахуванням його продуктивності. Рівень фрахтових ставок визначається співвідношенням попиту і пропозиції, а також коливаннями світових цін на бункер і низкою інших причин.

При визначенні рівня попиту приймаються до уваги два основних фактори: темпи зростання промислового виробництва і врожаї в провідних країнах-учасницях світової торгівлі зерном. На підставі цього оцінюється потреба в морських перевезеннях зерна, а також сировини для сталеливарної промисловості - залізної руди та вугілля. На три перерахованих виду вантажів припадає значна частина світового обсягу морських перевезень сухих вантажів, тому навіть незначна зміна в обсягах і напрямках їх перевезень робить істотний вплив на ринок в цілому. Крім цього оцінюється (в основному експертним шляхом) передбачуваний обсяг перевезень другорядних вантажів.

При складанні прогнозу кон'юнктури суховантажного трапового ринку передбачуваний обсяг перевезень сухих масових вантажів в поєднанні з середньою дальністю перевезення однієї тонни вантажу дає певний рівень попиту на тоннаж. Оцінка пропозиції будується на підставі даних про тоннажі і структурі флоту балкерів, а також тієї частини нафтарудовозного флоту, яка зайнята в суховантажному секторі; темпи списання на злам старих суден, будівництва нових даних про флот, що знаходиться на приколі; даних про втрати продуктивності флоту внаслідок затримки в портах, зниження швидкості ходу до економічної, неповного використання вантажопідйомності судів.

На наступному етапі співвідносяться розміри попиту і пропозиції на тоннаж і визначається «баланс» тоннажу, показник якого порівнюється з даними попереднього періоду. На підставі порівняння робиться висновок про поліпшення або погіршення кон'юнктури ринку. Подібна схема використовується як при аналізі ретроспективної ситуації, так і при складанні прогнозу розвитку на найближчий період.

Стан світового фрахтового ринку, що виражається в зміні попиту на тоннаж та його пропозицій, безпосередньо зачіпає напрямки основної діяльності судноплавної компанії. А саме:

- змінюються вимоги до вікової структури і техніко-експлуатаційних характеристик суден, що вимагає своєчасного та доцільного оновлення флоту;
- змінюється обсяг і структура вантажопотоків, і, у зв'язку з цим, складається ситуація з надлишком або нестачею власного тоннажу.

Ситуація на ринку при наявності підвищеного попиту на тоннаж судовласника з боку користувачів транспортних послуг призводить до зростання обсягів транспортної роботи, фрахтових ставок, перспективних значень прибутку компанії і обумовлює тенденцію до збільшення власного тоннажу за рахунок придбання або, у разі нестачі капіталу, оперованого тоннажу за рахунок фрахтування. При відсутності попиту виникає ситуація надмірності тоннажу і пов'язане з нею падіння прибутку компанії.

Висновки. Виконано аналіз і систематизація основних факторів та умов, які визначають основи підходу до управління проектом розвитку судноплавних компаній.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рылов С.И., Горшков Я.А. Фрахтование морских судов: учебное пособие. Одесса, ОГМУ, 1999. – 298с.
2. Снопков В.И. Технология перевозки грузов морем: Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – С.Петербург : АНО НПО «Мир и семья», 2001. – 560с.
3. Черкесов-Цыбизов А.А., Чекаловец В.И., Примачев Н.Т. и др. «Экономика морского транспорта: Учебное пособие для вузов морского транспорта». – М. : Транспорт, 1987. – 436с.

ДО ПИТАННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОСТІЙНИХ ВИТРАТ НА ВАНТАЖНОМУ АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ

Куш Є.І., Скрипін В.С.

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

Вступ. Транспортна галузь – є однією з найбільших і на сучасному етапі розвитку світової економіки автомобільний транспорт для більшості розвинутих країн є основним видом внутрішнього транспорту. Масове використання автотранспортних засобів призвело до змін в усіх секторах економіки, в соціальній сфері, на ринку праці, в містобудівній політиці, в організації роздрібною торгівлі, відпочинку та в інших аспектах життя суспільства [1]. Параметри технологічного процесу перевезення вантажів впливають на його ефективність, що визначається витратами. Визначення витрат на перевезення і проектування керуючих дій на її зниження є важливою задачею при організації перевізного процесу.

Актуальність досліджень. Фінансовий стан автотранспортного підприємства залежить не тільки від його прибутку, а і від витрат, які воно несе під час виконання свого основного виду діяльності. Однією з основних умов для проведення аналізу діяльності підприємства за економічними показниками – є розділення загальних витрат на змінні, постійні і непрямі [2]. Мета поділу витрати – різне реагування їх на обсяги виробництва. Змінні витрати залежать від обсягу виробництва. Постійні не залежать від обсягу виробництва і не можуть бути змінені швидко або в короткотерміновій перспективі [3].

За результатами дослідження науковців до постійних витрат відносять [3, 4]: амортизацію засобів виробництва; страхові платежі; реєстрацію транспортних засобів; комунальні платежі; витрати на планування і організацію роботи; заробітню плату працівників (якщо вона не залежить від обсягів виробництва); оренду; загальногосподарські витрати; накладні витрати (ремонт будівель, обладнання, витрати на рекламу, консультаційні послуги та ін.) та інші.

Загальні витрати на перевезення вантажів визначаються за наступною залежністю [2]:

$$C_3 = C_{3M} \cdot L + C_{П} T,$$

де C_{3M} – змінні витрати, євро/км; $C_{П}$ – постійні витрати, євро/год.; L – загальний пробіг за період, км; T – час роботи транспортного засобу, год.

Визначення постійних витрат в структурі загальних витрат є невід’ємним елементом процесу управління автотранспортним підприємством і актуальним в сучасних ринкових умовах.

Постановка задачі. Метою дослідження є визначення постійних витрат на вантажному автомобільному транспорті.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати показники діяльності автотранспортних підприємств.
2. Визначити постійні витрати на вантажному автомобільному транспорті.

Результати досліджень. Виходячи зі структури постійних витрат, можна зробити висновок, що на їх величину впливають: інфраструктура автотранспортного підприємства; площа і місцезнаходження підприємства та інші.

Інфраструктура підприємства – це підрозділи з обслуговування основного виробництва, а також соціального обслуговування колективу [5]. Масштаби інфраструктури автотранспортного підприємства залежать насамперед від засобів виробництва – транспортних засобів, а саме від їх кількості, типу, вантажопідйомності. Отже, можна зробити висновок, що на постійні витрати автотранспортного підприємства поміж інших факторів має вплив склад автомобільного парку. Протягом своєї діяльності підприємство несе витрати, які поділяють на постійні і змінні. Для їх визначення на

першому етапі дослідження було проведено аналіз фінансових звітів автотранспортних підприємств м. Харкова, під час якого було виділено ті витрати, що відносять до постійних. При цьому для дослідження були обрані такі підприємства, які мають на балансі однотипні транспортні засоби, або які мають бригади однотипних автомобілів. Вибірка проводилася таким чином, щоб максимально охопити автомобільний ряд за вантажопідйомністю від 1 до 20 т.

Постійні витрати визначалися за наступною залежністю:

$$C_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^n C_{\Pi i}}{T}, \quad (2)$$

де $C_{\Pi i}$ – i -та стаття постійних витрат, євро, (наприклад $C_{3\Pi}$ – витрати на заробітню плату, євро; C_n – накладні витрати, євро та інші), n – кількість статей постійних витрат.

На наступному етапі дослідження було проаналізовано залежність постійних витрат від вантажопідйомності транспортного засобу, яку математично можливо описати такою регресійною моделлю:

$$C_{\Pi} = 0,035 + 8,699 \cdot 10^{-6} \cdot q^{1,45}. \quad (3)$$

Ступінь кореляції отриманої моделі дорівнює 0,603. Середня помилка апроксимації складає 13,8 % [6].

Далі було проведено дослідження залежності постійних витрат від кількості автомобілів в парку автотранспортного підприємства. З використанням математичного моделювання було отримана наступна нелінійна однофакторна модель:

$$C_{\Pi} = 0,034 + 0,0036 \cdot A^{-0,665}. \quad (4)$$

Ступінь кореляції отриманої моделі дорівнює 0,605. Середня помилка апроксимації складає 14,1 %.

Отримані моделі недоцільно використовувати через їх недостатньо високі статистичні показники. При визначенні постійних витрат на вантажному автомобільному транспорті потрібно комплексно враховувати вплив вантажності транспортних засобів і їх кількості в автомобільному парку. Формалізацію залежності постійних витрат від даних параметрів можливо провести з використанням багатфакторного нелінійного математичного моделювання.

Висновки. В результаті проведених досліджень було отримано однофакторні нелінійні моделі залежності постійних витрат від вантажопідйомності транспортних засобів і їх кількості в автомобільному парку. Отримані моделі недоцільно використовувати через їх недостатньо високі статистичні показники. Визначати постійні витрати на вантажному автомобільному транспорті доцільно з використанням багатфакторного нелінійного моделювання.

ЛІТЕРАТУРА

1. Майборода М. Е. Грузовые автомобильные перевозки : учебное пособие, изд. 2-е. [Текст] / М.Е. Майборода, В.В. Бернадский. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 442 с.
2. Воркут А. И. Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А. И. Воркут. – К. : Вища школа, 1986. – 447 с.
3. Berwick M. Truck Costing Model for Transportation Managers [Text] / M. Berwick, M. Fargoq. – Fargo : 2003. – 61 p.
4. Christopher Z. An analysis of the full costs and impacts of transportation in Santiago de Chile [Text] / С. Zegras, О. Litman. – Santiago, 1997. – 173 p.
5. Грузинов В.П. Экономика предприятия: учебное пособие, 2-е изд., перераб и доп [Текст] / В.П. Грузинов, В.Д. Грибов. – Москва : Финансы и статистика, 2000. – 208 с.
6. Френкель А. А. Многофакторные корреляционные модели производительности труда [Текст] / А. А. Френкель. – М. : Экономика, 1966. – 96 с.

МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОНОМІЧНОГО OLAP АНАЛІЗУ ДІЯЛЬНОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Лахно В.А., Грабарєв А.В., Переверзєв А.М.

ПВНЗ «Європейський Університет»

(Україна, м. Київ)

Актуальність дослідження. В даний час в багатьох сферах людської діяльності, зокрема, в економіці, транспорті, кібербезпеці т.п., гостро стоять питання інформаційного моніторингу. Існуючі методи моніторингу не дозволяють оперативно враховувати обстановку яка може стрімко змінюватися, а також, системну взаємозалежність великих груп чинників і параметрів. Особливої актуальності проблема моніторингу набуває в тих випадках, коли інформація про досліджувану предметну область складно структурована і відображає різні сторони об'єкта дослідження або спостереження. Виходом в подібних завданнях, може послужити застосування інноваційної технології інтелектуального аналізу даних або Online Analytical Processing (OLAP)[1-2].

Результати дослідження. Наші дослідження спрямовані на розробку технологій моніторингу інтелектуальних транспортних систем (ІТС), які, на думку багатьох фахівців [3-5], є найбільш перспективним напрямком розвитку транспорту в постіндустріальних країнах світу. Технологія OLAP дозволяє удосконалити методи моніторингу транспортних систем, включаючи такі складні напрямки як економічна ефективність, митний транзит, відстеження просування вантажів, інформаційна безпека, тощо, перевести їх на якісно вищий рівень.

При використуванні технології OLAP інформація, як правило, агрегується і представляється у вигляді багатовимірного куба, сторони якого відповідають різним аналітичними розрізами (аспектам, за якими проводиться аналіз масиву даних). При цьому істотно підвищується швидкість відповіді на запити користувачів.

Системи аналізу даних на транспорті, засновані на технології OLAP, стануть особливо корисними при роботі з великими обсягами даних.

Крім використання стандартного програмного забезпечення, побудованого на технології OLAP, для моніторингу різних даних, зібраних в період роботи ІТС, можна виділити наступні перспективні сфери його застосування: корпоративне управління і планування на транспорті, соціально-економічні результати впровадження ІТС, охорона навколишнього середовища, інформаційна та кіберзахист, консалтингова діяльність на транспорті та ін.

В результаті проведених нами досліджень, запропонована архітектура універсальної системи автоматизованого моніторингу роботи ІТС (рис. 1), яка дозволяє ефективно організувати дані для їх аналізу на основі технології OLAP. Відмінною особливістю запропонованої системи є те, що користувач може працювати з нею, не маючи спеціальних знань і навиком.

В ході досліджень розроблені алгоритми для OLAP ІТС, що дозволяють в реальному часі редагувати багатовимірний куб, і відрізняються відсутністю жорсткої прив'язки до формальної структури бізнес процесів на транспорті, зокрема у ІТС.

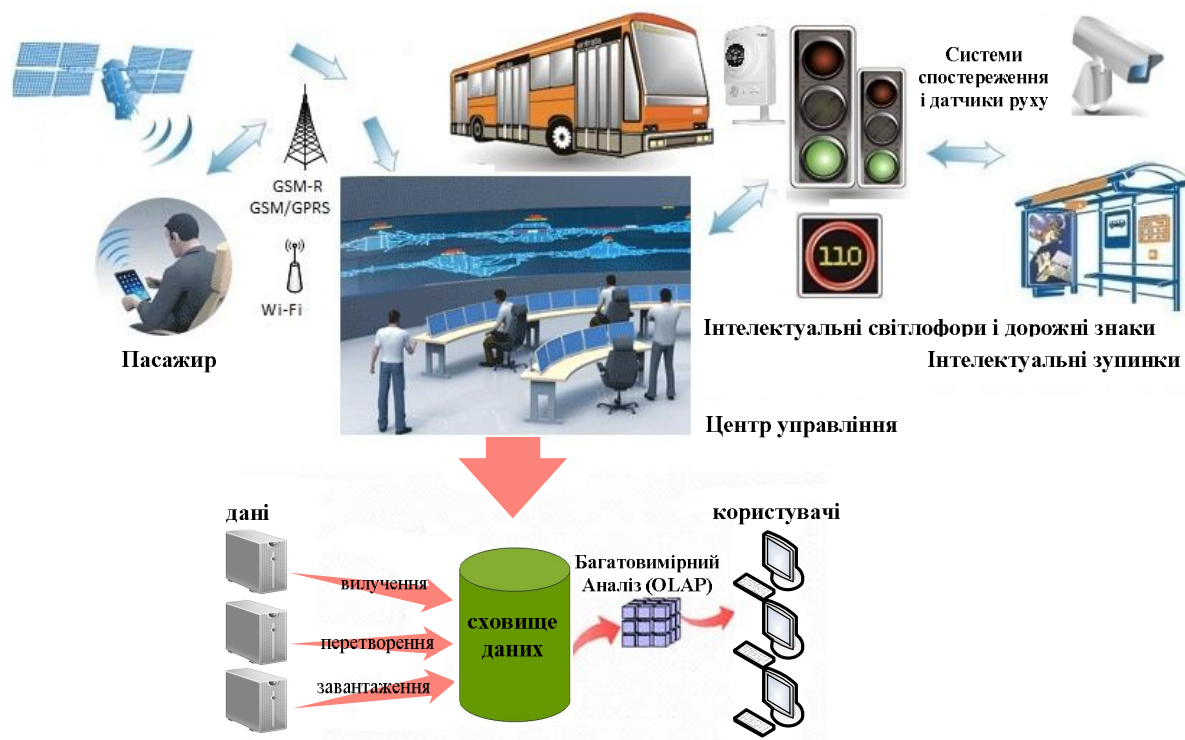


Рисунок 1 – Архітектура OLAP ІТС

Висновки. Обґрунтовано нові методи інтеграції технологій OLAP ICT і геоінформаційних систем, що використовуються на транспорті, з метою відображення необхідної інформації на електронних географічних картах.

Розвитком роботи стане програмна реалізація системи автоматизованого моніторингу на основі технології OLAP для ІТС великих міст України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Pendse, Nigel. Theoriginsoftoday's OLAP products (англ.). OLAP Report (20 July 2002). - «1992. Essbaselaunched. Firstwell-marketed OLAP product, whichwentontobecomethemarketleading OLAP serverby 1997.»
2. Codd, Edgar F. Providing OLAP toUser-Analysts: An IT Mandate// Computerworld. - Т. 27, № 30. - ISSN 0010-4841
3. National ITS Architecture Team. Regional ITSArchitecture Guidance - Developing, Using andMaintaining on ITS Architecture for Your Region.Report No FHWABOPB02B024, 2001.
4. Архитектура интеллектуальных транспортных систем на примере U.S. DoT ITS. www.iteris.com/itsarch/index.htm
5. Intelligent Transport Systems (ITS): an area to be strengthened in the Transport sector. http://www.unece.org/trans/theme_its.html

МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ АВТОТРАНСПОРТОМ

Лахно В.А., Собченко В.М.
ПВНЗ «Європейський Університет»
(Україна, м. Київ)

Вступ. Міський пасажирський автотранспортний комплекс утворюють сукупність автобусів та маршрутних таксі які належать комунальним та приватним підприємствам, управляючий ними персонал та вся інфраструктура, яка визначає ефективність його функціонування.

Сучасні комп'ютерні системи диспетчерського управління міським пасажирським автотранспортом (СДУМАТ) базуються на використанні наукомістких інформаційно-комунікаційних технологій, затребуваних необхідністю підвищення ефективності управління дорожнім рухом, зокрема у великих містах, див. рис. 1.



Рисунок 1 – Схема системи диспетчерського управління міським пасажирським автотранспортом

Вимога оперативності до дій транспортних служб приходить у протиріччя з безперервно зростаючим парком індивідуального та муніципального громадського транспорту.

Актуальність досліджень. Переорієнтація України на європейські та азійські ринки, спричиняє необхідність переходу на сучасні стандарти організації роботи інформаційно-комунікаційних систем і систем диспетчерського управління на транспорті, зокрема міському. Висуваються більші вимоги до забезпечення безпеки, контролю та моніторингу всієї системи міського транспорту в країні.

Дані обставини, а також активне використання потужних інформаційних комп'ютерних систем, сучасних видів зв'язку, навігації та технічних засобів збору та обробки інформації про характеристики міських транспортних потоків, диктують розвиток та розробку нових, більш ефективних інформаційних технологій для інтелектуальних систем диспетчерського управління міським транспортом.

В умовах зростання кількості особистого та громадського транспорту актуальнішою стає проблема, пов'язана з підвищенням ефективності прийняття рішень при оперативному управлінні міськими транспортними потоками та обробки великого об'єму інформації різної природи. Складність розв'язання проблеми прийняття рішень для транспортних систем багатократно зростає у випадках, коли вхідні параметри, які саме визначають стан міських транспортних потоків, не можуть бути виміряні точно. При

цьому на практиці у більшості випадків невизначеність стану транспортних потоків не може бути описана з використанням теоретико-ймовірнісного підходу. Це відбувається внаслідок того, що параметри не є випадковими величинами і для них не існує можливості побудувати функції розподілення. Розглянуті обставини змушують шукати нових підходів, які дозволили б вирішити завдання побудови багатовимірної залежності з нечітко заданими вхідними параметрами та нечисловою (лінгвістичною) інформацією для інтелектуальних транспортних систем.

Постановка задачі. Основна задача системи диспетчерського управління міським пасажирським автотранспортом – задоволення потреби пасажирів у поїздках. Вона вирішується за рахунок виконання розкладу, а також підключення у випадку необхідності резервних транспортних засобів. Критерієм якості задоволення потреб в поїздках являється мінімізація часу очікування пасажирами транспорту [1, 2, 3]. Всі порушення руху транспорту – відхилення від розкладу, переповнення, які являються наслідком нерівномірної швидкості руху окремих рухомих одиниць (РО) та флуктуацій пасажиропотоку, викликають збільшення часу очікування. Тому і ефективність управляючих дій має сенс оцінювати по тому ж критерію.

Ціль СДУМАТ – забезпечити виконання розкладу руху з мінімальними відхиленнями від запланованого за допомогою використання відповідних диспетчерських дій. Тому алгоритми СДУМАТ орієнтовані на вибір диспетчерських дій, які компенсують вплив збурюючих факторів (ЗФ). По своїй природі вони передбачають математичний характер та легко моделюються.

Модель функціонування маршруту для СДУМАТ що розробляється описується наступною системою рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} \{t_i^j\} &= \{t_i^j, t_i^{\text{нчр}(k)}, v(U), \tau_3(U), \tau_i^j, \tilde{P}_i^j, q_i^j\} \\ \{\tilde{P}_i^j, q_i^j\} &= \{t_i^j, A_i, \rho^j, Q_i^j, r_i^j, P_i^j, g_i^j, d_i^j\} \end{aligned} \right\} \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n} \quad (1)$$

де m – кількість РО; n – кількість ПЗ; l^j – відстань між j -м та $j+1$ -м ПЗ; $t_i^{\text{нчр}(k)}$ – час початку k -го рейсу; A_i – місткість i -ї РО; $v(U)$ – випадкова величина, яка характеризується законом розподілу швидкості руху при даній ознаці управління; $\tau_3(U)$ – випадкова величина, яка визначає час затримки як функцію від ознаки управління; η_i – випадкова величина, яка характеризує інтенсивність посадки та висадки для i -ї РО; v_i^j – випадкова величина, яка характеризує кількість пасажирів, що виходять з i -ї РО на j -му ПЗ; $\rho^j(t)$ – випадкова величина, яка характеризує щільність пасажиропотоку на j -му ПЗ; t_i^j – час прибуття РО на j -й ПЗ; Q_i^j – наповнення i -ї РО після обслуговування j -го ПЗ; \tilde{t}_i^{j+1} – час, затрачений на рух по перегону маршруту між j -м та $j+1$ -м ПЗ; $\tau_{\text{нч}}^j$ – час, який витрачається на посадку та висадку пасажирів на j -му ПЗ i -ї РО; τ_i^j – час руху між $i-1$ -ю та i -ю РО після проходження j -го ПЗ; \tilde{P}_i^j, q_i^j – кількість пасажирів що зайшли та вийшли, відповідно; $v(U)$ – випадкова величина, яка характеризується законом розподілу швидкості руху при даній ознаці управління; P_i^j – кількість пасажирів, що прийшли до j -го ПЗ за час між прибуттям $i-1$ -ї та i -ї РО; r_i^j – резерв місць в i -ї РО на j -му ПЗ; g_i^j – кількість не обслугованих пасажирів i -ю РО j -м ПЗ; d_i^j – потреба в перевезенні з j -го ПЗ в момент прибуття i -ї РО.

Вихідними даними для моделювання являються величини $m; n; l^j; t_i^{\text{нчр}(k)}; A_i; v(U); \tau_3(U); \eta_i; \rho^j(t)$. Інші величини обчислюються рекурсивно в процесі функціонування моделі.

Випадкові величини η_i та $\rho^j(t)$ визначаються в результаті проведення дослідження пасажиропотоків.

Моделювання системи збору інформації полягає в присвоєнні деяким ПЗ ознак контрольного пункту (КП). При переході моделі в стан, в якому i -та РО знаходиться на КП, обчислюються величини: $t_{inn}^{KП}$ – час прибуття на КП; $K_i = 25 - 30\%$ – коефіцієнт наповнення РО (тут [.] – «ціла частина»), який являється аналогом інформації, яка отримується СДУМАТ при даному КТС, котрий разом з номерами РО та ПЗ поступають на вхід моделі СДУМАТ.

Блочна структура моделі дозволяє використовувати різні алгоритми та проводити їх порівняльний аналіз. Вибір оптимальних алгоритмів управління рухом являється найважливішою задачею побудови СДУМАТ.

Вхідною інформацією для моделі СДУМАТ служать плановий розклад руху, а також інформація, що поступає з моделі маршруту: момент проходження рухомої одиниці КП, коефіцієнти наповнення РО, повідомлення про сходи РО з лінії.

Основним критерієм якості задоволення потреби в поїздках приймаємо час очікування пасажирами транспорту. Структура моделі дозволяє безпосередньо оцінювати цю величину. Зауважимо, що в реальних умовах можлива тільки приблизна оцінка часу очікування пасажирами транспорту.

Результати досліджень. Запропонована модель реалізована в MathCAD. Приклад розрахунку випадкових величин, які були використані в описаній вище стохастичній математичній моделі, наведений на рис. 2. Зокрема, моделюються параметри \tilde{P}_i^j , q_i^j – кількість пасажирів що зайшли та вийшли, відповідно, в залежності від зміни графіку руху РО.

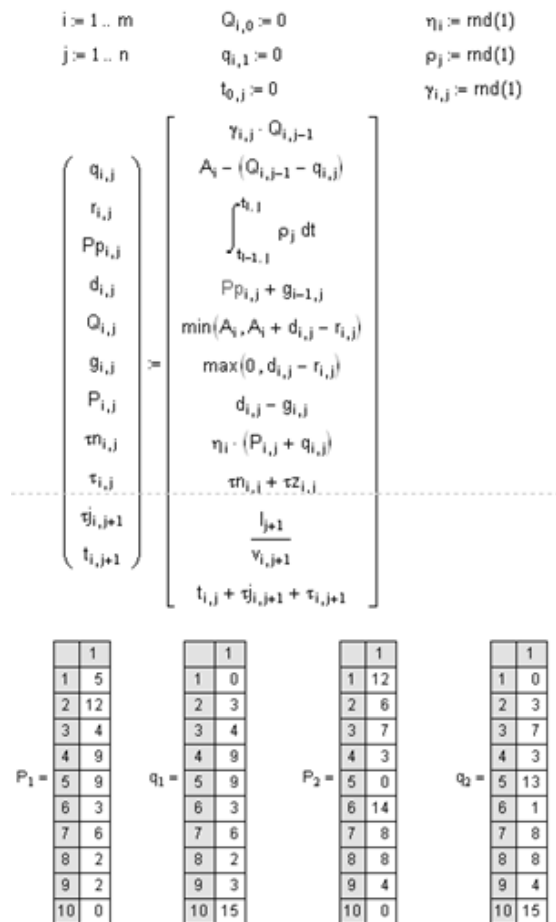


Рисунок 2 – Модель СДУМАТ в Mathcad

На рис. 3 показані результати моделювання.

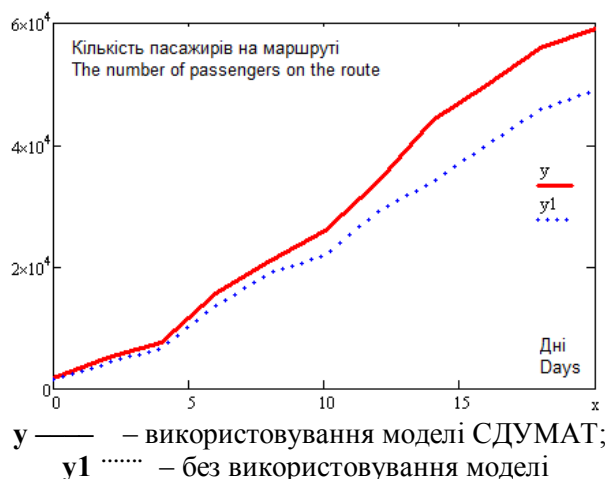


Рисунок 3 – Результати моделювання СДУМАТ в Mathcad

Висновки. 1. Проведено аналіз сучасних моделей для систем диспетчерського управління міським пасажирським автотранспортом. Показано, що детерміновані моделі, які використовуються в системах управління на автотранспорті, часто виявляються неадекватними реальним процесам перевезення пасажирів автобусами та маршрутними таксі, особливо у великих містах. Це пояснюється вірогідним характером тих показників та обмежень. 2. Запропонована модель для систем диспетчерського управління міським пасажирським автотранспортом з врахуванням впливу найбільш значимих факторів. Отримана система рівнянь, яка моделює параметри руху на автобусних маршрутах та дозволяє миттєво оцінювати вплив збурюючих чинників на показники якості обслуговування пасажирів та скласти оптимальний розклад руху транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. 1. Телематика на автомобільном транспорті : Учебное пособие / [В.М. Власов, С.В. Жанказиев, А.Б. Николаев, В.М. Приходько]; под. ред. В.М. Приходько. – М. : МАДИ, 2003. – 173 с.
2. Постолиг А. В. Информационное обеспечение автотранспортных систем : Учебное пособие / А. В. Постолиг, В. М. Власов, Д. Б. Ефименко. – М. : МАДИ, 2004. – 241 с.
3. Информационные технологии на автомобильном транспорте : Учебное пособие / [В. М. Власов, А. Б. Николаев, А. В. Постолиг, В. М. Приходько]; под. ред. В. М. Приходько. – М. : Наука, 2006. – 282 с.

ПІДХОДИ ДО ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНОГО РІШЕННЯ ЩОДО ВИБОРУ ПРОЕКТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ

Лебідь В.В., Кунда Н.Т.

Національний транспортний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. З розвитком сучасних інтеграційних підходів у галузі транспортних технологій виникає необхідність у прийнятті принципово нових засад європейської транспортної політики, адаптувавши їх до українських умов. Метою цієї політики є створення єдиного ринку транспортних послуг та підвищення ефективності проектів перевезень.

Актуальність дослідження. Для підвищення ефективності надання транспортних послуг у проектах перевезень вантажів необхідні умови для стійкої взаємодії учасників транспортного ринку з проектно-орієнтованими та проектно-керованими підприємствами; удосконалення управління підприємством на основі впровадження новітніх підходів, а також створення сприятливих технічних, правових, організаційних та фінансових умов розвитку проектів перевезення.

Варто відмітити, що такі підходи вимагають застосування теоретичних положень, моделей та методів для прийняття рішень щодо доцільності розробки проектів та ефективності впровадження їх до реалізації, оскільки неефективно прийняте рішення щодо реалізації проектів перевезення може призвести до втрати підприємством постійних клієнтів та сталого положення на ринку, невиконання вимог щодо якості управління [1]. Тому прийняття управлінських рішень у проектах перевезення є процесом, що починається з усвідомлення появи проблемної ситуації на етапі ініціації проекту і завершується розробкою цілеспрямованих дій на етапі розробки проекту, спрямованих на її усунення. Таким чином, проблема прийняття раціональних (а в ідеалі оптимальних) рішень щодо реалізації проектів перевезення є актуальною.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розв'язання задачі щодо оцінки ефективності альтернативних проектів перевезення вантажів в умовах невизначеності ринку перевезень вантажів ґрунтується на застосуванні методів експертних оцінок.

Суть такого підходу полягає в одержанні експертних оцінок проекту від особи, що приймає рішення (надалі – ОПР), агрегуванні їх у єдину оцінку проекту (оцінюється як ступінь привабливості проекту) з аналізом погодженості експертних оцінок та у подальшому виборі проектів відповідно до їх привабливості, послідовність вибору яких представимо на рис 1.

Аналіз робіт [2,3] показав, що із зростанням складності прийняття рішення в досліджуваних проектах поступово спадає здатність експерта робити точні і в той же час значущі твердження щодо поведінки різних учасників проекту. Така ситуація триває доти, поки не буде досягнутий поріг, за яким точність і релевантність отриманих даних стають взаємовиключними характеристиками. Релевантна інформація при такому підході є важливою тим, що містить дані, які слід використовувати на етапі ініціації життєвого циклу проекту.

Авторами встановлено, що у мисленні людини (у випадку дослідження проектів перевезення – це водії-перевізники) використовуються не числа, а образи і слова, тому більшість відповідей експертів у процедурах експертного опитування, тобто експертні оцінки, є якісними. У проектах перевезення якісними критеріями, які підлягають експертному оцінюванню є [4,5]:

- культура обслуговування замовників ($K_{обсл}$);
- безпека транспортування вантажів автомобільними маршрутами (Z_{sec});
- рівень надання сервісних послуг на АЗС (Q_{ser}), СТО, ТІР-терміналах і т.д (оцінюються в термінах «відмінно», «добре», «задовільно» тощо).

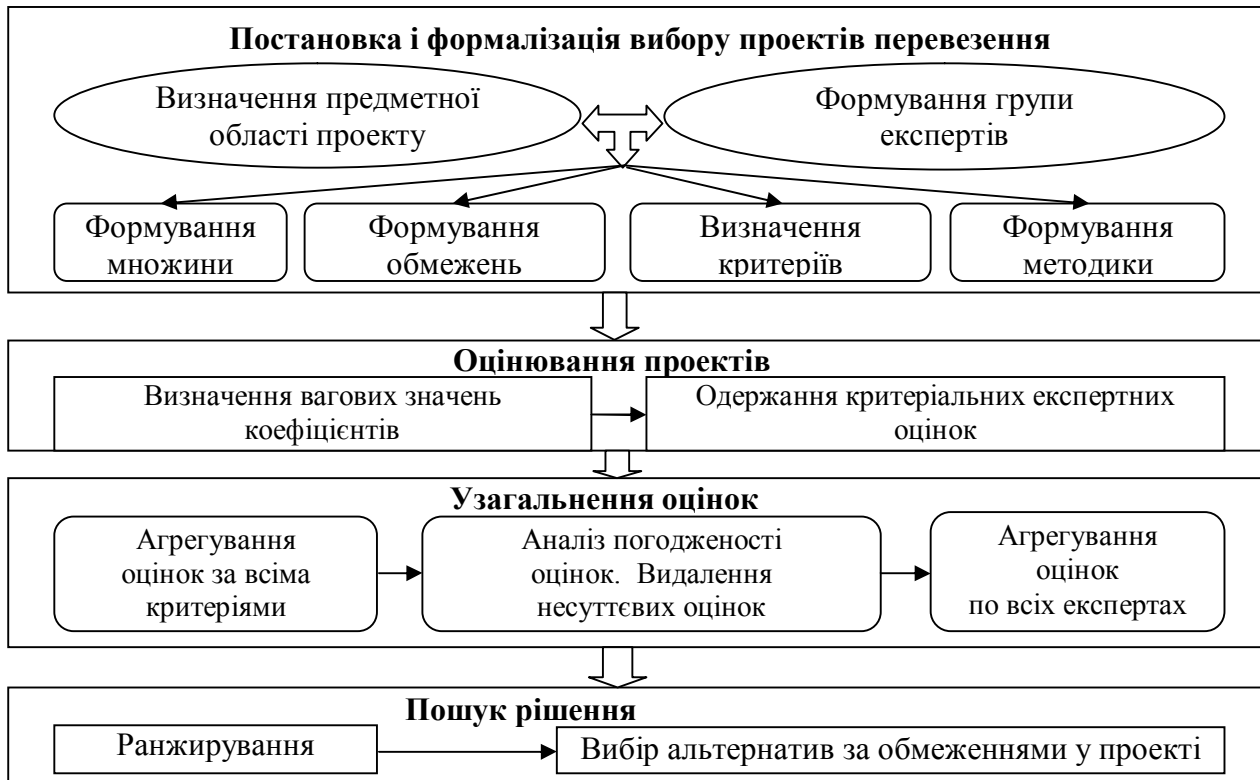


Рисунок 1 – Структура розв’язання задачі вибору варіантів проекту

Враховуючи різноманітність експертної інформації та множину якісних критеріїв, авторами пропонується відносини між входом і виходом процесів прийняття рішення у проектах перевезення описувати набором правил нечіткої логіки (IF-THEN-правил). Такий підхід передбачає використання лінгвістичних змінних, якими можна описати продукційні правила нечіткої логіки. Ці правила можуть бути задані експертним шляхом чи отримані з числових статистичних даних. Поняття «нечітка логіка» припускає, що ця логіка оперує наближеними поняттями, і це робить її подібною до міркувань експертів.

Набір керуючих правил нечіткої логіки (або нечітких керуючих тверджень) характеризує зв’язок входу проекту з його виходом. Загальна форма подання правил нечіткої логіки для випадку системи нечіткої логіки з безліччю входів і одним виходом (MISO - «multi-input-single-output») така:

$$R^i: IF x \text{ is } A_i, \dots, AND \text{ is } y \text{ } B_i \text{ THEN } z = C_i, i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

де x, \dots, y та z – лінгвістичні змінні, що представляють змінні стану керованого процесу у проектах перевезення та керуючі змінні відповідно; A_i, \dots, B_i та C_i – лінгвістичні значення змінних x, \dots, y та z в предметних областях U, \dots, V та W відповідно.

Нечіткі правила визначають стан процесу (помилку визначення стану, інтегральну помилку стану і т.д.) в момент часу t ; потім розраховується і приймається рішення про керуючі впливи, що реалізуються у вигляді функції змінних стану процесу (x, \dots, y) .

Оскільки встановлено, що у мисленні людини (а у нашому випадку водіїв-перевізників) використовуються не числа, а образи і слова, тому відповіді експертів у процедурах експертного опитування, тобто експертні оцінки, є якісними.

Оскільки ці критерії є об’єктами нечислової природи, то у такому разі невизначені якісні поняття представляють у вигляді інтервальних чисел або об’єктів багатозначних логік.

Якщо вхідні та вихідні параметри $(Z_{sec}, K_{обсл}, Q_{ser})$ представлено як лінгвістичні змінні, тоді якісний опис процесу задамо сукупністю висловлювань такого вигляду:

$$\begin{aligned}
 R_1: & \text{ IF } \langle a_{11} \rangle \text{ and/or } \langle a_{12} \rangle \text{ and/or } \dots \text{ and/or } \langle a_{1m} \rangle, \\
 & \text{ THEN } \langle b_{11} \rangle \text{ and/or } \dots \text{ and/or } \langle b_{1n} \rangle, \\
 R_2: & \text{ IF } \langle a_{21} \rangle \text{ and/or } \langle a_{22} \rangle \text{ and/or } \dots \text{ and/or } \langle a_{2m} \rangle, \\
 & \text{ THEN } \langle b_{21} \rangle \text{ and/or } \dots \text{ and/or } \langle b_{2n} \rangle, \\
 & \dots \dots \dots \\
 R_k: & \text{ IF } \langle a_{k1} \rangle \text{ and/or } \langle a_{k2} \rangle \text{ and/or } \dots \text{ and/or } \langle a_{km} \rangle, \\
 & \text{ THEN } \langle b_{k1} \rangle \text{ and/or } \dots \text{ and/or } \langle b_{kn} \rangle,
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

де $\langle a_{ij} \rangle, i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, m$ – складені нечіткі висловлювання, визначені на значеннях вхідних лінгвістичних змінних, а $\langle b_{ij} \rangle, i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, n$ – нечіткі висловлювання, визначені на значеннях вихідних лінгвістичних змінних.

Таким чином нечіткою базою знань в проектах перевезення вантажів у міжнародному сполученні є сукупність нечітких правил IF-THEN («ЯКЩО-ТО»), які визначають взаємозв'язок між входами та виходами надання якості транспортних послуг у проектах управління. Потім за допомогою правил перетворення диз'юнктивної та кон'юнктивної форм опис системи приведемо до вигляду:

$$\begin{aligned}
 R_1 : & \text{ IF } \langle A_1 \rangle, \text{ THEN } \langle B_1 \rangle, \\
 R_2 : & \text{ IF } \langle A_2 \rangle, \text{ THEN } \langle B_2 \rangle, \\
 & \dots \dots \dots \\
 R_k : & \text{ IF } \langle A_k \rangle, \text{ THEN } \langle B_k \rangle.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Якщо при побудові експертної системи, яка описує привабливість автомобільних маршрутів у міжнародному сполученні на прикладі української частини міжнародних транспортних коридорів використовувати описаний підхід, то сформовані продукційні правила матимуть вид (таблиця 1):

Таблиця 1 – Продукційні правила вибору привабливості автомобільного маршруту у проектах перевезень вантажів

| | | |
|------------------|-------------|---|
| R ₁ : | IF THEN: | Вимоги до рівня сервісного обслуговування на маршрутах МТК не високі МТК №3 – маршрут руху є привабливим (добре); МТК №5 – маршрут руху є привабливим (добре); МТК №9 – маршрут руху є найкращим (добре); Європа-Азія – маршрут руху є привабливим (добре); |
| R ₂ : | IF THEN: | Вимоги до рівня сервісного обслуговування на маршрутах МТК середні МТК №3 – маршрут руху є поганим (погано); МТК №5 – маршрут руху є привабливим (добре); МТК №9 – маршрут руху є найкращим (добре); Європа-Азія – маршрут руху є привабливим (добре); |
| R ₃ : | IF THEN: | Вимоги до рівня сервісного обслуговування на маршрутах МТК є високі МТК №3 – маршрут руху є поганим (погано); МТК №5 – маршрут руху є найкращим (добре); МТК №9 – маршрут руху є найкращим (добре); Європа-Азія – маршрут руху є найкращим (добре); |

У випадку, коли нечітка система здійснює вибір варіантів рішень на основі залежності вихідної величини від декількох вхідних величин, а математична модель залежності виходу від входів відсутня і замість неї використовується база експертних правил у вигляді нечітких висловлювань «IF-THEN» у термінах лінгвістичних змінних та нечітких множин, тоді функціональність нечіткої системи прийняття рішень пропонується визначати такими кроками:

- 1) перетворення чітких вхідних змінних на нечіткі;
- 2) обчислення правил на основі використання нечітких операторів та застосування імплікації для отримання вихідних значень правил;
- 3) агрегування нечітких виходів правил у загальне вихідне значення;
- 4) перетворення нечіткого виходу правил на чітке числове значення.

Таким чином, саме використання продукційних правил нечіткої логіки для визначення привабливості проектів перевезення вантажів з множини наявних надає нові можливості для визначення ефективності проектів перевезення, оскільки дає змогу оцінити якість надання транспортних послуг у запропонованих проектах з урахуванням думки різних учасників транспортної галузі.

На основі проведених досліджень встановлені переваги застосування продукційних правил нечіткої логіки над іншими існуючими методами:

- можливість оперувати нечіткими вхідними даними, наприклад, параметрами, що змінюються в часі (які є динамічними показниками), які неможливо задати однозначно і які мають різну природу значень;
- можливість нечіткої формалізації критеріїв (як приклад «рівень сервісу»: низький, задовільний, високий);
- можливість застосування кількісних, якісних та релейних оцінок як вхідних даних, так і вихідних результатів: можливість оперувати не тільки значеннями даних, але і їх ступенем достовірності та її розподілом.

Висновки. Встановлено, що застосування продукційних правил нечіткої логіки дає можливість застосувати для прийняття рішень неточні і суб'єктивні дані, отримані експериментальним шляхом у проектах перевезення без формалізації їх у вигляді традиційних математичних моделей. Саме з використанням такого підходу можливе вирішення питання узгодження суперечливих критеріїв прийняття рішень та створення логічних продукційних правил.

Особливістю запропонованого підходу є можливість врахування уточнюючих факторів, які впливають на прийняття оптимального рішення щодо вибору проекту. Це можна здійснити шляхом збільшення кількості вхідних параметрів з відповідною зміною правил та їх вагових коефіцієнтів залежно від важливості кожного критерію у загальній базі правил та можливості формування портфелю проектів перевезення проектно-орієнтованого підприємства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Воркут Т.А. Моделювання процесів вибору функціональних постачальників транспортних послуг / Т.А. Воркут, А.В. Петунін, А.С. Баранець // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. Вип. 12. – К. : НТУ, 2013. – С. 26-33.
2. Бочарников В.П. Fuzzy Technology: модальность и принятие решения в маркетинговых коммуникациях / В.П. Бочарников // К. – Ника-Центр, Эльга, 2002. – 224 с.
3. Дубровін В.І. Прийняття рішень у процесі управління ризиками проектів: навчальний посібник / В. І. Дубровін, В. М. Льовкін. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012. – 196 с.
4. Кунда Н.Т. Застосування методу експертних оцінок для визначення якості надання транспортних послуг / Н.Т. Кунда, В.В. Лебідь // Управління проектами, системний аналіз і логістика: Науковий журнал. Вип. №9. – К.: НТУ, 2012. – 413 с.: іл. – С. 94-98.
5. Кунда Н.Т. Застосування продукційних правил нечіткої логіки при визначенні оцінки якості транспортних послуг в проектах розвитку міжнародних транспортних коридорів / Н.Т. Кунда, В.В. Лебідь // Ринок послуг комплексних транспортних систем та прикладні системи логістики: Збірник доповідей 15 Міжн. наук.-практ. конф. – К.: Міністерство транспорту та зв'язку України. – 2013. – С. 117-122.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА

Паламарчук И.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В современном судоходстве постоянно поднимается вопрос снижения количества аварийных случаев на море и повышения экономической эффективности рейсов. Большие фирмы занятые морскими перевозками создают собственные подразделения по безопасности морских перевозок (Safety and Quality Department, Nautical Department) и уменьшению экономических затрат (Performance Department). Такие крупные компании, как Maersk & MSC идут в своих затратах на регулярные чистки корпуса судов, замены узлов и агрегатов потребляющих меньшее количество топлива, полные замены винтов, установку второго (меньшего) винта на одном валу позади основного для уменьшения сопротивления движения в воде. Всё выше перечисленное позволяет сэкономить 1-2 % потребляемого топлива всем флотом Maersk & MSC в год. Это примерно от 90000 до 180000 тонн тяжёлого топлива в год соответственно к процентам экономии. Учитывая стоимость одной тонны топлива около 350 \$ (на данный момент с учётом падения цен на нефть) даже незначительная в процентном отношении экономия топлива приводит к значительным финансовым выгодам.

Актуальность исследований. К сожалению, многие судовладельцы и операторы судов пока еще недостаточно широко используют возможности современных систем поддержки принятия решений (СППР) которые могли бы удовлетворить как требованиям увеличения безопасности судоходства, так и уменьшению затрат на рейс.

Наиболее широко используемыми образцами существующих СППР в мировом флоте можно назвать два программных продукта - Bridge & BVS (Bon Voyage System), которые позволяют судоводителю прорабатывать свой рейс с учётом актуальной и прогнозируемой погоды, а также существующих и возможных навигационных опасностей. Так же отдельным сервисом предлагается разработка оптимального пути конкретного судна силами операторов Bridge and BVS. Так же существует программный продукт Trim Optimisation позволяющий просчитать оптимальный дифферент/посадку судна на конкретный рейс с целью уменьшить сопротивление корпуса судна и винта в воде, что позволяет уменьшить расход топлива на морском переходе. Поскольку все сервисы в таких СППР платные, то операторы судов стараются ограничиться лишь заказом прогноза погоды.

Постановка задачи и результаты исследований. Исходя из вышесказанного, следует отметить перспективность создания современной СППР судоводителя, которая обеспечивает одновременно как решение задачи повышения безопасности судовождения и сведение к минимуму числа возможных аварийных случаев, так и увеличения экономической эффективности рейса для конкретного судна.

В рамках выполнения госбюджетной темы «Разработка систем поддержки принятия решений судоводителя» в Херсонской государственной морской академии создается прототип СППР, позволяющей одновременно решать задачи оперативного (выбор безопасных маневров и траектории движения) и стратегического (выбор оптимального с точки зрения эксплуатационных режимов и экономических затрат маршрута) управления судном.

Для увеличения безопасности судовождения и снижения влияния человеческого фактора в принятии решений судоводителем СППР согласуется/интегрируется с такими навигационными приборами, как гирокомпас, GPS, радар, анемометр, ECDIS, NAVTEX и Inmarsat-C (в зависимости от района работы судна) [1].

Для увеличения энергетической эффективности конкретного судна и уменьшения затрат на рейс, СППР согласуется с главным двигателем (ГД) и авторулевым судна, а так же учитывает износ/моторесурс ГД и вспомогательных двигателей, поскольку увеличение износа приводит к увеличению потребления топлива [2].

Выводы. Совместное использование возможности выбора оптимального пути судна (с учётом внешних факторов, влияющих на рейс), а так же его манёвренных и инерционных характеристик обеспечивает более безопасные и выгодные условия эксплуатации. Эффективным средством решения вышеуказанных задач являются СППР судоводителя, широкое использование которых в условиях внедрения современных информационных технологий в судовождении позволит повысить его безопасность и экономическую эффективность.

ЛИТЕРАТУРА

1. Паламарчук И.В. Системы поддержки принятия решений судоводителя для планирования трансокеанских переходов / Паламарчук И.В., Бень А.П., Пивоваров Л.А. // Искусственный интеллект. – 2013. – №4. – С.226-272.
2. Паламарчук И.В. Использование интеллектуальной системы планирования океанских переходов для снижения затрат топлива / Паламарчук И.В., Бень А.П. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії . – 2013. – №2 (9). – С.4-8.

ДО ПИТАННЯ АНАЛІЗУ ЗМІНИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Понкратов Д.П.

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

Вступ. Міський пасажирський транспорт відіграє важливу роль у забезпеченні життєдіяльності населення. Організація маршрутних перевезень має бути спрямована, з одного боку, на зменшення витрат часу пасажирів та підвищення комфортабельності перевезень, з іншого – на ефективне використання транспортних засобів.

Актуальність досліджень. Найважливішим показником ефективності використання транспортних засобів є їх продуктивність. Цей показник характеризує обсяг перевезень або величину виконаної транспортної роботи за визначений період часу. Автотранспортні підприємства зацікавлені у збільшенні продуктивності транспортних засобів оскільки від її величини залежать доходи та витрати на здійснення перевізного процесу.

Постановка задачі. Існуючі методи аналізу зміни продуктивності передбачають розгляд її як функції від техніко-експлуатаційних показників перевізного процесу [1–3]. При цьому, для визначення продуктивності у пасажирях перевезених за годину використовують залежність наступного вигляду [1]:

$$P_Q = \frac{q_n \gamma_c \eta \beta V_m}{l_m + \beta V_m (t_3 n_3 + t_k)}, \quad (1)$$

де q_n – номінальна пасажиромісткість транспортного засобу, пас.; γ_c – статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості; η – коефіцієнт змінюваності; β – коефіцієнт використання пробігу; V_m – технічна швидкість, км/год; l_m – довжина маршруту, км; t_3 – час простою транспортних засобів на проміжних зупинках маршруту, год; n_3 – кількість проміжних зупинок на маршруті, од.; t_k – час простою на кінцевих зупинках маршруту.

Для встановлення продуктивності транспортного засобу, що виражається у транспортній роботі в одиницю часу користуються залежністю [1]:

$$P_W = \frac{q_n \gamma_d \beta V_m l_m}{l_m + \beta V_m (t_3 n_3 + t_k)}, \quad (2)$$

де γ_d – динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості.

Для аналізу впливу різних факторів на продуктивність транспортних засобів окремо виділяють ті фактори, що можуть бути змінні (керовані змінні) організатором перевезень та ті фактори, що за певними причинами змінювати не можливо (некеровані змінні).

До керованих змінних можна віднести пасажиромісткість та кількість транспортних засобів, довжину маршруту. Також можлива зміна технічної швидкості транспортних засобів за рахунок використання транспортних засобів з кращими динамічними якостями, призначення експресного режиму руху, надання пріоритету у русі маршрутним транспортним засобам, розміщення зупинних пунктів та збільшення середньої довжини перегону, удосконалення організації та регулювання дорожнього руху по трасі маршруту.

Аналіз впливу факторів на величину продуктивності проводять шляхом варіювання одного з факторів при сталих значеннях інших. Однак, у залежностях (1) та (2) не враховано взаємозв'язок між факторами, що визначають продуктивність. За таких умов зміна одного з факторів викликає певної зміни інших. Так, наприклад, зміна

пасажиромісткості транспортних засобів позначається на коефіцієнті використання пасажиромісткості; збільшення довжини маршруту викликає зміну коефіцієнтів використання пасажиромісткості, коефіцієнту змінюваності, кількості проміжних зупинних пунктів та часу простою на них. Крім цього в зазначених залежностях не враховано низки параметрів, що визначають попит на користування послугами маршрутів міського пасажирського транспорту: величина тарифу, регулярність руху транспортних засобів; наявність відмов пасажирів в посадці; зниження комфортабельності поїздки зі зростанням заповнення салону транспортного засобу та деякі інші.

Використання існуючих методів аналізу дає змогу встановити загальну тенденцію зміни продуктивності залежно від величини техніко-експлуатаційних показників перевізного процесу, проте не забезпечує достатньої точності результатів розрахунку для вирішення практичних завдань.

Результати досліджень. Альтернативою до існуючого методу аналізу продуктивності є моделювання формування пасажиропотоків у маршрутній системі, що передбачає розгляд міжрайонної кореспонденції пасажирів та її реалізацію на мережі.

Обсяг перевезень на маршруті можна розглядати як величину кореспонденції, що реалізується на маршруті за певний проміжок часу, а обсяг транспортної роботи, крім вказаного, враховує й відстань реалізації кореспонденцій. Виходячи з цього, обсяг перевезень та величину транспортної роботи можна представити наступним чином:

$$P_Q^z = \frac{\sum_{p=1}^{n_m^z} \sum_{q=p+1}^{n_m^z} h_{pq}^z}{\tau}, \quad (3)$$

$$P_W^z = \frac{\sum_{p=1}^{n_m^z} \sum_{q=p+1}^{n_m^z} h_{pq}^z l_{pq}^z}{\tau}, \quad (4)$$

де h_{pq}^z – величина маршрутної кореспонденції між зупинними пунктами p та q , пас.; l_{pq}^z – відстань між зупинками p та q маршруту z , км; n_m^z – кількість зупинних пунктів на маршруті z , од.; τ – розрахунковий період, год.

Маршрутні кореспонденції формуються як результат вибору пасажиром шляху пересування. Уся сукупність кореспонденцій, що використовує даний маршрут формує пасажиропотоки на ньому. Величину маршрутної кореспонденції визначаємо за таким виразом:

$$h_{pq}^z = \sum_{i=1}^{n_m} \sum_{j=1}^{n_m} \sum_{k=1}^{n_n} h_{ij}^k, \quad z \in k, \quad pq \in z, \quad (5)$$

де h_{ij}^k – величина кореспонденції, що реалізується за шляхом пересування k між транспортними районами i відправлення та j призначення, пас.; n_n – кількість варіантів шляху пересування між транспортними районами i відправлення та j призначення, од.; n_m – кількість транспортних районів у мережі, од.

Величина кореспонденції, що реалізується за шляхом пересування k між транспортними районами i відправлення та j призначення, визначається таким чином:

$$h_{ij}^k = H_{ij} P_{ij}^k, \quad (6)$$

де H_{ij} – величина кореспонденції між транспортними районами відправлення i та призначення j , пас. P_{ij}^k – частка кореспонденції, що реалізується k -им шляхом пересування між транспортними районами відправлення i та призначення j .

При наявності матриці міжзупинних кореспонденцій, величину пасажиропотоку на перегонах маршруту можна визначити виходячи із залежності:

$$F_{p,q}^z = F_{(p-1),(q-1)}^z - \sum_{p=1}^{p-1} h_{p,(q-1)}^z + \sum_{q=p+1}^{n_m^z} h_{pq}^z, \quad (7)$$

де F_{p-q}^z – величина пасажиропотоку на перегоні $p - q$ маршруту z , пас./год.

Зміна параметрів перевезень на одному з маршрутів, що входять до маршрутної мережі, позначається на перерозподілі кореспонденцій внаслідок чого обсяги перевезень та транспортної роботи змінюються. Таким чином обсяг перевезень та виконаної транспортної роботи залежить не тільки від параметрів перевізного процесу на маршруті, що розглядається, але й на маршрутах-конкурентах. Для маршрутних мереж з високим значенням коефіцієнту пересадності спостерігається залежність між маршрутами, що на перший погляд не є пов'язаними один з одним. Таким чином не можна обмежитися розглядом маршруту як ізольованого, потрібно розглядати маршрутну систему в цілому.

Висновки. Запропоновано підхід до аналізу зміни продуктивності транспортних засобів на маршрутах міського пасажирського транспорту, що спирається на моделювання процесу формування пасажиропотоків у маршрутній системі та дає змогу врахувати взаємозв'язок між факторами, які визначають її рівень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Доля В. К. Пасажирські перевезення: підручник / В. К. Доля. – Х.: Форт, 2010. – 504 с.
2. Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки: учебник для вузов / В. А. Гудков, Л. Б. Миротин, А. В. Вельможин, С. А. Ширяев; под ред. В. А. Гудкова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 448 с.
3. Пассажи́рские автомоби́льные перево́зки / Л. Л. Афанасьев, А. И. Воркут, А. Б. Дьяков, Л. Б. Миротин, Н. Б. Островский – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА УРГЕНТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА

Прокопчук Ю.А.

Институт технической механики НАНУ и ГКАУ (Украина, г. Днепропетровск),

Белецкий А.С.

Украинский государственный химико-технологический университет

(Украина, г. Днепропетровск)

Целью исследования является создание технологической платформы ургентных вычислений – Urgent Computing [1] (ТПУВ) в рамках слабоформализованных (творческих) задач управления и принятия решений в условиях острого дефицита ресурсов. Основой платформы является концептуальная математическая модель единого информационно-управляющего поля проблемной области. ТПУВ строится в рамках когнитивного подхода и является модельным аналогом интуитивного мышления, обеспечивающего «мгновенные решения» [1, 2, 3, 4]. Назначение ТПУВ – обеспечение мультиверсионности (диверсификации путей поиска решений) и функциональной устойчивости в условиях острого дефицита ресурсов, прежде всего, временного (Urgent Computing: Computations for Decision Support in Critical Situations [1]). Примеры критических ситуаций: нештатные ситуации на транспорте и производстве, ургентная медицина и т.д. В качестве методологической основы построения ТПУВ предлагается использовать парадигму предельных обобщений (ППО) [3, 4, 5].

Малкольм Гладуэлл (Malcolm Gladwell) описывает главный предмет своей книги «Blink: The Power of Thinking Without Thinking» [2] как «тонкий срез»: нашу способность определять, что действительно важно, даже если мы обладаем минимальным опытом. Причем иногда тонкие срезы дают более точный ответ, чем целенаправленные и длительные размышления. Способность делать тонкие срезы – это основа человеческого существования. Именно тонкие срезы делают бессознательное таким загадочным, и это самое трудное для понимания в процессе быстрого познания. ППО позволяет выделить критические наброски явлений действительности и предельные синдромы, которые максимально экономят вычислительные ресурсы и предельно сокращают время вычислений, фактически обеспечивая рефлекторную реакцию [3, 4]. В этой же книге Гладуэлл определяет адаптивное бессознательное как мыслительный процесс, который срабатывает автоматически, когда в нашем распоряжении сравнительно мало нужной информации для принятия решения. Животные и люди сумели выжить как вид единственно благодаря тому, что обладают другим типом принятия решений, способным произвести очень быстрый анализ на основе незначительной информации (образное, а не символическое мышление). Мгновенные решения принимаются быстро, потому что они экономичны, рефлекторны, одношаговы [2, 3]. Механизм таких решений раскрывает ППО.

Другими словами, в информационно-сложных задачах спонтанные решения часто являются более правильными, чем тщательно спланированные и обдуманые. Такая система управления, разумеется, сопряжена с некоторым риском. Иногда слишком много информации может помешать вынесению точного суждения - это явление часто называют «аналитическим параличом». Попытки собрать все больше и больше информации обычно не помогают, а только все еще больше усложняют, к тому же требуют много времени. Поэтому очень важно отсеивать все лишнее и фокусироваться только на самой важной информации для принятия решения. Способность принимать интуитивные решения развивается с помощью накопления жизненного опыта, тренировок и знаний. ППО раскрывает механизм формирования жизненного опыта (концепции «стрела познания», «спираль познания», «спиральная когнитивная метадинамика» [4]). Процесс управления на основе предельных синдромов (параметров порядка) и предвестников описывается в рамках синдромного принципа управления [4].

Сознательное управление дает четкость и понимание цели, но при этом невозможно контролировать большое количество информации и трудно пользоваться ассоциативно приходящей информацией (она просто не приходит). Здесь вылезает стандартная проблема сознания – ограниченность восприятия. Описывая объект, вы блокируете свою способность узнать его по прошествии времени [2]. Сверхспонтанность становится средством выхода за пределы традиционных смыслов [2, 3]. Традиционный способ борьбы с неопределенностью – это унификация и подавление разнообразия. В когнитивных технологиях реализуется прямо противоположный подход [4].

Спонтанность – это поток выбросов из бессознательного мыслей, поток идей, поток догадок, поток озарений и парадоксальных решений. Поток описывается концепцией «континуум задач» [4]. При этом спонтанность обязательно проявляет себя в союзе с интуицией, а интуиция, в свою очередь, нуждается в спонтанности [2]. ТПУВ необходимо предполагает исследование и построение структуры спонтанности [3, 4]. За построение структуры спонтанности и «континуум задач» в рамках ППО отвечает искусственный «Коннектом» [5].

Примеры платформ-прообразов. Важной компонентой платформ urgentных вычислений считается подсистема смыслопорождения (sensemaking). Sensemaking определяется как процесс создания осведомленности в ситуациях неопределенности. Примеры систем: IBM’s Sensemaking System, The Sensemaking platform, Smart Sensemaking Systems. Конечный результат национальной технологической инициативы России NeuroNet сформулирован следующим образом: «Основанная на знаниях о мозге технологическая среда, расширяющая возможности человека». Исследователи из Массачусетского технологического института поставили перед собой цель исключить человеческий фактор из анализа больших данных, разработав систему, которая не только ищет закономерности, но также самостоятельно определяет набор параметров для такого поиска (Data Science Machine Eliminates Human Intuition For Big-data Analysis) [6]. Data Science Machine рассматривается создателями как естественное дополнение к человеческому интеллекту.

Механизм формирования предельных синдромов (внутренних кодов). Пусть $V(\{a/A\}, \underline{z}/Z)$ и $V'(\{b/B\}, \underline{z}/Z)$ – две закономерности в рамках контекста $K = \langle \Omega, \{G(\tau)\} \rangle$, где Ω – банк прецедентов, $\{G(\tau)\}$ – банк тестов. Элементарной операцией обобщения Φ^1 назовем переход $V \rightarrow V'$, в котором обобщается значение лишь одного из тестов закономерности V по схеме $A \rightarrow A'$ (родитель – потомок). Верхний индекс означает тип операции (1 – операция обобщения). Элементарной операцией редукции Φ^2 назовем переход $V \rightarrow V'$, при котором исключается один из тестов закономерности V . При данной операции также происходит диссипация информации. Общее количество различных операций типа Φ^2 совпадает с $|\{\tau\}|$. Операции $\{\Phi^v\}$ представляют собой элементарные акты познания. Как правило, они реализуются во внутреннем плане.

Когнитивный аналог оператора Хатчинсона на множестве операций $\{\Phi^v\}$ определим следующим образом [3]:

$$W(\{V\}) = \{W(V) | V \in \{V\}\}, \quad W(V) = (\{V' | V \rightarrow_{\Phi^v} V', \Phi^v \in \{\Phi^v\}\}, \text{if } |\{V'\}| \neq \emptyset) \vee (V, \text{if } |\{V'\}| = \emptyset),$$

где операция ‘ \vee ’ означает «исключающее или» (если ни одну операцию обобщения применить к V не удалось, то результатом W является сама закономерность V). Ясно, что $\forall \{S^*\} W(\{S^*\}) = \{S^*\}$, где S^* – предельные синдромы. Пусть $H(\{V\}_{Full})$ – множество непустых подмножеств $\{V\}_{Full}$, тогда когнитивный аналог оператора Хатчинсона W описывает детерминированную дискретную динамическую систему с пространством состояний $H(\{V\}_{Full})$ и преобразованием W . Если W^n – композиция порядка n оператора W , то последовательность множеств, полученную в результате итерирования $\{V\}$, т.е. $\{\{V\}, W(\{V\}), W^2(\{V\}), \dots, W^n(\{V\}), \dots\}$ назовем смысловой орбитой $\{V\}$.

Объединение множеств $W^n(\{V\}_0)$ $n=0,1,2,\dots$ дает полную совокупность идеальных закономерностей: $\{V\}_{Full} = \cup_{n=0,1,2,\dots} W^n(\{V\}_0)$, $\{V\}_0 = \{\{\underline{z}/T_0\}_\alpha \rightarrow (\underline{z}/Z)_\alpha | \alpha \in \Omega(\{\tau/T_0\}, Z)\}$.

Пределом смысловой орбиты является полное множество всех предельных синдромов, а именно: $\lim_{n \rightarrow \infty} W^n(\{V\}_0) = \{S^*\}_{Full}$.

Первый этап процесса генерации информации можно представить схемой категоризации («стрела познания», конденсация смысла)

$$\{V\}_0 \rightarrow W(\{V\}_0) \rightarrow W^2(\{V\}_0) \rightarrow \dots \rightarrow \{S^*\}_{Full}, \quad E_Z \geq 0,$$

где E_Z – энергия (параметр порядка). «Стрела познания» реализует ключевое умение выделять только существенную информацию, невзирая на объем базы прецедентов.

Считается, что именно в фильтрации существенного лежит ключ к пониманию принципов, по которым будет работать Ambient Intelligence.

Пусть $z1$ – желаемый (благоприятный, целевой) режим функционирования системы, тогда подмножество $\{S^*\}_{z1} \subset \{S^*\}_{Full}$ представляет собой полный набор стратегий управления. Остается выбрать одну или несколько стратегий для практической реализации. Предел $\{S^*\}_{Full}$ можно отнести к личному открытию в рамках Z-задачи, напряжение E_Z (сила мотивации) выступает в качестве параметра порядка самоорганизации, а каждое множество $W^k(\{V\}_0)$ выступает в качестве макросостояния (фазы). С ростом k увеличивается уровень категоризации и, соответственно, степень переноса знаний на новые прецеденты (с ростом k все больше развивается абстрактное мышление). Следовательно, процесс самоорганизации целенаправленных систем – это и есть творчество (творчество – это процесс получения информации, имеющей на данном отрезке времени максимальную ценность для системы, в которой информация создаётся). Объединяя оба этапа когнитивной эволюции, «стрелу познания» можно теперь уточнить следующим образом [4]:

$$\underline{\underline{\{V\}_0 \rightarrow W(\{V\}_0) \rightarrow \dots \rightarrow \{S^*\}_{Full} \rightarrow \{\{S^*\}_{Min}\}_{Full}, \quad E_Z \geq 0.}}$$

где $\{\{S^*\}_{Min}\}_{Full}$ – базис предельных моделей знаний (ПМЗ). Подвижная диамическая структура базисов ПМЗ, формируемая вероятностным участием в них отдельных элементов, обуславливает большую гибкость и легкость перестроек межэлементных связей; эти перестройки объясняют спонтанность и высокую пластичность, характерную для «нервных» механизмов высших отделов «мозга».

Финальные базисы ПМЗ являются инвариантами высокого порядка в структуре задачи. Замена одной ПМЗ на другую ведет к полной перестройке включенной в решение задачи функциональной системы. Применение когнитивных тренажеров или рефлексивных сред позволяет пользователю значительно облегчить и ускорить процесс категоризации, а также существенно повысить интересубъективную надежность возникающих структур.

Смысл – это, прежде всего, контекстное различие (т.е. решение Z-задач). Осмысленность – это представление сцены, ситуации во внутренних кодах. Внутренние коды формирует «стрела познания». Таким образом, понимание и осмысление ситуации возникает тогда, когда система находит опору в имеющихся знаниях и представлениях, которые важно постоянно актуализировать в процессе обучения.

Подчеркнем, что «стрела познания» реализует до-логическую, до-языковую, преимущественно бессознательную форму мышления. Важную роль в эволюции играют, в частности четыре фундаментальных природных процесса: диссипация (энергии, информации), субъективная самоорганизованная критичность (self-organized criticality), субъективная самоорганизованная нестабильность (self-organized instability) и конкурентная критичность (competition-induced criticality). Отметим, что обычная самоорганизованная критичность не дает усложнения (классический пример – куча песка). Диссипация и критичность обуславливают переход от конкретного к абстрактному мышлению: конкретность – это начало «стрелы познания» (конкретные образы, события и факты), а абстрактность – это финальные структуры (конкурирующие предпараметры и параметры порядка ситуаций, явлений). Возникший на финише системный объект имеет гештальтную природу и как таковой не может быть осознанным содержанием

символических и речевых коммуникаций. Таким образом, творческие способности человека оказываются сродни творческой силе природы.

На рис. 1 показана сжимающаяся спираль формирования «внутренних кодов» и собственных форм (эволюционный предел ПМЗ) в рамках любой Z-задачи. Рисунок отражает важный системогенетический закон - концепцию сходящейся (прогрессивной) спирали развития, завершая, таким образом, процесс конденсации смысла. По горизонтальной оси показана эволюция при фиксированном контексте К («стрела познания»), по вертикальной оси происходит эволюция самого контекста К. Спираль состоит из циклов дифференциации-интеграции знания и является базовым механизмом смыслопорождения.

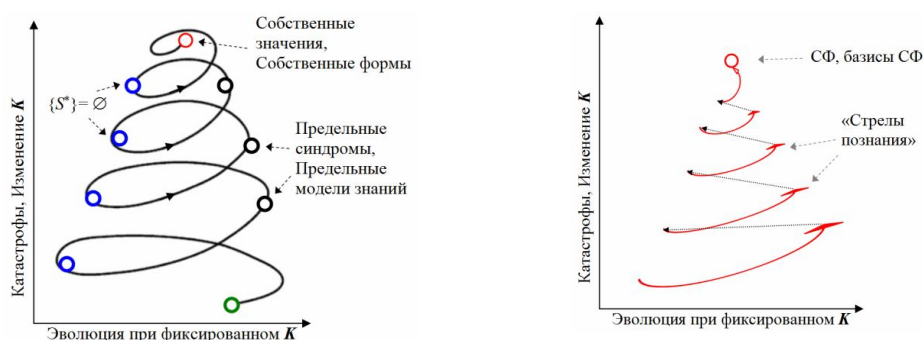


Рисунок 1 – Прогрессивные «спирали познания»

Финал эволюции знаний в рамках спирали переводит предельные модели знаний в категорию «собственные формы» (СФ), а предельные синдромы в инвариантные «внутренние коды» картины мира. Если на каком-то этапе спирали информационное напряжение иссякает, то эволюция останавливается, и внутренние коды не формируются.

Простейшая «спираль познания» (кусочно-спиральная модель) – ключевое звено в реализации фундаментального природного принципа минимальности и формирования личного опыта. Воспроизводство, самосборка критических структур когнитивной сферы (подсистемы смыслопорождения ТПУВ)– основной процесс, задающий целостность деятельности.

Заключение. Когерентное распространение активности в К-сфере и срабатывание предельных синдромов можно интерпретировать как элемент адаптивного бессознательного (элемент интуитивного мышления). Множество предельных синдромов $\{S^*\}_{Full}$ может служить моделью «тонкого среза» в рамках конкретной Z-задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. ICCS 2015 - Workshop: Urgent Computing: Computations for Decision Support in Critical Situations. <http://iccs-2015.escience.ifmo.ru/>
2. Гладуэлл М. Сила мгновенных решений. Интуиция как навык / М. Гладуэлл. – М. : Альпина Паблицер,, 2015. – 352 с.
3. Прокопчук Ю.А. Парадигма предельных обобщений: модели когнитивных архитектур и процессов. - Saarbrucken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 204 с.
4. Системный анализ и управление сложными системами в условиях неопределенности / А.П. Алпатов, В.Т. Марченко, Ю.А. Прокопчук, А.П. Сарычев, С.В. Хорошилов. - Днепрпетровск : ИТМ НАН и ГКА Украины, 2015. – 196 с.
5. Прокопчук Ю.А. Модель «коннектома» интеллектуальной системы // Міжвузівський збірник наукових праць «Проблеми інформаційних технологій». – 2015. – №01 (017). – С. 15–21.
6. Deep Feature Synthesis: Towards Automating Data Science Endeavors to appear in International IEEE/ACM Data Science and Advance Analytics Conference, 2015

МЕТОД ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ ЗІТКНЕННЯ СУДЕН В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ

Радін В.К., Пивоваров Ю.В.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Стрімкий розвиток інформаційних технологій зумовлює широке застосування електронних навігаційних систем в сучасному судноплавстві. Впровадження інтелектуальних систем морської і річкової навігації, які, з'єднуючись з береговими системами, утворюють єдиний інформаційний простір е-Навігації, відкриває радикально нові можливості.

Актуальність. Важливою складовою сучасних інформаційних навігаційних систем в судноводінні стають системи підтримки прийняття рішень (СППР) судноводія, що забезпечують наочність подання навігаційної інформації та оперативність прийняття рішень з управління судном. Створення таких СППР вимагає розробки методів оцінки рівня небезпечності навігаційної ситуації, що склалася.

Постановка задачі та результати досліджень. Існує два способи оцінки небезпеки зіткнення:

- по характеру зміни полярних координат сигналів, які спостерігаються на екрані;
- по величині значень відстані, які обчислюються, і часу найкоротшого зближення $D_{кр}$ і $t_{кр}$.

Оцінку небезпеки зіткнення по полярних координатах, які спостерігаються, судноводій може зробити окомірно, шляхом оцінки характеру зміни пеленга та відстані. Таку оцінку можна виконати тільки при безперервному веденні спостереження за обстановкою на екрані відповідно до вимог правила 5 МППЗС-72, шляхом використання механічного пеленгатора й РЛС або електронного візира. Небезпечним буде судно, пеленг якого не змінюється або змінюється незначно.

Оцінка небезпеки зіткнення по параметрам, що розраховуються, заснована на розрахунку значень $D_{кр}$ та $t_{кр}$ по двом відлікам полярних координат через інтервал часу Δt і порівнянні отриманих значень із припустимими $D_{зад}$ і $t_{зад}$, які призначає судноводій. Небезпечним вважається судно якщо $D_{кр} < D_{зад}$, (небезпечно по лінійному фактору) і $t_{кр} < t_{зад}$ (небезпечно по часовому фактору). Якщо судно безпечно по лінійному фактору і безпечно по часовому, то це означає, що воно перебуває на значній відстані і у судноводія є достатньо часу для набору інформації про рух зустрічного судна, її обробки, ухвалення рішення на вибір маневру і його виконання. Якщо воно небезпечно по часовому фактору, то це означає, що розходження необхідно виконувати без рішення завдання, а на підставі особистого досвіду, знань про закономірності маневру останнього моменту. При цьому проявляються суб'єктивні якості судноводія, які називають впливом «людського фактора».

Для оцінки ступеня лінійної небезпеки судноводій повинен визначити величину припустимого значення найкоротшого зближення $D_{зад}$. Величина $D_{зад}$ залежить від навігаційних умов плавання й визначається [1]:

- погрішністю виміру пеленгів і відстаней;
- погрішністю в розрахунку значення $D_{кр}$ і навігаційними умовами;
- характером зміни параметрів руху зустрічних суден;
- маневреними характеристиками й розмірами свого судна.

У практиці судноводіння величину $D_{зад}$ капітан призначає на підставі особистого досвіду.

Таким чином всі судна, відстань найкоротшого зближення з якими менше припустимого ($D_{кр} < D_{зад}$), небезпечні за лінійним критерієм. При добрій видимості розходження виконується на меншій відстані.

При розгляді судна у вигляді точки, судна розійдуться на відстані $D_{кр}$. У разі подання у вигляді кола діаметра L_{max} суда розійдуться на відстані:

$$D'_{кр} = D_{кр} - (L_{max1} / 2) - (L_{max2} / 2) \quad (1)$$

По вказаній причини при призначенні $D_{зад}$ в стиснених водах необхідно враховувати бокове зміщення R_0 і радіальну середньоквадратичну похибку оцінки місця судна M_0 . Тоді величина допустимого найкоротшого зближення повинна бути більше значення суми зазначених величин:

$$D_{зад} \geq D_{кр} + M_0 + R_0 + (L_{max1} / 2) + (L_{max2} / 2) \quad (2)$$

Також є можливість використання пеленга у якості критерію оцінки небезпеки зіткнення. По характеру зміни відносних полярних координат (пеленга ΔP і дистанції ΔD), які характеризують ступінь небезпеки зближення, можна визначити 9 комбінацій [2] (табл. 1).

Таблиця 1 – Класифікація відміток по характеру зміни відносних полярних координат

| № | Зміна пеленгу | Зміна відстані | Коротка характеристика цілі |
|---|---|------------------------------|--|
| 1 | більше нуля більше нуля більше нуля нуля менше нуля менше нуля | більше нуля дорівнює нулю | безпечна, віддаляється безпечна, маневрує |
| 2 | більше нуля | дорівнює нулю | безпечна, маневрує |
| 3 | більше нуля | менше нуля | безпечна, проходить по кормі |
| 4 | менше нуля | більше нуля | безпечна, віддаляється |
| 5 | менше нуля | дорівнює нулю | безпечна, маневрує |
| 6 | менше нуля | менше нуля | безпечна, проходить по кормі |
| 7 | дорівнює нулю | більше нуля | безпечна, віддаляється |
| 8 | дорівнює нулю | дорівнює нулю | безпечна, сателіт |
| 9 | дорівнює нулю | менше нуля | небезпечна ціль |

Таким чином, з 9 типів цілей, тільки ціль під номером 9 є небезпечною. З урахуванням точності визначення пеленгів і відстаней, а також геометричних розмірів суден, цілі під номером 3 та 6 також є небезпечними, коли величина зміни пеленга перебуває в межах $\Delta P < |3M_p|$, де M_p – середня квадратична погрішність визначення пеленга.

Висновки. Застосування пропонованого підходу до оцінки рівня небезпеки навігаційної ситуації в СППР судноводія дозволяє спростити процес класифікації суден за рівнем небезпечності та підвищити точність такої класифікації за рахунок обліку зон безпеки кожного судна.

ЛІТЕРАТУРА

1. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении / А.С. Мальцев, Е.Е. Тюпиков, И.И. Ворохобин. – Одесса : ТЭС, 2013. – 304 с.
2. Мальцев А.С. Методологические основы маневрирования судов при сближении / А.С. Мальцев, В.В. Голиков, И.В. Сафин, В.В. Мамонтов // Одесса : ИздатИнформ, 2013. – 221 с.

КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ПОГРУЗКИ СУДОВ ТИПА HEAVYLIFT

Соловей О.С.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Согласно проведенному анализу данных наиболее крупных судоходных компаний – мировых лидеров на рынке морских перевозок тяжелых негабаритных грузов (JamboShipping, BigLiftShipping, Spliethoff, HansaHeavyLift, BBC Chartering, Intermarine, SAL, Harren&Partner), основной сегмент их флота составляют суда-тяжеловозы дедвейтом до 20 000 т, оборудованные двумя тяжелыми судовыми кранами SWL от 120 т до 450 т. На долю этих судов приходится около 70% перевозимых тяжелых негабаритных грузов. Решению проблемы обеспечения безопасности грузовых операций на судах типа HeavyLift посвящено большое количество теоретических и практических разработок [1,2,3]. Из анализа указанных работ следует, что повышение безопасности грузовых операций на судах типа HeavyLift может быть обеспечено только в случае наличия специализированных программных средств управления погрузкой/выгрузкой судна.

Актуальность. Общим недостатком существующих программных средств является то, что они решают только прямую задачу: по заданной загрузке производится оценка параметров мореходности судна, хотя имеющиеся теоретические разработки и современные компьютерные технологии позволяют осуществить разработку программ, способных при заданных допустимых параметрах посадки, остойчивости и общей продольной прочности, а также по предъявленному к перевозке грузу находить оптимальный (или приемлемый) вариант загрузки. Кроме того, существующие программные средства, как правило, привязаны к конкретному судну. В связи с этим представляется необходимым ориентироваться на определенные классы судов, сформированные по нескольким параметрам (дедвейт, количество и грузоподъемность судовых кранов).

Основной материал. Многообразие решаемых судоводителем задач при реализации технологического процесса погрузки тяжелого негабаритного груза, протекающее в общем случае в условиях неопределенности, обуславливает необходимость создания специализированных систем поддержки принятия решений (СППР), позволяющих существенно повысить качество управления процессом погрузки.

При выполнении грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами судоводителю приходится сталкиваться с проблемой постоянного контроля нескольких параметров, влияющих на остойчивость судна, а как следствие - на безопасность проведения грузовых операций. Все эти параметры можно разделить условно на две группы: статические параметры и динамические параметры [4].

К статическим параметрам можно отнести:

- масса груза;
- расположение центра тяжести груза;

Группу динамических параметров составляют:

- поперечная метацентрическая высота GM (расчет этого параметра должен производиться как минимум для 3х этапов погрузки/выгрузки – GM начальная, GM при отрыве груза, GM при пересечении линии борта судна, GM при касании грузом палубы);
- угол крена (учет этого параметра должен производиться на всем протяжении грузовой операции, и не должен превышать, 3^0-5^0);
- угол вылета стрелы, L – длина стрелы, RG – расстояние между центром тяжести судна и точкой крепления стрелы.
- масса (объем) балласта, необходимого для компенсирования массы груза при погрузке/выгрузке;
- нагрузка на гак грузовой стрелы судового крана (HookLoad);

- подъемный угол (Hoistingangle) – угол отстояния линии подъемного троса от вертикали, значение этого параметра должно быть максимально сведено к нулю);
- вылет стрелы судового крана (Outreach) – от величины этого параметра зависит безопасная рабочая нагрузка на стрелу крана (SWL), а соответственно и лимит нагрузки на гак стрелы.

Поскольку процесс управления погрузкой тяжелого негабаритного груза на специализированное судно осуществляется в режиме реального времени, крайне важным является оперативность принятия управленческих решений в процессе погрузки.

Решение этой задачи может быть обеспечено путем использования системы поддержки принятия решения (СППР) по управлению динамическими параметрами, контролируемые при погрузке тяжелых и негабаритных грузов. Данная СППР содержит базу правил по принятию решений управления процессом погрузки. СППР рекомендует лицу, принимающему решения (судоводитель), внесение изменений в процесс погрузки / выгрузки, гарантирующих безопасное проведение грузовых операций. Например: при росте нагрузки на гак стрелы судового крана увеличивается крен судна на борт, с которого поднимается груз, а поперечная метацентрическая высота (GM) уменьшается. Максимальное изменение (уменьшение) GM будет в момент отрыва груза от причала. При одновременном росте крена судна в этот момент возрастает риск опрокидывания судна, и для того, чтобы его снизить, надо переместить необходимое количество балласта на противоположный борт судна.

СППР использует базу знаний по процедурам погрузки/выгрузки, уже отработанным на реальных примерах в практике морского судоходства, и использующих методы многокритериальной оптимизации для решения задач выбора наилучших управляющих воздействий для процесса погрузки/выгрузки конкретного судна.

Выводы. Использование предложенного подхода при проведении грузовых операций с тяжелыми и негабаритными грузами на специализированных судах, оборудованных собственными кранами, позволит снизить уровень риска, повысить безопасность этих операций, снизить экономические затраты за счет сокращения времени грузовых операций и уменьшить влияние так называемого «человеческого фактора» на процесс их выполнения.

ЛІТЕРАТУРА

1. User Manual for the loading computer COLOS (Computer-Loading-System)
2. Loading Computer System seacos MACS3 Version NET 1.1 Crane Operation Module Manual / INTERSCHALT maritime systems AG – Wilhelmstrasse 7-9 – 24937 Flensburg
3. LOCOPIAS LOADING COMPUTER SOFTWARE MANUAL / SARC BV Eikenlaan 3, 1406 PK Bussum, The Netherlands
4. BBC Guideline. Safe solutions for project cargo operations. – Leer: BBC Chartering and Logistic GmbH&Co.KG, 2009. — 76 p.

ИННОВАЦИОННЫЙ КОНЦЕПТ НЕЛИНЕЙНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МОРЕХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА ПРИМОРСКИХ РЕГИОНОВ

Степанова Е.В.

Международный гуманитарный университет
(Украина, г. Одесса)

Использование природно-ресурсного и пространственного потенциала морской среды в экономике приморских территорий и регионов всегда являлось постоянно действующим фактором в развитии экономики государства и обеспечении его безопасности [1]. Этот императив приобретает особое значение для регионов Украинского Причерноморья и Украины в целом в современных условиях многообразных кризисных явлений, управляемых и неуправляемых транс формаций национальной экономики.

Современный этап развития Украины как в территориально-региональном, так и в отраслевом измерении характеризуется неустойчивостью, нелинейностью и выбросами происходящих социально-экономических процессов. указанная ситуация предполагает необходимость:

- разработки новых социально и экологически ориентированных стратегий решения усложняющихся социально-экономических проблем приморских регионов;
- формирование новой морской политики, ориентированной на восстановление и устойчивое развитие морехозяйственного комплекса как одного из основных (наряду с агропромышленным комплексом) экономических факторов поступательного устойчивого развития Украинского Причерноморья и обеспечения национальной безопасности Украины.

Реализация указанных выше стратегических устремлений возможна при условии обеспечения устойчивой социально-политической стабильности в регионе и максимизации использования возможностей современного научно-технического прогресса, т.е. всеобъемлющего использования инновационного фактора в развитии отраслей морского хозяйства приморского региона [2].

В указанном концепте актуализируем внимание на некоторые важные концептуальные положения методологического характера, связанные с формированием инновационного базиса развития морехозяйственного комплекса приморских регионов и необходимостью выработки нестандартных решений [3]. Они сводятся к следующему.

Инновационное развитие морехозяйственного комплекса в широком теоретико-методологическом понимании можно представлять как категорию комплексных исследований проблем устойчивого развития, которая включает в себя определенные множества формируемую по принципу необходимости и достаточности) нынешних состоянии. К числу таких наиболее значимых понятий, совокупность которых определяет категориальный базис теории развития морехозяйственного комплекса (МХК), можно отнести следующие:

- устойчивое развитие МХК – рассматривается в современном классическом представлении как «непрерывно поддерживаемое развитие» (sustainable development);
- неустойчивое развитие МХК – рассматривается как нестационарные случайные процессы в развитии МХК, свойства которых изменяются с течением времени;
- инновационный потенциал МХК – совокупность инновационных ресурсов (научно-исследовательские и проектные организации, учебные заведения морского профиля, трудовые, финансовые и иные ресурсы), которые могут быть задействованы для реализации пилотных процессов обновления отраслей МХК – морского транспорта, судостроения предприятий рыбного хозяйства и др.

Базовые инновации МХК – основанные на передовых научных разработках и крупных изобретениях нововведения, лежащие в основе новых технологий и технике, которые могут быть реализованы в отраслях морского хозяйства;

– инновационные кластеры МХК – взаимосвязанные сетевые группы морской направленности, являющиеся основой для формирования нового морехозяйственного уклада и определяющие его инновационную структуру;

– направление инноваций в морехозяйственной деятельности – направления инновационной активности предприятий и организации МХК, направленных на создание новых продуктов (товаров) и услуг, увеличение возможности предприятий МХК, внедрение новой техники в производство, совершенствование организации и управления отраслей морского хозяйства и др.

В контексте обсуждаемой проблемы обновления развития МХК приморских регионов Украины считаем необходимым особо подчеркнуть следующее.

1) разработка инновационного концепта устойчивого развития морехозяйственной деятельности в Украине может быть интерпретирована как «морская инноватика», которая, в свою очередь, может рассматриваться как важное направление морской социологии и философии (мировоззрения), в рамках которого изучаются инновации в различных сферах морской деятельности (морская экономика, морская наука, морская политика и т.п.);

2) объектом исследования «морской инноватики» являются инновации морской направленности, рассматриваемые как социально ориентированный процесс перманентного обновления развития МХК;

3) предметная сфера «морской инноватики» включает в себя следующий комплекс вопросов: институциональные особенности инновационной деятельности отраслей морского хозяйства в системах управления национальным хозяйством и экономике приморских регионов; управленческие особенности инновационной деятельности (принятие инновационных решений, инновационные риски; инновационные системы различных уровней иерархической организации морской деятельности; морская национальная (государственная) политика и т.п.

Перманентные инновации в отраслях морского хозяйства приморских регионов являются императивом эффективного развития морской экономики и важным фактором обеспечения национальной безопасности государства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономика-экологическая безопасность морехозяйственной деятельности / Под ред. Б.В. Буркинського, В.Н. Степанова. – Одесса : ИПРЭЭИ НАН України, 2008. – 648 с.

2. Антикризисное управление морским природопользованием (теоретико-методологические и прикладные исследования). – Под ред. Б.В. Буркинського и В.Н. Степанова. – Одесса : ИПРЭЭИ НАН України, 2010. – 609 с.

3. Пидоричева И. Инновационная экономика – это экономика нестандартных решений / И. Пидоричева // Зеркало недели. -2000. - № 42 (7 ноября). – С. 8.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ЗА СТАЦІОНАРНИМИ ТА РУХОМИМИ ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ТА ЗОНАМИ ВЗАЄМНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ВІД НИХ

Тютюник В.В., Калугін В.Д.

Національний університет цивільного захисту України
(Україна, м. Харків)

У роботі розвиті науково-технічні основи для технічної реалізації в межах держави комплексної багатофункціональної схеми системи оперативного моніторингу за стаціонарними і рухомими потенційно небезпечними об'єктами (ПНО) та зонами взаємного ризику від них, з метою розв'язання проблеми виявлення небезпечних чинників на етапі їх зародження та впливу на них з метою недопущення виникнення надзвичайних ситуацій (НС) шляхом: моніторингу (контролю) стану стаціонарних і рухомих ПНО в умовах прояву попередніх факторів небезпеки; прогнозу виникнення НС; оцінки генерації зон взаємних небезпек; попередження та ліквідації НС, а також шляхом визначення географічного місцеположення та прогнозу переміщення рухомих ПНО. Вказані напрямки дослідження базуються на оцінці взаємозв'язків типу: стаціонарний – стаціонарний; стаціонарний – рухомий; рухомий – рухомий об'єкти. Тому, у вказаних парах ПНО необхідно провести комплексний аналіз взаємозв'язків між перспективними напрямками.

Метою роботи є реалізація використання автоматизованої комплексної системи безперервного та тривалого у реальному масштабі часу оперативного моніторингу за станом небезпеки стаціонарних і рухомих ПНО та безперервного контролю можливості виникнення територіальних зон взаємної небезпеки від них, в якій забезпечується [1]:

- постійний комплексний автоматизований моніторинг за станом небезпеки стаціонарних і рухомих ПНО;
- безперервний прогноз впливу рухомого об'єкту на рівень небезпеки стаціонарних ПНО, які знаходяться на шляху руху рухомого ПНО, а також прогноз впливу стаціонарних ПНО на рівень небезпеки рухомого об'єкту;
- прокладення найбільш небезпечного шляху для руху рухомого ПНО з урахуванням територіального розташування стаціонарних ПНО, наявності шляхів руху інших рухомих ПНО, а також кліматичного стану, наявності заторів і дорожньо-транспортних пригод та наявності НС природного та техногенного характеру в зоні руху рухомих ПНО.

Функціональну схему оцінки зон взаємної небезпеки від стаціонарних і рухомих ПНО представлено на рис. 1, де: 1 – територія, на якій розташовані стаціонарні та рухомі ПНО та функціонує система оперативного моніторингу за стаціонарними і рухомими ПНО та зонами взаємної небезпеки від них; 2 – рухомі ПНО; 3 – енергетичні зони підвищеної небезпеки, які радіально формуються навколо стаціонарних і рухомих ПНО у результаті проявлення НС, пов'язаних з пожежами, вибухами та іншими процесами швидкого вивільнення великої кількості руйнуючої енергії; 4 – радіуси енергетичних зон підвищеної небезпеки; 5 – стаціонарні ПНО; 6 – траси рухомих ПНО; 7 – зона взаємної небезпеки від стаціонарних і рухомих ПНО, яка формується у процесі геометричного накладення енергетичних зон підвищеної небезпеки.

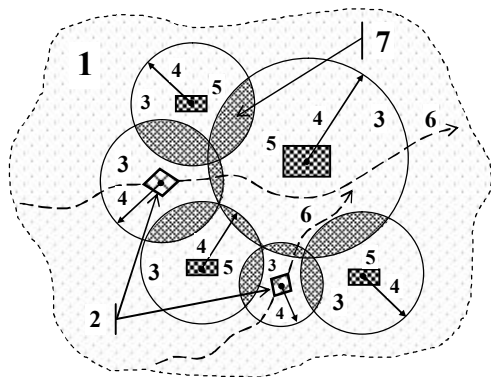


Рисунок 1 – Функціональна схема оцінки зон взаємної безпеки від стаціонарних і рухомих ПНО

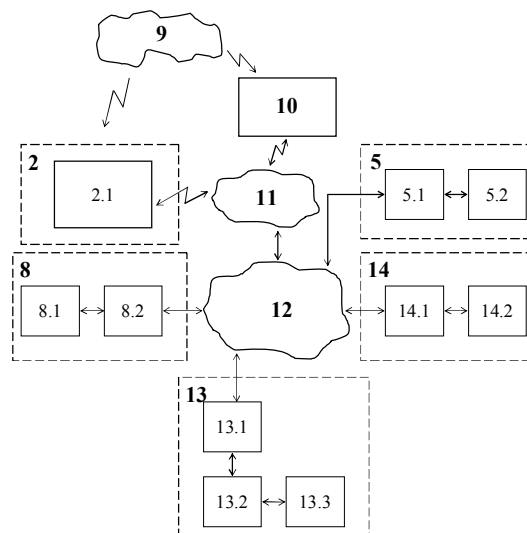


Рисунок 2 – Функціональна схема системи оперативного моніторингу за стаціонарними та рухомими ПНО та зонами взаємної безпеки від них

Функціональну схему системи оперативного моніторингу за стаціонарними і рухомими ПНО та зонами взаємної безпеки від них представлено на рис. 2, де: 2 – рухомі ПНО; 2.1 – мобільний пристрій контролю за станом безпеки та географічним місцезнаходженням рухомого ПНО; 5 – стаціонарний ПНО; 5.1 – сервер даних стаціонарного ПНО; 5.2 – термінал диспетчера стаціонарного ПНО; 8 – диспетчерський центр митного пункту контролю на в'їзді до території 1; 8.1 – термінал диспетчера митного пункту контролю на в'їзді до території 1; 8.2 – сервер даних митного пункту контролю на в'їзді до території 1; 9 – система GPS навігації; 10 – стаціонарний пристрій контролю безпеки та відеоспостереження вздовж траси руху рухомих ПНО; 11 – мережа стільникового зв'язку; 12 – Інтернет; 13 – центр моніторингу за станом взаємної безпеки від стаціонарних і рухомих ПНО; 13.1 – сервер центру моніторингу; 13.2 – автоматизована аналітична система прогнозу взаємного впливу небезпек від рухомих та стаціонарних ПНО та аналізу впливу на стан безпеки ПНО кліматичних факторів, наявності заторів і дорожньо-транспортних пригод, наявності НС природного та техногенного характеру; 13.3 – база даних про безпеки, що виникли на ПНО; 14 – диспетчерський центр митного пункту контролю на виїзді з території 1; 14.1 – сервер даних митного пункту контролю на виїзді з території 1; 14.2 – термінал диспетчера митного пункту контролю на виїзді з території 1.

Висновки. 1. У роботі розвинуто науково-технічні основи створення комплексної багатофункціональної схеми системи моніторингу за зонами взаємної безпеки від стаціонарних і рухомих ПНО, яка характеризується тим, що містить: диспетчерські центри на стаціонарних ПНО і митних пунктах контролю з серверами даних; мобільні пристрої контролю безпеки рухомих автомобільних, залізничних і водних (морських і річних) ПНО; стаціонарні пристрої контролю безпеки та відеоспостереження вздовж трас руху ПНО; автоматизовану аналітичну систему прогнозу взаємного впливу небезпек (від рухомих і стаціонарних ПНО) і аналізу впливу на стан безпеки кліматичних факторів, заторів і дорожньо-транспортних пригод, НС природного та техногенного характеру.

2. Обґрунтовано функціональне призначення компоненти мобільного пристрою контролю безпеки рухомих ПНО, а саме: мікроконтролер; блок введення інформації про специфіку вантажу; блок датчиків контролю вантажу з розташованими на рухомому засобі датчиків пожежної, радіаційної, хімічної та біологічної безпеки (з організованим телеметричним радіоканалом передачі інформації між виносними датчиками та мобільним

пристроєм контролю), а також ручний датчик екстреного сповіщення про небезпеку; блок визначення місця знаходження рухомому засобу (через систему GPS навігації); блок зберігання інформації; блок проведення переговорів; блок радіозв'язку (через мережу стільникового зв'язку).

ЛІТЕРАТУРА

1. Тютюник В.В. Розробка науково-технічних основ створення системи моніторингу за зонами взаємного ризику від стаціонарних і рухомих потенційно небезпечних об'єктів / В.В. Тютюник, О.М. Соболев, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко, В.Д. Калугін // Системи озброєння і військова техніка. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – № 3(39). – С. 150–156.

ОПТИМИЗАЦИЯ МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК

Федоров А.И.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Контейнерные перевозки – экономный и надежный способ транспортировки больших партий товаров. Контейнерные грузоперевозки являются одним из самых надежных способов транспортировки груза, позволяющим обеспечить товару высокую безопасность. Перевозка груза контейнером имеет ряд преимуществ, главное из которых – отсутствие перегрузок товара при смене транспортного средства. Благодаря этому достигается значительная экономия средств при возможности гибкого и эффективного сочетания различных видов транспорта. К преимуществам морских контейнерных перевозок можно отнести низкую, по сравнению с большинством других видов транспорта себестоимость перевозок, большую грузоподъемность морских судов, что позволяет перевозить значительные партии груза а также практически неограниченную пропускную способность морских путей.

Актуальность. Перевозка различных промышленных товаров и готовых товаров широкого потребления в стандартных контейнерах – 20-foot equivalent unit (TEU), – постепенно становится приоритетным методом доставки грузов, выбор которого обусловлен четырьмя преимуществами [1]:

- отсутствием необходимости работать с грузом напрямую, поскольку товары находятся в запломбированном контейнере;
- экономией при перевозках благодаря эффекту масштаба;
- удобством и экономией времени при сочетании с другими видами транспорта;
- скоростью и своевременностью доставки.

Вместе с тем, при планировании контейнерных перевозок часто возникают различные проблемы, связанные с рациональным размещением груза на судне, обеспечивающим эффективность операций погрузки разгрузки в портах маршрута, объемом и весом перевозимого груза, а также с ограничениями при размещении его в трюмах и на палубе, соответствующим требованиям безопасности судна.

Решение указанных проблем представляет собой актуальную научно-практическую задачу, направленную на повышение безопасности и экономической эффективности контейнерных морских перевозок.

Основная часть. Целью статьи является определение базового набора критериев для оптимизации составления грузового плана линейного контейнерного судна. Анализ работ, посвященных проблемам оптимизации морских контейнерных перевозок [2–3], позволяет сделать вывод, что базовыми будут следующие группы критериев:

- критерии обеспечения безопасности судна груза и экипажа;
- критерии экономической эффективности перевозки груза;
- критерии времени выполнения рейса;
- критерии эффективности выполнения погрузочно-разгрузочных операций в портах.

Первая группа критериев связана с выполнением всех норм посадки и остойчивости судна, его продольной и поперечной прочности. Размещение груза должно отвечать международным требованиям относительно совместного размещения разнородных грузов или контейнеров с разными видами груза, особенно, если содержимое контейнера относится к опасной категории грузов. Особое внимание должно быть уделено обеспечению требований противопожарной безопасности.

Вторая группа критериев включает в себя ряд экономических факторов, связанных со стоимостью перевозок груза морским транспортом. Стоимость обработки одного контейнера по прибытии в порт назначения включает в себя затраты на крепление, раскрепление, открытие трюмов, работу крана по погрузке/выгрузке, перемещение вдоль

судна, транспортировку контейнера и его временное хранение в контейнерном парке порта. Следует учитывать, что выгрузка или погрузка контейнера может быть осложнена перестановкой «мешающего» или нескольких «мешающих» контейнеров – шифтингом, особенно на линиях с большим количеством портов захода, что приводит к повышению себестоимости перевозки грузов. Минимизация шифтинга за счет составления рациональных грузовых планов осложняется заранее неизвестным количеством отправляемого груза в портах линейного маршрута следования контейнеровоза.

Третья группа критериев характеризует сроки доставки груза заказчику. Данные критерии связаны со средней скоростью движения судна на маршруте следования, скоростью выполнения погрузочно-разгрузочных операций в портах, работой грузовых устройств на судне, количеством груза, а также, качеством грузового плана и планов погрузки/выгрузки судна в портах.

Четвертая группа критериев связана с принятыми в порту условиями в отношении погрузки/выгрузки контейнеров, местным таможенным законодательством, тарифными соглашениями, оформлением документов и другими условиями, характеризующими особенности выполнения грузовых операций для конкретного рейса.

Таким образом, учет при формировании грузового плана контейнеровоза всех указанных выше групп критериев приводит к необходимости решения сложной многокритериальной оптимизационной задачи. Решение данной задачи может быть осуществлено путем построения формальной модели процесса составления грузового плана, учитывающей возможности выполнения шифтинга контейнеров.

Выводы. Применение указанных групп критериев при составлении каргоплана контейнеровоза позволит улучшить технико-экономические показатели рейса и будет способствовать повышению уровня его безопасности. При составлении грузового плана следует учитывать, что важным параметром, влияющим на процесс его оптимизации, является шифтинг контейнеров на судне.

ЛИТЕРАТУРА

1. Review of Maritime Transport Series 1997–2011. – UNCTAD.
2. Notteboom T., Rodrigue J.-P. The Future of Containerization: Perspectives from Maritime and Inland Freight Distribution // *Geojournal*. 2009. Vol. 74, N 1. – P. 7–22.
3. Чепок А.О. Оценка оптимальности каргоплана контейнеровоза по критерию расходов на перегрузку контейнеров. / А.О.Чепок // *Судовождение: Сб. науч. трудов / ОГМА*. – Вып. 1. – Одесса: Латстар, 1999. – С.156-163.

СЕКЦІЯ:
КОМПЕТЕНТІСНИЙ ПІДХІД В ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ
ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЕТЕНТНІСТНОГО ПІДХОДУ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІН ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ

Васильченко Г.Ю., Знамеровська Н.П., Татарінцева Ю.Г.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Ознакою теперішнього часу є підвищені вимоги до рівня компетентності фахівців морської галузі. Сучасна людина протягом життя повинна бути готовою до постійного самовдосконалення, навіть, при необхідності, міняти сферу зайнятості й освоювати нові професії. Такий підхід закладений в Міжнародній конвенції, яка розроблена під егідою Міжнародної морської організації (ІМО), про підготовку і дипломування моряків і несенню вахти (далі ПДМНВ), в якій приймають участь більше ніж 70 країн, в тому числі і Україна[2].

Поява цих вимог змушує відповідати на них зміною організації структури та змісту освіти на всіх рівнях. Ці зміни привели до нових вимог до освіти, його результатів і тому зажадали розробки нового покоління освітніх стандартів. Відповідно до Галузевих стандартів Вищої освіти нового покоління (ГСВО) основним результатом діяльності сучасної вищої школи повинна стати не сама по собі система знань, умінь, навичок, а комплекс компетентностей [5].

Компетентність – це коло питань, у яких випускник вузу (бакалавр, фахівець, магістр) повинен бути обізнаний та розбиратися професійно, зі знанням справи.

Компетентний на флоті – це знаючий, обізнаний, авторитетний працівник. Компетентності формуються в процесі навчання, при проходженні практик й у результаті взаємодії із соціальним оточенням.

Випускники вузів по напрямку підготовки 6.070104 «Морський та річковий транспорт», професійного спрямування «Експлуатація суднових енергетичних установок» згідно ГСВО та ПДМНВ [1, 2], повинні володіти різними професійними компетенціями в різних видах діяльності:

- проектна (спеціалісти, магістри – рівень організації та управління по вимогам ПДМНВ);
- виробничо-технологічна (бакалаври – рівень експлуатації);
- організаційно-управлінська (спеціалісти);
- науково-дослідна (магістри);
- сервісно-експлуатаційна (молодші спеціалісти, бакалаври).

Слід зауважити, що рівень вимог ПДМНВ та складених на їх основі ІМО моделей курсів передбачає мінімальні вимоги до знань і умінь спеціалістів при дипломуванні, які сильно відрізняються від вимог ГСВО.

Із ГСВО треба, щоб фахівці з напрямків майбутньої професійної діяльності (ПД) бакалаврів техніки й технологій мали фундаментальні знання в області механіки, у тому числі й насамперед – базових курсів інженерної графіки, теоретичної механіки теорії машин, механізмів і деталей машин й опору матеріалів, які можна об'єднати умовною назвою – технічна механіка.

Ці вимоги враховуються в базових і робочих навчальних планах, робочих програмах дисциплін.

Дійсно, усе, що оточує нас, підкоряється законам механіки, а отже механіка, як наука, без усякого перебільшення є науковою базою сучасної техніки. Тому, і як навчальна дисципліна технічна механіка, поряд з математикою, фізикою, має велике загальноосвітнє й професійне значення [5], її основи необхідно знати інженерові з експлуатації морського та річкового транспорту будь-якого кваліфікаційного рівня, напрямку, спеціальності.

У навчальних планах Херсонської державної морської академії дисципліни технічної механіки, цілком логічно, включенні в цикл математичної та природничо-наукової підготовки, базуються на знаннях з математики і фізики, вивчаються на молодших курсах та є основою для вивчення спеціальних дисциплін по спеціальності. Їх загальний обсяг по кількості кредитів є досить обмеженим, в порівнянні з інженерними навчальними закладами, що пояснюється тим, що майбутній фахівець морського транспорту повинен мати знання і уміння на рівні експлуатації, у кращому випадку управління, а не проектування.

Крім того, слід враховувати ступеневу форму організації підготовки спеціалістів (як передбачено в ПДМНВ), яка має на увазі поетапний перехід від молодшого спеціаліста (допоміжний рівень) до бакалавра (рівень експлуатації) і спеціаліста (рівень керування і організації).

На наш погляд формування компетенцій при вивченні дисциплін циклу слід реалізовувати з урахуванням вимог до обсягу знань, які повинні формувати випускаючі кафедри, що в даному випадку виступають як замовники. Для підвищення зацікавленості студентів, активізації їх пізнавальної діяльності слід використовувати приклади наявні в морській практиці.

З іншого боку формування компетенцій при загально-інженерній підготовці слід розглядати набагато ширше, що треба відображати при визначенні мети, завдання і структури дисциплін технічної механіки.

Мета викладання дисципліни. Дисципліни технічної механіки (ТМ) входять у цикл дисциплін, покликаних забезпечити загально-технічну підготовку бакалаврів не машинобудівних напрямків, що володіють основами проектування, виготовлення, експлуатації й ремонту різних механічних систем, які використовуються на морському транспорті і вивчення яких переслідує наступні цілі:

1) *закріплення й узагальнення* знань, отриманих студентами при вивченні природничо-наукових і інженерних дисциплін, таких як вища математика, фізика, інформатика й ін.;

2) *надання* знань, необхідних для наступного освоєння спеціальних дисциплін і дисциплін спеціалізацій, передбачених державним освітнім стандартом (ГСВО);

3) *формування* в майбутніх фахівцях знань про будову механізмів, навчання методикам розрахунку на міцність, твердість і стійкість елементів конструкцій;

4) *оволодіння* методами проектування механізмів і пристроїв та навичками роботи з машинобудівною, технічною й технологічною документацією в тому числі і закордонною;

5) *одержання* навичок проведення проектувальних і перевірочних розрахунків, а також навичок, необхідних для наступного вивчення спеціальних дисциплін, що дозволить повною мірою використовувати знання, отримані студентами при вивченні попередніх загальнонаукових і інженерних дисциплін.

Дисципліна передбачає формування у майбутніх фахівців загально-технічних, конструкторських навичок, а також навичок організації й експлуатації механічних систем, застосовуваних у морській практиці. У результаті вивчення дисципліни завершується й загально-технічна підготовка студентів, створюється база для засвоєння спеціальних дисциплін і дисциплін спеціалізації.

Завдання вивчення дисципліни. Для придбання вмінь і навичок, необхідних для професійної діяльності, вивчення дисциплін технічної механіки переслідує рішення наступних завдань:

1) *навчання* загальним принципам проектування й конструювання, побудові моделей і алгоритмів розрахунків виробів машинобудування за основними критеріями працездатності, що необхідно при оцінці надійності діючого устаткування морської галузі в умовах експлуатації, а також у процесі його модернізації або створення нового;

2) *оволодіння* методами теоретичного аналізу конструкцій, механізмів, вузлів і деталей машин електромеханічного й енергетичного устаткування, а також вивчення

основ конструювання й критеріїв працездатності типових деталей, вузлів, механізмів і машин;

3) *формування* навичок використання ЄСКД (єдина система конструкторської документації) і стандартів, технічної довідкової літератури й сучасної обчислювальної техніки, а також *універсальних і професійних компетенцій*, якими повинен володіти бакалавр у сучасних умовах.

Універсальні компетенції:

а) загальнонаукові компетенції (ЗНК):

- готовність застосовувати фундаментальні закони природи й основні фізичні закони в області механіки (ЗНК-1);
- готовність застосовувати математичний апарат рішення прикладних завдань в області механіки (ЗНК-2);
- здатність застосовувати отримані знання на практиці (ЗНК-3);

б) інструментальні (ІК):

- уміння знаходити, аналізувати й контекстно обробляти науково-технічну інформацію (ІК-1);
- готовність працювати з інформацією з різних, в тому числі і іноземних, джерел (ІК-3);
- уміння використовувати базові знання в різних областях професійної діяльності (ІК-4);

Професійні компетенції:

а) проектно-конструкторська діяльність (ПКД):

- здатність розробляти й використовувати моделі механічних систем (ПКД-1);

б) розрахунково-проектна й проектно-конструкторська діяльність (ПК):

- готовність брати участь у зборі й аналізі вихідних даних для проектування елементів устаткування й об'єктів діяльності в цілому з використанням нормативної документації й сучасних методів пошуку й обробки інформації (ПК-1);
- здатність проводити розрахунки по типових методиках і проектування окремих деталей і вузлів з використанням стандартних засобів автоматизації проектування відповідно до технічного завдання (ПК-2);
- готовність брати участь у розробці проектно й робочої технічної документації, оформленні закінчених проектно-конструкторських робіт у відповідності зі стандартами, технічними умовами й іншими нормативними документами (ПК-3);
- готовність застосовувати способи графічного відображення геометричних образів виробів, схем і систем (ПК-5).

У результаті вивчення дисциплін технічної механіки студент повинен **знати**:

- єдину систему конструкторської документації (ЄСКД): діючі стандарти, технічні умови, положення й інструкції з оформлення технічної документації;
- принципи побудови схем механічних систем;
- методики розрахунку на міцність, твердість і стійкість елементів машин і їх конструкцій;
- теорію механізмів і деталей машин стосовно до профілю підготовки бакалаврів напрямку 6.070104;
- структуру механізмів і механічних систем;
- методи й алгоритми проектування різних механічних систем;
- методи й алгоритми конструювання елементів різних механічних систем, які використовуються на морському флоті;
- основні положення опору матеріалів;

Студенти повинні **вміти**:

- формувати розрахункову схему моделі й метод розрахунку реальної конструкції;
- формулювати необхідні критерії працездатності деталей,

- вузлів механізмів і механічних систем відповідних машин;
- проводити необхідні розрахунки в процесі проектування механічних систем;
- оцінювати працездатність деталей, вузлів і механізмів виробів машинобудування, типових для морського флоту;
- оцінювати надійність типових деталей, вузлів і механізмів і проводити аналіз результатів, отриманих на основі ухвалених рішень;
- застосовувати й дотримувати діючих стандартів, технічні умови, положення й інструкції з оформлення технічної документації (ЄСКД);
- користуватися технічною довідковою літературою;
- застосовувати сучасну обчислювальну техніку.

Студенти повинні **володіти**:

- методами побудови моделей складних механічних систем;
- правилами зображення структурних і кінематичних схем вузлів і механізмів;
- методиками розрахунку на міцність, твердість і стійкість елементів конструкцій;
- методами проектування й конструювання різних деталей, вузлів, передач і механічних систем.

Висновки. 1. При підготовці фахівців морського транспорту слід враховувати вимоги ПДМНВ і ГСВО. 2. Формування компетенцій при вивченні дисциплін технічної механіки полягає в уміннях оперувати знаннями з математики, фізики, інженерної графіки, теоретичної механіки, опору матеріалів, теорії машин, механізмів та деталей машин. 3. Зміст конкретної дисципліни повинен враховувати особливості майбутньої професійної діяльності фахівців морського транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. ІМО-модель курсу.
2. Конвенція ПДМНВ 1978, 2014 р.
3. Національний класифікатор України: Класифікатор професій ДК 003-10. – К., Держстандарт України, 2010.
4. Міжнародна Стандартна Класифікація Професій (ISCO–88: International Standard Classification of Occupations/ILO, Geneva).
5. Методичні рекомендації з розроблення складових галузевих стандартів вищої освіти (компетентністний підхід). – К. : Інститут інноваційних технологій і змісту освіти МОН України, 2013.

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ В МОРСКОЙ АКАДЕМИИ НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

Евдокимова В.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Хаеи Л.Г.

Служба помощи
(Германия, г. Берлин)

Вступление. Сегодня ключевые вопросы образования – и структура образовательной системы страны, и ведущая парадигма обучения находятся в центре внимания общества: политиков и теологов, философов и социологов, педагогов и психологов, теоретиков и практиков, патриотов и космополитов.

Это вызвано наличием системной совокупности глобальных тенденций развития образовательных систем, методов и парадигм обучения, а также общества, в целом:

- повышение роли, важности, значимости образования, его места в жизни общества и отдельного индивида;
- непрерывное увеличение длительности и отдельных циклов и курсов обучения, и образования индивида, в целом;
- удорожание, увеличение стоимости образования, как почасовой и погодовой, так и, особенно, за весь период обучения, в целом;
- превращение образования в основную арену гибридной войны, его небывалая идеологизация и политизация, насыщение приёмами и методами пропаганды;
- расширение области специальных знаний, увеличение числа специальностей и специализаций;
- быстрое устаревание специальных знаний, отмирание отдельных специальностей и разделов учебных дисциплин и возникновение новых.

Глобальный характер этих тенденций определяется:

- неуклонной динамикой этих изменений на протяжении последних десятилетий;
- их действие в странах с различной религией, расовым и этническим составом населения;
- их наличие в государствах с различными формами собственности, экономическим укладом и уровнем жизни.

Как ответ на эти вызовы времени возникли, как ни парадоксально, две противоположные тенденции, два подхода, две парадигмы: фундаментализация образования и компетентностный подход [1; 5]. Оба эти подхода, часто под различными наименованиями, сосуществовали в течение длительного времени, реализуясь в учебных заведениях различного типа. В качестве примеров рассмотрены учебные заведения профессионального образования в СССР, Германии и современной Украине (табл. 1).

Для обеспечения востребованной временем гибкости специалиста необходима фундаментализация технических и других специальных знаний, углубление и систематизация их межпредметных связей с математикой, физикой, химией, биологией, психологией. Сегодня такие связи крайне диффузны, зачастую имеют вид случайного набора «точек соприкосновения» учебных дисциплин.

Краевский В. В., исходя из смысла латинского слова «*competentia*», считает, что «компетентность – это обладание соответствующими знаниями в определенной области и способностями, позволяющими выпускнику образовательного учреждения обоснованно судить об этой области и эффективно действовать в ней». Образовательная компетентность предполагает усвоение учащимися не столько отдельных друг от друга знаний, и овладение не отдельными умениями и навыками, а освоение комплексной процедуры, в которой для каждого выделенного направления присутствует

соответствующая совокупность образовательных компонентов, носящих личностно-деятельностный характер [6].

Таблица 1 – Реализация различных парадигм образования в учебных заведениях различных типов

| Уровень аккредитации, уровень специалиста ¹ | Тип учебного заведения профессионального образования | Характеристики группы А2 | Характеристики группы Б3 |
|---|---|--------------------------|--------------------------|
| 1 – младший специалист | Профессиональные школы Германии («Berufsschule») | ↓ | ↑ |
| | Профессионально-технические училища СССР (ранее ФЗУ) | | |
| | Техникумы, училища Украины ¹ | | |
| 2 – бакалавр | Техникумы СССР | | |
| | Колледжи Украины ¹ | | |
| 3, 4 – специалист, магистр | Институты СССР | | |
| | Высшие школы Германии («Hochschule») | | |
| | Институты, консерватории, академии, университеты Украины ¹ | | |
| | Университеты СССР | | |
| | Университеты Германии («Universität») | | |
| 1-согласно закону Украины «Об образовании» 2-фундаментализация образования, формирование цельного мировоззрения, небольшое число широких специальностей, редкая смена учебных планов и программ 3-компетентностный подход как основная парадигма обучения, большое число узких специальностей и специализаций, частая смена учебных планов и программ | | | |

Хуторской А.В. компетентность рассматривает как обладание человеком соответствующей компетенцией, включающей его личностное отношение к предмету деятельности. Исходя из вышеизложенного, в основу выделения ключевых компетентностей он положил процессуально-технологический процесс, его понимание образовательных ключевых компетенций шире, чем у Краевского В.В.: они включают ценностно-смысловую, общекультурную, учебно-познавательную, информационную, коммуникативную, социально-трудовую компетентности и компетентность личностного самосовершенствования [9].

Ссылаясь на работы Журавлева А.П., Талызиной Н.Ф., Шакурова Р.К., Щербакова А.И., Митина Л.М., опираясь на принятую в психологии точку зрения по поводу понятия «компетентность», раскрывает её сущность через знания, умения и навыки, а также способы выполнения деятельности «как интегральную характеристику степени соответствия качеств индивида требованиям профессии; психическое состояние индивида, позволяющее ему действовать самостоятельно и ответственно; обладание им способностью и умением выполнять определенные трудовые функции» [8].

Структура профессиональной компетентности включает в себя совокупность предметных систем знаний, умений и навыков; системы учебной и профессиональной мотивации; общей и профессиональной культуры [2]. «Профессиональная компетентность – способность, необходимая для решения профессиональных задач и для получения необходимых результатов работы. Компетенция – проявление умелого применения разных методов в решении проблемы на основе ценностей, способностей и знаний с учётом конкретной ситуации» [4].

В 80-е-90-е годы в Германии вопросам изучения профессиональной компетентности и её составляющих особенно много внимания уделялось в педагогике высшей школы и образовании взрослых [10; 11; 12]. Ведущие специалисты по менеджменту П. Вейлл [3], а также М. Мескон, М. Альберт и Ф. Хедоури [7] представляют профессиональную компетентность как интегральное понятие со следующими составляющими: способность к интеграции знаний и навыков, их использованию

в условиях быстроменяющихся требований внешней среды; концептуальность; восприимчивость нового; мастерство в отдельных видах деятельности.

И в научных трудах, но и в общественном сознании профессиональная компетентность включает и собственно профессиональные (образование, опыт) и личностные компоненты (целеустремленность, интеллект). Анализ исследований различных аспектов профессиональной компетентности показал, что она складывается из двух принципиально различных компонентов:

- специальной (собственно профессиональной) компетентности, специальных знаний, умений и навыков, как правило, достаточно хорошо разработанных и отражённых в учебных планах и программах соответствующих учебных заведений и институтов повышения квалификации;

- общей (не зависящей от профиля, специальности, профессии) компетентности, без наличия которой не может быть реализована, превращена в актуальность, в деятельность компетентность специальная.

Актуальность исследований профессиональной компетентности в отношении подготовки моряков обусловлена тем, что в настоящее время:

- в связи с ухудшением демографической ситуации на Украине сократилась и общая численность населения, и его доля, пригодная для работы на судах; прогнозируются дальнейшие изменения в негативном направлении;

- уровень физического и психического здоровья, а также морально-нравственных качеств кандидатов для работы на судах резко снизился и продолжает снижаться в связи с деградацией системы образования и социального обеспечения населения;

- набор требований к морякам расширяется, а требуемый уровень их индивидуальных качеств возрастает, что приводит к соответствующему расширению перечня тестов и испытаний; в связи с этим необходима оптимизация набора испытаний, обеспечивающих необходимый уровень профессиональной готовности моряков различных специальностей, особенно, в аспекте обеспечения безопасности судов.

Цель обследования: установление готовности выпускников академии к профессиональной деятельности (после ее окончания) на имеющихся и перспективных типах судов в связи с их индивидуальными характеристиками и задачами повышения безопасности судоходства.

Практические задачи работы:

- теоретическое обоснование, создание и практическое апробирование необходимого и достаточного набора диагностических методик (батареи тестов) для выявления релевантных свойств моряков;

- выявление валидности и надёжности различных диагностических методик разных типов в аспекте решения задач исследования;

- разработка практических рекомендаций по совершенствованию входного, текущего и выходного контроля профессиональных способностей и профессиональной компетентности курсантов как неотъемлемой части их профотбора и подготовки;

- разработка практических рекомендаций по профотбору и подготовке курсантов, аттестации и обучению специалистов с целью совершенствования кадрового обеспечения экипажей судов и безопасности судоходства.

Принятие компетентностного подхода как основной образовательной парадигмы при подготовке моряков означает необходимость решения задачи установления набора профессионально важных качеств. Это может быть обеспечено лишь тесным взаимодействием учебных заведений и судовых компаний. Результатом такой совместной работы должна быть батарея тестов, позволяющая определять пригодность моряка на этапе приёма на работу и не допускать промахов в ситуациях его аттестации.

Профессиональную компетентность матроса рассматривали как совокупность общей компетентности (личностной и социальной) и специальной компетентности (знания, вербальные умения и навыки и практические умения и навыки).

Программа проведенного обследования предусматривала определение социально-

демографических, антропометрических, психофизиологических и психологических показателей, показателей общей физической подготовленности и профессиональной компетентности, экспертную оценку профессиональной пригодности. Программа состояла из 5 разделов, включала заполнение карты и анкеты, а также выполнение 20 тестов в дополнение к проверкам, установленным учебным планом подготовки курсантов. Разделы диагностической программы:

- социально-демографические характеристики, показатели здоровья, физического развития, физической подготовки;
- психофизиологические показатели, показатели состояния (психомоторные и сенсомоторные тесты, тесты состояния);
- свойства и черты личности (опросники и проективные тесты);
- потребности, ценности, мотивы (опрос, ранжирование);
- показатели выполнения итоговых практических упражнений согласно учебному плану (более 50).

Выводы. 1. При подготовке матросов целесообразно принятие компетентностного подхода как основной образовательной парадигмы, при подготовке офицерского (руководящего) состава вопрос нуждается в дальнейшем изучении.

2. Профессиональную компетентность матроса можно представить как совокупность общей и специальной компетентности, причем первая включает личностную и социальную компетентности, а вторая – знания, вербальные умения и навыки и практические умения и навыки.

3. Полученная совокупность 72 тестовых данных и более 50 результатов выполнения курсантами практических упражнений позволяет выделить наиболее важные комплексы индивидуальных качеств курсанта, обеспечивающих необходимый и достаточный уровень его профессиональной компетентности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Байденко В. Компетенции в профессиональном образовании (к освоению компетентностного подхода) // Высшее образование в России. – 2004. – № 11. – С. 3–13.
2. Васяк Л. В. Формирование профессиональной компетентности будущих инженеров в условиях интеграции математики и спецдисциплин средствами профессионально ориентированных задач. - 13.00.02. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. – Омск, 2007.
3. Вейлл П. Искусство менеджмента. – М.: Новости, 1993. - 224 с.
4. Гришина И. С. К проблеме разработки концепции профессиональной компетентности педагога // Дошкільна освіта. – 2005. – № 2 (8).
5. Зимняя И. А. Компетентностный подход в образовании (методолого-теоретический аспект) // Материалы XV Всероссийской научно-методической конференции «Проблемы качества образования». Кн. 2. – М., 2005. – С.5–26.
6. Краевский В. В. Общие основы педагогики. - М.: Академия, 2008. – 256 с.
7. Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. – М.: Дело, 1992. – 702 с.
8. Митина Л. М. Психология развития конкурентоспособной личности . – М. : Московский психолого-социальный институт, 2002. – 400 с.
9. Хуторской А. В. Компетентностный подход в обучении. Научно-методическое пособие. - М.: Эйдос, 2013. - 73 с.
10. Ackermann F., Seeck D. Handlungskompetenz und generative Deutungs- und Handlungsmuster in der Arbeit // Neue Praxis. – 1995. - Н. I. - S. 79-91.
11. Feuerstein J. Kompetenzentwicklung und berufliche Sozialisation im Erwachsenenalter. - Weinheim, Basel, 1979. - S. 89-101.
12. Handlungskompetenz in der Sozialarbeit / Sozialpädagogik: Theoretisch Konzepte und gesellschaftliche Strukturen. – Darmstadt, 1984. – 340 s.

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТЕ. ПРАКТИЧЕСКИЕ ШАГИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПЛАВПРАКТИКИ В ОДЕССКОМ РЕГИОНЕ

Кошарская Л.В.

Одесский национальный морской университет

(Украина)

Лызина Т.А.

Учебно-тренажерный комплекс «Адмирал» (Украина, г. Одесса)

Международное морское сообщество планомерно вводит все более высокие стандарты качества подготовки морских специалистов, способных к профессиональному росту и быстрому перепрофилированию для эксплуатации современных судов всех типов. Сегодня мировому флоту не хватает более 10 тысяч специалистов командного состава. Резко упал интерес молодежи промышленно развитых стран к морским специальностям, наблюдается старение работающих моряков.

Чтобы оставаться морской державой, конкурентоспособной в подготовке квалифицированных специалистов всех уровней, управлять современным флотом и эффективно его эксплуатировать, необходимо безотлагательно усовершенствовать систему морского образования.

Мировой опыт передовых морских учебных заведений показывает недостаточность курирования морского образования только Министерством образования. Совершенствование национального морского образования возможно лишь в тесном содружестве с Минтрансвязи и судоходными компаниями.

Множество учебных заведений, оставшихся в наследство от СССР, в поисках средств быстро освоили рынок ускоренной подготовки моряков по усеченным теоретическим программам, без технологической и плавательной практики. Это резко снизило качество подготовки специалистов.

Мгновенно развившаяся сеть частных морских учебно-тренажерных центров и прочих учебных заведений по обеспечению подготовки моряков в рамках требований Международной Конвенции ПДМНВ-78 с поправками 1995 года не в силах полностью обеспечить плавательную практику учащихся, и обучение на высококлассных компьютерных тренажерах-симуляторах не может ее заменить. Из-за этого вся система подготовки и повышения квалификации морских специалистов сегодня работает с большим напряжением.

Стремление судоходных компаний повысить свою конкурентоспособность и снизить потери от аварийных случаев заставляет их участвовать в подготовке кадров. Это индивидуальные контракты с кадетами, организация плавательных практик для курсантов, стажировок для инструкторов и преподавателей.

Плавательной практикой на судах судоходных компаний стратегического партнера должны быть обеспечены все курсанты, проходящие морскую подготовку. Также на судах компаний должны стажироваться все преподаватели учебных заведений и инструкторы тренажеров, занятые в подготовке курсантов и повышении квалификации специалистов. Масштабы участия компаний должны позволить привлекать наиболее подготовленную молодежь и уже сложившихся специалистов флота к педагогической деятельности.

Судоходная Компания «Укрферри» образована в октябре 1995 года с целью развития паромных перевозок на Черном море, а также развития других направлений морского торгового судоходства. Флот компании на сегодняшний день состоит из трех паромов: автомобильно-пассажирский «Каледония», «Грейфсвальд» и «Вильнюс Сивэйс».

С момента своего создания СК «Укрферри» осуществляет эксплуатацию международной железнодорожно-автомобильной паромной переправы Ильичевск – Варна

(Болгария). С декабря 1996 года компанией открыта паромная линия Украина – Грузия, налажено регулярное сообщение по перевозке железнодорожного подвижного состава, автомобильной техники, контейнеров и пассажиров между Украиной и государствами Закавказья и Центральной Азии, что характеризует уникальность данных услуг.

Открытие и развитие СК «Укрферри» данной линии заложило основу для практической реализации концепции Евроазиатского транспортного коридора и программы ТРАСЕКА Европейского союза.

На базе СК «Укрферри» и ОНМУ предлагается организовать международный центр прохождения плавательской практики и обучения во время ее прохождения на коммерческой основе студентами, кадетами и аспирантами морских высших учебных заведений Украины, Грузии и др. стран Ближнего и Дальнего Зарубежья, Азии.

Упомянутый Центр может осуществлять свою деятельность на коммерческой основе, в рамках официально существующего перечня образовательных услуг ОНМУ. Практиканты и студенты смогут получать необходимые для их дальнейшей работы знания, касающиеся судостроения, эксплуатации судовых энергетических установок, организации и экономики морских перевозок от членов судового экипажа, а также мастеров-преподавателей во время рейсов судов.

Перспективность создания Центра в Одессе объясняется не только тем, что Одесса является неофициальной морской столицей Украины, но также тем обстоятельством, что стоимость такой услуги здесь будет значительно ниже, чем в зарубежных странах (на Западе есть даже специальный термин «купить практику»). Это позволит привлечь к прохождению плавпрактики студентов морских ВУЗов из других стран, где стоимость плавпрактики значительно дороже.

Организация такого Центра будет способствовать повышению престижа морских профессий, увеличению студентов, обучаемых в морских ВУЗах, повышению качества подготовки специалистов для морского бизнеса.

Задачи, решаемые Центром:

1. Подбор и подготовка преподавателей – «Мастеров морского обучения».
2. Разработка программ обучения.
3. Заключение договоров с компаниями об организационной подготовке кадетов (разных уровней обучения: матрос, моторист, механик и др.).
4. Получение грантов помощи о заинтересованных в данной практике инвесторов.
5. Постройка, покупка, аренда учебного судна.
6. Подготовка кадров международного уровня (разработка программ обучения на английском языке).
7. Сотрудничество ОНМУ с другими морскими ВУЗами (Батумской государственной морской академией, Херсонской государственной морской академией и др.)

Создание указанного Центра может быть первым реальным шагом на пути возрождения морской отрасли Украины, поднятия престижа морской профессии, будет способствовать созданию благоприятного инвестиционного климата для развития судоходства.

ЄВРОПЕЙСЬКІ ОСВІТНІ ПРОГРАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ

Меньшикова О.В., Дзюба Л.Ф., Кусій М.І., Ренкас А.Г.
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
(Україна)

Вступ. Прийняття нового Закону України «Про вищу освіту» задекларувало перехід до студентоцентрованої концепції вищої освіти. Одним з завдань на шляху реформування є створення новітніх освітніх стандартів, які б відповідали сучасному європейському розумінню змісту та завдань освіти, максимізували шанси студентів реалізувати себе на ринку праці. Придатність до працевлаштування формується через набуття студентом комплексу компетентностей, які залежать від вимог, що висуває сучасний стан відповідної ринкової галузі. Пролонгованим результатом засвоєння актуальних компетентнісно орієнтованих знань та вмінь є висококваліфікований спеціаліст, фахова діяльність якого сприятиме позитивній динаміці галузевої економіки. З метою подальшої розробки компетентнісно орієнтованих освітніх програм, вибору та формулюванні змістових модулів в роботі проведено порівняльний аналіз вітчизняних та європейських освітніх програм підготовки фахівців для транспортної галузі.

Ключовим принципом вдосконалення професійної підготовки фахівців в якісному аспекті є орієнтація на вимоги споживачів освітніх послуг. Даний принцип означає, що конкурентоспроможність фахівця (випускника вузу) на ринку праці зумовлюється відповідністю результатів його професійної підготовки вимогам роботодавців. Необхідна умова підвищення конкурентоспроможності випускників ВНЗ – реалізація компетентнісного підходу при розробці освітніх програм підготовки.

Актуальність досліджень. Підходи для визначення компетентностей сьогодні є предметом дискусій Болонських конференцій, об'єктом досліджень дисертацій та наукових публікацій. Аналіз та визначення переліку загальних компетентностей, розроблення переліків фахових компетентностей були основними напрямками роботи проекту Тюнінг – «Гармонізація освітянських структур в Європі» (Tuning educational structures in Europe, TUNING)[1]. В рамках реалізації проекту були сформовані компетентності у таких предметних галузях як Математика, Фізика, Бізнес, Музика тощо. У науковій літературі проблема підготовки фахівців відповідно до потреб ринку праці зв'язується з реалізацією компетентнісного підходу. Значний внесок у розробку загальнотеоретичних і методологічних питань щодо компетентнісного підходу внесли такі вчені: М. Армстронг, В.І. Байденко, О.І. Локшина, М. Рудь, М.С. Побірченко, А.А. Вербицький, Н.А. Володіна, І.Г. Галямін, Е.Ф. Зеер, І.А. Зимова, З.І. Іванова, Е.А. Кисельова, Л.В. Лабунський, О.Є. Лебедев, Дж. Равен, Р.С. Сілкін, Ю.Г. Татур, А.В. Хуторський, В.А. Ширяєва та ін.

На державному рівні питання розробки освітніх стандартів із застосуванням компетентнісного підходу покладається на науково-методичні комісії, які на сьогодні знаходяться у стані формування, а отже чітке визначення і формулювання компетентностей для освітніх програм підготовки фахівців зокрема транспортної галузі, лишається відкритим.

Постановка задачі. Одним з інструментів формування компетентностей конкурентоспроможного фахівця є аналіз існуючих схвалених і перевічених європейською практикою освітніх програм підготовки фахівців, та порівняння з аналогічними освітніми програмами України.

В ході дослідження було розглянуто освітню професійну програму напряму підготовки «Транспортні технології», затверджену Наказом Міністерства освіти і науки № 642 від 09.07.2009р., документ який є базою для розробки нових програм та споріднена освітня програма вищого навчального закладу Польщі.

Результати досліджень. Ускладнення транспортних систем, впровадження нових інтелектуальних підходів, зростаюча інтеграція транспорту і економіки, соціальної сфери, нова динаміка вимог роботодавців, яка випереджає ритм змін академічних програм, ставить питання про комплексну модернізацію освітніх програм у транспортній галузі. Підготовка персоналу транспорту в світі є різноманітною и не може бути зведена до абсолютно уніфікованих тенденцій. Це пояснюється традиціями транспортної галузі, академічними системами освіти, ступенем державного регулювання ринку освітніх послуг, а багато в чому – кількісними потребами в підготовці кадрів для транспорту. Але основою діяльності транспортних систем залишаються експлуатаційні кадри. З урахуванням швидкого впровадження нових технологій, ускладнення технічних і розширення функціональних завдань по взаємодії з іншими підрозділами розширюються вимоги до базових та практичних компетентностей фахівців такого профілю. Наявності попиту вимагає якісної, на рівні кращих світових стандартів підготовки фахівців у транспортній сфері.

В Україні підготовку бакалаврів за напрямом «Транспортні технології» станом на серпень 2015 року здійснювали 33 вищих навчальних заклади. Зміст підготовки визначався освітньою професійною програмою, затвердженою Наказом Міністерства освіти і науки №642 від 09.07.2009р. Слід очікувати, що згаданий документ стане базою для розробки нових програм. Оскільки фахові компетентності набуваються низкою навчальних дисциплін або модулів, то саме перелік дисциплін за циклами підготовки брався за ключовий показник порівняльного аналізу.

Відповідно до освітньо-професійної програми підготовки бакалавра [2] на вивчення нормативної частини відведено 120 кредитів ECTS, які поділені наступним чином між відповідними циклами підготовки:

- цикл гуманітарної та соціально-економічної підготовки (14%);
- цикл математичної та природничо-наукової підготовки (43%);
- цикл професійної та практичної підготовки (43%).

Варіативна частина складається з дисциплін самостійного вибору вищого навчального закладу та вибору студента залежно від професійного спрямування і становить ще 120 кредитів.

Після закінчення навчання за напрямом «Транспортні технології (за видами транспорту)» фахівці призначені для здійснення технічної, технологічної, контрольної та організаційно-управлінської діяльності в органах державного управління транспортом, відділах транспорту органів місцевого самоврядування, транспортних підприємствах різних форм власності і у компаніях з надання послуг населенню і підприємствам.

В якості порівняння вибрано освітню програму саме польського вузу [3] (Вищої школи підприємництва та адміністрування, м. Люблін) через те, що польська система вищої освіти пройшла шлях реформування, який в Україні лише розпочато: створення нових освітніх програм в умовах існування Національної рамки кваліфікацій успішно реалізовано у польських вищих навчальних закладах у 2010-2012 рр.[4]. До уваги бралось також те, що транспортна галузь Польщі є порівнювальною з транспортною галуззю України і представлена всіма видами транспорту.

Польська система вищої освіти має три рівні [5]. Кваліфікаціями першого рівня є ліцензіат та інженер, кваліфікація другого рівня – магістр, кваліфікація третього рівня – доктор. Кваліфікації мають два профілі: загальноакадемічний і практичний. Для перших двох рівнів вищої освіти та двох профілів кожного з восьми секторів вищої освіти розроблені та затверджені Наказом Міністра науки і вищої освіти Польщі описи результатів навчання. На основі затверджених описів польські університети розробляють свої освітні програми, враховуючі близькі національні та міжнародні освітні програми.

У Вищій школі підприємництва та адміністрування (ВШПА) освітня програма спеціальності «Транспорт» має три спеціалізації: транспортна безпека, безпека дорожнього руху з елементами технічних експертних висновків та транспорт – логістика –

експедиція вантажу. Це освітня програма першого рівня (інженер) практичного профілю, нормативний термін навчання – 7 семестрів. Після закінчення навчання фахівці здатні кваліфіковано вирішувати завдання технічного, організаційного та технологічного забезпечення автомобільних перевезень вантажів і пасажирів у транспортних і підприємствах, обіймати посади інженерно-технічних працівників, транспортних менеджерів, транспортних логістів, а також керівників підприємств. Програма є практично орієнтованою, значна увага приділяється аспектам ведення бізнесу в галузі транспорту, експедирування і логістиці на регіональному та міжнародному рівнях.

Дисципліни розділені на 22 модулі: 15 модулів спеціальності, 5 модулів спеціалізації і 2 модулі вільного вибору студента. Персональні та суспільні компетентності студенти набувають протягом всього періоду навчання. До дисциплін модуля належать іноземна мова, фізичне виховання, філософія (ідеї людської суб'єктивності), етика, творча діяльність, основи права, захист інтелектуальної власності. При викладанні дисциплін використовуються методи проектів та воркшопів, які формують у студентів здатність розв'язувати комплексні задачі транспортної галузі, вміння аналізувати ситуацію і приймати рішення, уміння спілкуватися і співпрацювати в групі.

Програмою передбачений підготовчий модуль, завданням якого є створення власної траєкторії навчання, вивчення академічного середовища та забезпечення базової підготовки з питань здоров'я та безпеки.

Основні компетентності в області математики та фізики студенти отримують під час вивчення математичного аналізу, лінійної алгебри та фізики, які логічно продовжує модуль моделювання транспортних процесів (теорія ймовірностей і статистика, дослідження операцій).

До модулів, що забезпечують загальні компетентності можна також віднести модуль алгоритмів та економічно-інформаційних компетенцій (економіка, інформаційні технології, організація і управління).

Перелік модулів професійної підготовки наведено у табл. 1.

Таблиця 1– Перелік модулів загальної та спеціальної професійної підготовки

| <i>Назва модуля</i> | <i>Елементи модуля</i> |
|---|--|
| 1 | 2 |
| Системи і засоби | Транспортні засоби. Транспортні системи. Інфраструктура транспортних засобів. |
| Електроніка та інженерна графіка | Електротехніка та електроніка. Інженерна графіка |
| Режими роботи транспорту | Матеріалознавство. Прикладна механіка. Технічні роботи |
| Транспортна логістика | Інжиніринг трафіку. Проектування логістичних процесів. Економіка транспорту |
| Проектування і діагностика транспортних засобів | Сучасні матеріали і технології в будівництві транспортних засобів. Основи транспортного обладнання. Діагностика сучасних автомобілів |
| Автоматизація та метрологія транспорту | Метрологія. Автоматизація |
| Сучасні системи електроживлення транспорту | Палива для транспорту. Екологічні аспекти транспорту. Альтернативні системи приводу транспортних засобів |
| Модуль спеціалізації: Транспортна безпека | Безпека вантажів на автомобільному транспорті. Аналіз ризиків в області транспорту. Юридичні аспекти транспорту. Великогабаритні перевезення. Перевезення небезпечних матеріалів. Перевезення тварин |

Продовження табл. 1

| 1 | 2 |
|---|--|
| Модуль спеціалізації: Безпека дорожнього руху | Безпека дорожнього руху. Основи будівельної техніки. Системи безпеки в транспортних засобах. Дорожньо - транспортні пригоди. Технічна експертиза. Домедична допомога. Правові основи безпеки дорожнього руху. Експлуатація автомобіля. Технічні випробування транспортних засобів |
| Модуль спеціалізації: Транспорт-логістика-експедиція вантажів | Цивільне право. Торгове право. Технологія транспортних операцій. Митна служба міжнародних перевезень. Технічні стандарти і технічні аспекти роботи. Спеціальні транспортні засоби та робочі машини. Бізнес і управління фінансами компанії. Доступ до ринку. Право на соціальне забезпечення. Податкове законодавство. Безпека дорожнього руху. Аналіз і оцінка збитків. |

Під час навчання студенти проходять також практичну підготовку та виконують дипломну роботу.

Висновки. Порівняльний аналіз блоків змістових модулів дає можливість зробити наступні висновки. Освітня програма ВШПА є практично орієнтованою, відображає сучасні потреби ринку, акцентованою на підприємництво у транспортній галузі. Навчальні дисципліни об'єднані в модулі, вивчаються у тісному взаємозв'язку, динамічно поєднують знання і навички. Разом з тим структура курсу надає можливість укладання індивідуальної програми навчання що відповідає студентоцентрованої парадигмі вищої освіти. Аналіз успішно реалізованих освітніх програм європейського рівня дозволить скоригувати освітні пропозиції українських ВНЗ відповідно до очікувань ринку праці, підготувати конкурентоздатного фахівця та забезпечити сталий розвиток галузі.

ЛІТЕРАТУРА

1. URL: www.unideusto.org/tuningeu/
2. ГСВО МОНУ. Галузевий стандарт вищої освіти України. Освітньо-професійна програма підготовки бакалавра напряму підготовки 6.070101 «Транспортні технології (за видами транспорту)» кваліфікації «Інженер з транспорту». – Вид. офіц. – К., 2009. – 12 с.
3. URL: <http://www.wspa.pl/>
4. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.nauka.gov.pl/g2/oryginal/2013_05/aa5d6f3eb4b96ae6ef7cfa1107f44860.pdf
5. Рашкевич Ю.М. Болонський процес та нова парадигма вищої освіти. – Л. : Вид-во Нац. ун-ту «Львів. політехніка», 2014. – 168 с.

ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА – ВАЖНАЯ ЧАСТЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОВ И МЕХАНИКОВ

Муха Н.И., Дранкова А.О.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Актуальность работы. В основе современных методов инженерной подготовки судовых механиков и электромехаников [1] лежат требования безопасности судоходства, которые наряду с другими факторами во многом определяются надежностью действия судовых систем «человек – машина». Сегодня практически все системы управления судовыми электроэнергетическими, грузовыми и навигационными комплексами интегрированы в единую общесудовую систему автоматизации, имеют гибкую систему программирования режимов работы, соответствующие методики и способы технической эксплуатации, диагностики неисправностей, наладки. Все это многообразие и сложность задач обуславливают необходимость высокого уровня подготовки и эрудиции судового инженера для обеспечения необходимого уровня технического обслуживания электрооборудования и электронных средств автоматики. Поэтому судовые электромеханики и механики должны обладать широким диапазоном профессиональных знаний и навыков: от работы с ручным инструментом и измерительными приборами до использования современных компьютерных технологий управления, мониторинга и связи, обеспечивая как вахтенное, так и безвахтенное обслуживание судовых комплексов и систем.

В настоящее время Международная Конвенция по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты 1978 г. с поправками 2010 г. (ПДНВ 78 с манильскими поправками 2010) [2], стандарты компетентности для судовых электромехаников (раздел А – III/6) и механиков (разделы А – III/1, А – III/2), а также соответствующие модельные курсы потребовали переработки образовательных стандартов, разработки и освоения новых программ как теоретической, так и практической подготовки. Согласно новой Конвенции продолжительность практической подготовки увеличена до 12 месяцев, из которых не менее 6 месяцев должны быть на судне. В связи с этим усиливается актуальность практической подготовки, которая должна проводиться в одобренных лабораторных и тренажерных комплексах морских учебных заведений, отвечающих требованиям (раздел А – I/12) Конвенции.

Актуальность тренажерной практической подготовки определяется еще и тем, что большое количество практических задач и эксплуатационных ситуаций по управлению сложными судовыми системами и комплексами, в силу объективных причин, связанных с режимом эксплуатации судна и обеспечением его живучести и безопасности, не могут быть реализованы на судне в достаточном для практиканта объеме.

Поэтому разработка и создание специализированных, реально функционирующих (не виртуально) и максимально приближенных к судовой конфигурации тренажерных комплексов на базе реального оборудования и современных контроллерных технологий управления, позволит решить очень важные задачи подготовки будущих судовых инженеров [3-5].

Материалы и результаты исследований. Основная идея и подход, на которые мы опирались в данном проекте при разработке тренажерного комплекса, состоят в том, что адекватность воспроизведения эксплуатационных ситуаций по техническому обслуживанию и использованию судового оборудования и средств автоматики, на которые акцентирует Конвенция (раздел А – I/12), по нашему мнению, возможна и целесообразна только на реальном оборудовании. В практической подготовке судовых электромехаников и механиков, следовательно, также должно использоваться только реально функционирующее и максимально приближенное к современной конфигурации

судовое оборудование и средства автоматизации, применяемые на судах. Более того именно конкретные судовые технические средства и системы, а не их виртуальные аналоги, являются объектами приложения профессиональной деятельности судовых электромехаников и механиков.

Указанная выше идея и подход при полном соответствии всем требованиям Конвенции (раздел А – I/12) к тренажерам подобного типа будут реализованы при разработке и создании тренажерного комплекса судовой автоматизированной электроэнергетической системы в Херсонской государственной морской академии.

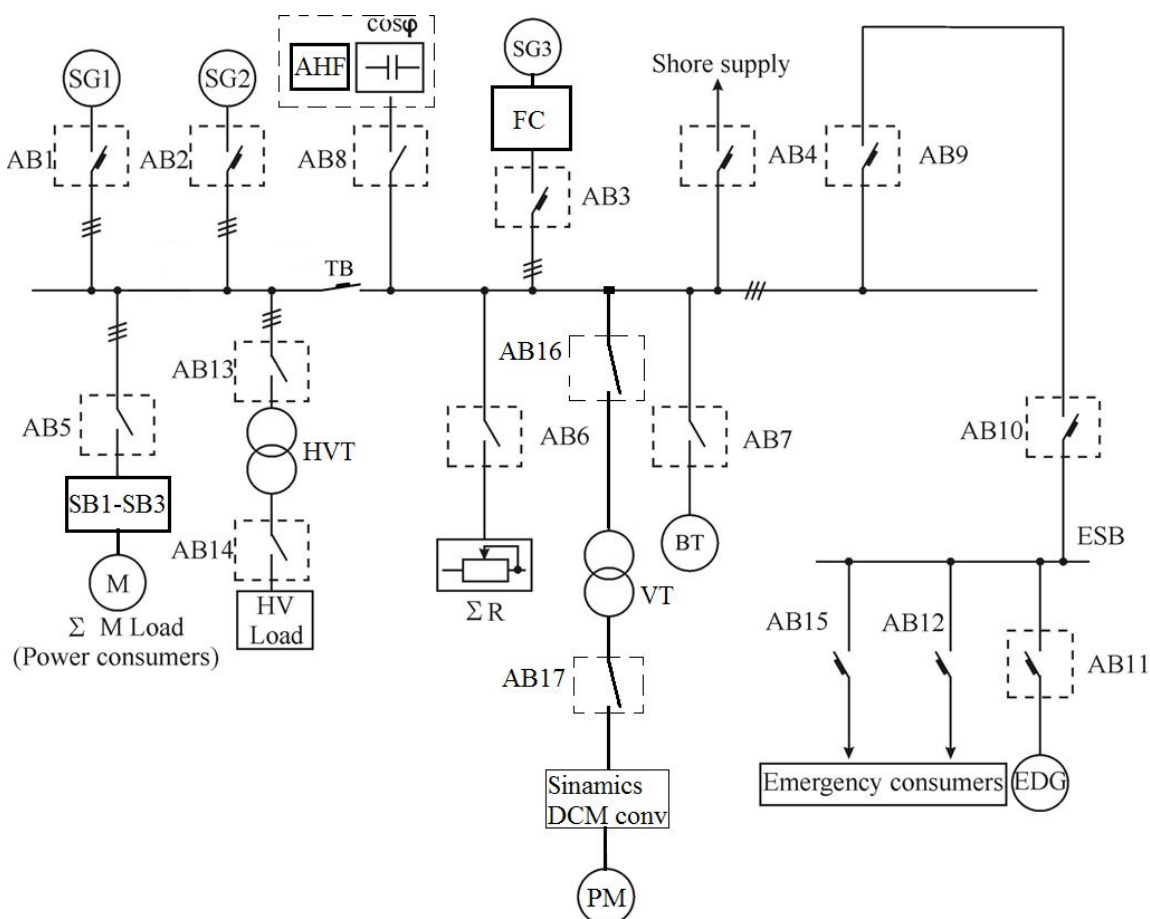


Рисунок 1 – Однолинейная схема ГРЩ и АРЩ тренажера

Состав оборудования ГРЩ и АРЩ (на рис. 1 представлена однолинейная схема ГРЩ и АРЩ тренажерного комплекса), уровень автоматизации судовой автоматизированной электроэнергетической системы (САЭЭС):

Секции ГРЩ – компоновка и размещение оборудования секций ГРЩ соответствует судовому варианту и требованиям Квалификационных Обществ, предполагается выполнять на базе серийных шкафов Spacial SF морского исполнения фирмы Schneider Electric. Габаритные размеры секций: высота-ширина-глубина 2000x800x600, что соответствует судовому варианту.

AB14 – вакуумный (6-10 кВ) автоматический выключатель серии Evolis (Merlin Gerin) 7P1630;

AB1, AB2 – автоматический выключатель серии Masterpact NT(NW); NT 06 с блоком контроля и управления Micrologic-7H и с модулем коммутационной связи;

AB3, AB4, AB9 – AB11 - автоматический выключатель серии Compact NSX; NSX100N с электронным расцепителем Micrologic-5 с модулем коммутационной связи;

AB5 – AB7 - автоматический выключатель серии EasyPact;

AB8, AB12, AB13, AB15 – AB 17 – автоматический выключатель серии NG125N 4P. Все указанные выше автоматы могут быть (предлагается именно такое исполнение) с

дистанционным управлением и дополнительными контактными группами для режима SCADA;

TB - секционный выключатель-разъединитель нагрузки, например, Interpact INS-40-160 4P – неуправляемый, ручной. Возможно дистанционное исполнение с соответствующей автоматикой управления;

cos ϕ - конденсаторные установки для автоматической динамической компенсации реактивной мощности. Все соответствующее оборудование и контроллеры управления предлагаются фирмы TDK EPCOS (Германия);

Автоматизированная электростанция – предполагается выполнение на базе микроконтроллерного оборудования модели PPM300 фирмы DEIF в соответствии с принятой компоновкой генераторных агрегатов электростанции. Режимы автоматизации электростанции следующие: FULL AUTO – SEMI AUTO – MANUAL – SHAFT (валогенератор) – SCADA. Причем в режиме «SCADA» реализуются все перечисленные режимы автоматики САЭЭС только с управлением от ПК (рабочее место инструктора или курсанта).

SG1 – SG2 – синхронные генераторы (бесщеточные) с цифровыми системами регулирования оборотов дизеля и напряжения возбуждения (Примерная мощность дизель-генераторов 20 и 32 кВт, причем дизель большей мощности – с электронным впрыском – аналог современных дизелей с возможностью мониторинга параметров и электронного управления, для реализации соответствующего направления подготовки курсантов);

EDG – аварийный дизель-генератор с автоматикой электростанции фирмы DEIF PPM300 соответствующего исполнения;

ESB – аварийный распределительный щит со своими классическими потребителями и автоматикой управления, проверками и т.п.;

SG3 – синхронный (бесщеточный) валогенератор (или валоповоротный привод гребного вала с преобразователем частоты FC) и возможностью реверса электроэнергии для двигательного режима работы SG3, с цифровой системой регулирования напряжения возбуждения, например, Unitrol 1020 (фирмы ABB). В качестве приводного двигателя SG3 может быть использован, например, PM постоянного тока с соответствующим комплектным преобразователем напряжения Sinamics DCM conv, с помощью которого можно имитировать режим работы главного двигателя судна и состояние моря. Если же SG3 переводится в режим ГЭД, тогда PM работает в режиме генератора, имитируя соответствующую нагрузку ГЭД;

BT – асинхронный двигатель подруливающего устройства с нагрузочным генератором, возможно с высоковольтным частотным преобразователем Altivar Process 1200. Тогда BT используется как HV Load;

HVT – высоковольтный трансформатор напряжения 380/2400 В. Для питания высоковольтного Altivar Process 1200 можно использовать существующий высоковольтный трансформатор 380/6600 В, который размещен в теперешней лаборатории высоковольтного оборудования на базе SM6, проложив соответствующий кабель к секции ГРЩ;

VT – (фазодвигающий) трансформатор напряжения;

HV Load – высоковольтная нагрузка (может быть Altivar Process 1200 с соответствующим напряжением питания);

SB1 – SB3 – распределительные щиты машинного отделения (МО), в которых может быть также размещена локальная автоматика механизмов и систем МО, а также элементы системы мониторинга параметров этих механизмов и систем МО;

PM – гребной электродвигатель постоянного тока с имитатором нагрузки на валу (в качестве такого имитатора нагрузки, как вариант, может быть SG3, отключенный от шин ГРЩ и отдельной линией питающий резистивную нагрузку (теплый пол, например) управляемую требуемым образом. Другим вариантом может быть, например, управляемый от ПЛК электромагнитный тормоз фирмы Merobel (Франция);

Sinamics DCM conv. – комплектный преобразователь напряжения постоянного тока Siemens исполнения 4Q с возможностью рекуперативного торможения и использования РМ как генератора;

АНФ, $\cos \varphi$ – активный фильтр гармоник плюс динамический компенсатор реактивной мощности;

ΣM Load – суммарная двигательная нагрузка, состоящая из различных вариантов современных электроприводов судовых механизмов МО (козловой кран машинного отделения, компрессоров, вентиляторов, насосов, системы кондиционирования с трехфазными двигателями, рефконтейнер и т.п.) с различными преобразователями, которые будут располагаться в машинном зале лаборатории;

ΣR – суммарная активная нагрузка (например, подогреватели для механизмов и систем МО, теплый пол при соединении резисторов в «звезду» и дискретным образом коммутируемый в каждой фазе, что позволит также имитировать асимметрию трехфазной системы САЭЭС).

Вариант структуры валогенератора с синхронным бесщеточным генератором и преобразователем частоты (ПЧ) представлен на рис 2.

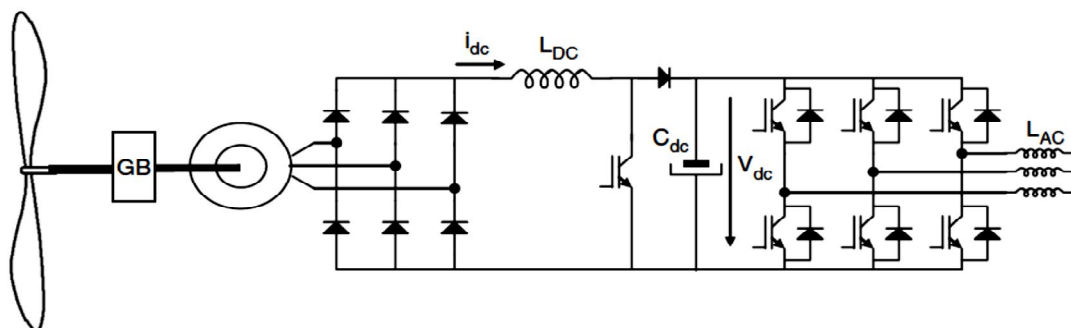


Рис.2 – Валогенератор с ПЧ

Полномасштабный тренажер судовой автоматизированной электроэнергетической системы (САЭЭС) состоит из:

- главного распределительного щита (ГРЩ) 3RN+N, трех основных и одного аварийного генераторных агрегатов;
- реальных судовых механизмов (потребителей) машинного отделения (МО) и механизмов грузового комплекса (палубных механизмов);
- помещения учебного класса, в котором 12 пользовательских рабочих мест операторов (курсантов) и одного рабочего место преподавателя (инструктора).

Краткий перечень задач, решаемых на тренажерном комплексе:

1. Отработка навыков по анализу современных судовых автоматизированных электроэнергетических систем, современной компоновки САЭЭС, схем распределения электроэнергии, включая высоковольтные. Изучение и практическая отработка действий оператора в различных режимах управления электростанцией. Аварийные сообщения и работа оператора с журналами аварий и событий. Изучение особенностей настройки защит и параметров регуляторов, генераторных автоматов. Отработка вопросов подключения и настройки микроконтроллеров для решения задач автоматизации типовых электростанций. Изучение и настройка защит и параметров регуляторов высоковольтных систем. Экономичная и безопасная эксплуатация дизель-генераторов, валогенераторов, аппаратов и устройств систем распределения. Анализ ситуаций и практической отработки действий оператора при различных способах управления в различных режимах работы электростанции, включая аварийные. Отработка алгоритмов автоматизации типовых электростанций и настройки микроконтроллеров. Настройка защит и параметров регуляторов с использованием соответствующего программного обеспечения, поиск и устранение неисправностей.

2. Получение навыков работы с современными программируемыми логическими контроллерами (ПЛК) на базе контроллеров фирм Mitsubishi Electric, DEIF, SELCO, EPCOS, Schneider Electric серий Alpha2, Q, FX3U, TeSYS U, Modicon M340, C6200, M2500, PPM, BR7000 и др. на примерах управления различными судовыми системами и комплексами. Знакомство с программой для конфигурации микроконтроллеров. Настройка и мониторинг микроконтроллера с помощью сервисного программного обеспечения. Состав и загрузка файлов конфигурации в микроконтроллер. Подключение к микроконтроллерам и использование дополнительных устройств (панели оператора, удаленного дисплея, ПК). Разработка типовых программ для ПЛК различных типов, направленных на решение конкретных судовых задач.

3. Приобретение навыков технического использования и обслуживания современных информационных и управляющих систем. Изучение и настройка параметров коммуникационных протоколов обмена данными между микроконтроллерами, отдельными локальными объектами управления, с системой дистанционного управления и мониторинга, используя реальное оборудование и средства автоматизации.

4. Использование современных энергосберегающих технологий, применяемых на судах, на примерах частотно-управляемых электроприводов различных судовых механизмов и систем, системы динамической компенсации реактивной энергии и повышения коэффициента мощности судовой электроэнергетической установки.

Выводы. Тренажер полномасштабной САЭЭС, обеспечивающий практическую подготовку и проверку компетенций офицеров машинной команды по функциям «Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления», и «Техническое обслуживание и ремонт» всецело отвечает требованиям раздела А-І/12 Кодекса ПДНВ 78 с Манильскими поправками, выполнен на реальном оборудовании и средствах автоматизации, отвечает реальной конфигурации и компоновке судовой автоматизированной электростанции с реальными потребителями и типовой нагрузкой.

Тренажер соответствует целям и задачам подготовки, а также целям и задачам проверки компетентностей офицеров машинной команды; воспроизводит реальные условия эксплуатации САЭЭС для получения обучаемым навыков технического обслуживания и ремонта, отвечающих целям подготовки, а также позволяет продемонстрировать эти навыки для целей оценки компетентностей; обеспечивает контролируемую эксплуатационную обстановку, включая нештатные и аварийные ситуации, отвечающие целям и задачам подготовки, а также позволяет имитировать различные эксплуатационные ситуации.

Тренажер обеспечивает возможность обучаемому с любого компьютеризированного рабочего места или непосредственно с помощью реальных органов управления управлять как электростанцией, так и отдельными электромеханическими объектами в автоматизированном или автоматическом режимах работы, проследить за рабочими параметрами объектов управления.

Тренажер обеспечивает возможность преподавателю (инструктору) отслеживать и регистрировать действия обучаемого с целью дальнейшего анализа допущенных ошибок.

Указанные тренажеры выполнены с возможностью удаленного управления, мониторинга и дистанционного доступа к учебно-методическим и справочным материалам.

Будущий судовой инженер, изучив реально функционирующее, сложное оборудование, получает достаточные знания, позволяющие ему эффективно реализовывать требуемые функции управления, технической эксплуатации, задачи диагностики, параметризации, что весьма актуально для современного морского специалиста. Это, несомненно, повысит безопасность эксплуатации судна и оборудования, а также позволит оперативно решать конкретные инженерные задачи.

Программа тренажерной подготовки полностью охватывает минимальные компетенции, знания, понимания и профессионализм, указанные в разделе А-ІІІ/6

Международной Конвенции ПДНВ 78 для судовых электромехаников, а также в разделе А-III/1 и А-III/2 для судовых механиков. Поэтому время обучения на подобных, реально функционирующих и максимально приближенных к судовой конфигурации тренажерных комплексах, имеющих сертификат морских Классификационных Обществ, может быть зачтено в общем 12-ти месячном цензе практической подготовки будущих электромехаников и механиков. Это важно, если иметь в виду, что в судовых условиях не всегда есть возможность имитации всевозможных аварийных ситуаций и режимов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ланчуковский В.И. Безопасное управление судовыми энергетическими установками: Учебник. – Одесса: Астропринт, 2004. – 232 с.
2. Міжнародна конвенція про підготовку і дипломування моряків та несення вахти 1978 (консолідований текст з манільськими поправками) – К.: ВПК «Експрес - Поліграф», 2012 – 568 с.
3. Муха Н.И., Дранкова А.О. О технико-эксплуатационных требованиях к полномасштабному тренажеру судовой автоматизированной электроэнергетической системы / Материалы научно-технической конференции «Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах» 23.09.2013 – 27.09.2013 – Севастополь: СевНТУ, 2013. – С. 162-168.
4. Муха Н.И., Дранкова А.О. О практической подготовке судовых электромехаников и механиков // Электротехнические и компьютерные системы. Инновации в учебном процессе. Научно-технический журнал. – Киев : Техника, 2014. – Вып. 15(91). – С. 416-422.

ПРОБЛЕМИ УРАХУВАННЯ УСПІШНОСТІ ШКІЛЬНОГО НАВЧАННЯ АБІТУРІЄНТІВ В ПОКАЗНИКАХ ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ

Рева О.М.

Національний авіаційний університет
(Україна, м. Київ),

Камишин В.В., Добровольська Н.А.

Інститут обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України
(Україна, м. Київ)

Вступ. Рівноправне входження української держави до європейського співтовариства неможливе без суттєвого і ефективного зростання національної економіки, яке може забезпечити, у тому числі, й добре підготовлений у вищих навчальних закладах (ВНЗ) персонал. І чим об'єктивніше відбувається відбір абітурієнтів до ВНЗ, тим кращі спеціалісти прийдуть в свій час на виробництво. Очевидно, що такого роду відбору має сприяти зовнішнє незалежне оцінювання (ЗНО), яке, не зважаючи на певні негаразди, недосконалість і навіть кримінальні зловживання у його проведенні з боку деяких посадовців, чому наразі стало свідком українське суспільство, немає альтернативи. Очевидно також, що у підсумкових показниках ЗНО мають обов'язково бути враховані узагальнені результати шкільного навчання, подані у відповідних атестатах абітурієнтів, оскільки країні потрібна саме всебічно розвинута, добре вихована і освічена молодь. Тому врахування у ЗНО інтегративного показника шкільного навчання сприятиме зацікавленості тих, хто навчається, в належному опануванні усім спектром навчальних дисциплін (НД), що ними вивчаються.

Актуальність досліджень. Співвідношення оцінок 12-бальної шкали з відповідними показниками 200-бальної було нормативно встановлено Міністерством освіти і науки (МОН) України для потреб ЗНО у спеціальному наказі [1]. Однак, ґрунтовний аналіз зазначеного співвідношення показує, що воно було визначено з певними порушеннями основних положень теорії кваліметрії [2-18 та ін.], про що переконливо свідчить наступне.

Достатньо популярна у дидактиці 12-тибальна шкала оцінювання знань з точки зору теорії вимірювань є не кількісною, а якісною і є різновидом так званої шкали впорядкування (ранжування). Оцінки цієї шкали дозволяють робити лише якісне порівняння рівнів навчальних досягнень (РНД) школярів і не дають відповіді на питання, на скільки, чи у скільки разів один з них є більш обізнаним перед іншим з певної навчальної дисципліни (НД). Адже дійсно, хіба можна стверджувати, що школяр, який отримав максимальну оцінку по цій шкалі у шість разів більш обізнаний з певної НД, ніж той, хто має усього двійку? Тому будь-які арифметичні перетворення з якісними (за суттю, - ранговими) оцінками 12-тибальної шкали є неприйнятними. А саме це, тобто знаходження середнього арифметичного оцінок атестату, й покладено МОН в основу інтегративної оцінки успішності шкільного навчання.

Прийнята для ЗНО 200-бальна шкала є різновидом унікальних, з точки зору теорії вимірювань, абсолютних шкал і можливість її застосування для оцінювання знань була передбачена дослідженнями [19] майже 30 років тому. Ними було встановлено, що досвідченим викладачам зазвичай не вистачає континууму 100-бальної шкали для розрізнення студентів за РНД, тому вони застосовують додаткові «дробові» бали.

Більш того, співвідношення між оцінками 12-ти бальної і 200-бальної шкал, про яке йдеться, навіть якщо не приймати до уваги неправомірність виконання будь-яких математичних перетворень над якісними (ранговими) оцінками першої з них, не має наукового обґрунтування. А саме.

По-перше, знаходження інтегративного показника успішності шкільного навчання

з точки зору системного аналізу має розглядатися як вирішення однокрокової задачі прийняття рішень з векторним показником ефективності [8; 17; 20; 21 та ін.]. У зв'язку з цим пропонується МОН об'єднання звичайного середнього балу атестату відповідає реалізації так званого адитивного підходу до знаходження інтегративної оцінки успішності шкільного навчання, який є незвичайно простим, але ж дає і найбільш ризиковані результати, що може сприяти виникненню так званих у статистиці помилок I – II роду [22], коли школяр з реально більш високим РНД по сукупності НД отримує гіршу інтегративну оцінку і навпаки. Тому ще раз наголошуємо на неможливості здійснювати будь-які математичні перетворення, у тому числі знаходити середні значення, з якісними оцінками 12-тибальної шкали.

По-друге, середня оцінка атестату теоретично може дорівнювати і одиниці, оскільки нормативно визначено, що усі оцінки 12-тибальної шкали є позитивними, тому під час будь-якої атестації школярі нібито морально не травмуються за умов отримання таких оцінок. І цій одиниці поставлено у відповідність 106 балів 200-бальної шкали, чому немає наукового обґрунтування.

По-третє, середній бал атестату обчислюється з точністю до десятих. Для інтервалу середніх оцінок атестату 1-4 бали їх відповідність на континуумі 200-бальної шкали забезпечується з кратністю 0,6 балів. Відповідність інших усереднених показників атестату, що відповідає діапазону 4,1-12 балів, встановлюється поперемінно з кратністю або 0,9 балів, або 1 бал 200-бальної шкали. Наведене не має наукового обґрунтування.

З іншого боку, під час впровадження у шкільну освіту 12-тибальної шкали була введена додаткова диференціація оцінок 4-хбальної шкали і встановлена адекватність між оцінкою «3» 4-хбальної і оцінкою «4» 12-тибальної шкали [23]. Тому справедливо припустити, що «3» 4-хбальної шкали має також бути віднесеною до так званого «прохідного балу» 4-хбальної шкали, з якої й «виросла» 12-тибальна. Тому було б логічно перевести середні оцінки атестату, що дорівнюють 3,1 – 4 балам 12-тибальної шкали у 200-бальну шкалу також з поперемінним кроком 0,9 балів та 1 бал. Однак, в такому випадку якщо інтегративна (усереднена) оцінка атестату складе 1 бал, то це відповідатиме балам 98,4 балам 200-бальної шкали...

По-четверте, фактично спостережена лінійна залежність між співвідношеннями усереднених оцінок атестату і відповідним значенням 200-бальної шкали не відповідає мотиваційним чинникам досягнення успіху в навчанні [24; 25]. Більш того, складається враження, що встановлюючи досліджувані співвідношення їх розробники «танцювали» від максимальних показників, йдучи «назад» для виходу на показник 106 балів і штучно підбираючи ці співвідношення, які не піддаються логічному поясненню.

Відомі дослідження, в яких, спираючись на методи нечіткої математики [8; 26-28 та ін.] якісні оцінки шкали впорядкування, що застосовуються при встановленні РНД тих, хто навчається, уявляються термами (термінами) відповідної лінгвістичної змінної (ЛЗ). Далі за допомогою експертної інформації, що визначається «точкою на шкалі об'єктивних успіхів» по спеціальній методиці при аргументі – континуумі 100-бальної шкали будуються функції належності (ФН), які розглядаються і аналізуються як нечіткі моделі кількісно-якісної кваліметрії знань [17; 29-32 та ін.]. Нескладно, застосовуючи зазначені методи побудувати функції належності на континуумі вже 200-бальної шкали. Однак, при цьому виникають методологічні труднощі наступного характеру:

1) кожній якісній оцінці 12-тибальної шкали буде відповідати не окрема точка, а деякий науково-обґрунтований інтервал континууму 200-бальної. Якщо граничні показники цього інтервалу будуть відповідати значенням функції належності, не меншим так званої «точки переходу» Л. Заде [26], то він «скоріше належатиме» цій якісній оцінці. І оскільки для знаходження інтегративної оцінки успішності шкільного навчання потрібні значення саме окремих реперних точок континууму 200-бальної шкали, які найкращим чином характеризують увесь інтервал, то з урахуванням рекомендацій праці [33] необхідно провести спеціальні дослідження з введення спеціальних імперативів на

значення функцій належності;

2) 200-бальна шкала, хоча і відноситься до унікальних за своїми властивостями абсолютних шкал, не застосовується у навчальних закладах, тому складно сформувати репрезентативну експертну групу, яка б змогла поставити у відповідність кількісним вимірам цієї шкали, якісні оцінки 12-тибальної;

3) думки старшокласників можуть бути застосовані для побудови відповідних функцій належності термі 12-тибальної шкали на континуумі 200-бальної, однак, як показує досвід досліджень [34], отримані від них результати характеризують, насамперед, мотиваційні уявлення випробуваних щодо майбутніх результатів ЗНО.

Таким чином, підсумовуючи наведене, можна зробити висновок щодо необхідності вдосконалення процесів, методів, технологій, процедур урахування результатів шкільного навчання у показниках ЗНО.

Постановка задачі. Виходячи з виявлених недоліків нормативних рекомендацій щодо урахування результатів шкільного навчання у показниках ЗНО та враховуючи, що ця проблема недостатню досліджена, метою цієї публікації є:

- дефазифікація оцінок 12-тибальної шкали та переведення їх у абсолютну шкалу за допомогою «зважених» коефіцієнтів бажаності;
- встановлення більш досконалого інтегративного показника навчання та визначення критеріїв його подальшого застосування у ЗНО.

Результати досліджень. Отже, враховуючи результати досліджень [35-38], вважаємо можливим здійснити дефазифікацію якісних (рангових) оцінок 12-тибальної шкали, привласнюючи їм відповідні «зважені» коефіцієнти бажаності (прийнятності, привабливості, значущості, вагомості), що відповідатиме переходу якісних оцінок до кількісних показників абсолютної шкали. Для цього слід спочатку звернутися до тривіального уявлення пріоритетності оцінок 12-тибальної шкали:

$$\tilde{R}_{12} > \tilde{R}_{11} > \tilde{R}_{10} > \tilde{R}_9 > \tilde{R}_8 > \tilde{R}_7 > \tilde{R}_6 > \tilde{R}_5 > \tilde{R}_4 > \tilde{R}_3 > \tilde{R}_2 > \tilde{R}_1, \quad (1)$$

де \tilde{R}_i – умовна позначка відповідного терму (якісної, лінгвістичної назви) i -тої оцінки 12-бальної шкали.

Далі нескладно встановити попарну порівняльну цінність зазначених оцінок [8; 17; 39; 41 та ін.]:

$$c_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{якщо } \tilde{R}_i > \tilde{R}_j \\ 0, & \text{якщо навпаки, } \tilde{R}_j > \tilde{R}_i \end{cases} \quad (2)$$

Спираючись на квадратну матрицю попарних порівнянь цінностей оцінок 12-тибальної шкали $C = \|c_{ij}\|$, яка будується по результатах застосування виразу (2) до впорядкованої пріоритетності оцінок 12-тибальної шкали, ілюстрованої виразом (1), нескладно застосувати для її обробки так званий метод розстановки пріоритетів (МРП), відомий також, як «задача про лідера» [39; 42], що дало змогу отримати значення «зважених» коефіцієнтів бажаності оцінок 12-тибальної шкали для n -ох ітерацій застосування МРП (табл. 1).

Як бачимо з табл. 1, при прийнятій точності обчислень і безперервному уточненні (диференціації) коефіцієнтів бажаності на кожній наступній ітерації, одиниця, як найгірша оцінка 12-тибальної шкали, виходить на нульовий коефіцієнт бажаності. Застосовувати результати I ітерації недоречно, оскільки вони відображають лінійну залежність коефіцієнтів бажаності. Таким чином, вважаємо доцільним застосовувати в подальшому коефіцієнти бажаності, отримані на III ітерації застосування МРП, оскільки при прийнятій точності обчислень саме на цій ітерації забезпечується максимальна диференціація шуканих коефіцієнтів.

Таблиця 1 – Результати застосування методу розстановки пріоритетів для встановлення «зважених» коефіцієнтів бажаності оцінок 12-тибальної шкали

| Оцінки 12-бальної шкали, \tilde{R}_i | «Зважені» коефіцієнти бажаності оцінок $\alpha_{\tilde{R}_i}$ на i -тій ітерації застосування методу розстановки пріоритетів | | | |
|--|--|--------|--------|--------|
| | I | II | III | IV |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| \tilde{R}_{12} | 0,1598 | 0,2158 | 0,2851 | 0,3446 |
| \tilde{R}_{11} | 0,1458 | 0,1963 | 0,2193 | 0,2427 |
| \tilde{R}_{10} | 0,1319 | 0,1448 | 0,1647 | 0,1657 |
| \tilde{R}_9 | 0,1181 | 0,1288 | 0,121 | 0,1084 |
| \tilde{R}_{12} | 0,1042 | 0,1004 | 0,0873 | 0,0667 |
| \tilde{R}_{12} | 0,0903 | 0,0755 | 0,0563 | 0,0379 |
| \tilde{R}_{12} | 0,0764 | 0,0631 | 0,0345 | 0,0197 |
| \tilde{R}_{12} | 0,0625 | 0,0364 | 0,0183 | 0,0091 |
| \tilde{R}_{12} | 0,0486 | 0,0222 | 0,0089 | 0,0037 |
| \tilde{R}_{12} | 0,0347 | 0,0115 | 0,0035 | 0,0012 |
| \tilde{R}_{12} | 0,0208 | 0,0044 | 0,001 | 0,0003 |
| \tilde{R}_{12} | 0,0069 | 0,0008 | 0,0001 | 0,0000 |
| Σ | 1 | 1 | 1 | 1 |

Маючи «зважені» коефіцієнти бажаності оцінок, нескладно реалізувати вже мультиплікативний підхід до знаходження інтегративного показника шкільного навчання, застосовуючи функцію бажаності Харрінгтона (E. C. Harrington) [20; 21; 43; 44], яка стосовно специфіки наших досліджень буде мати наступний вид:

$$\varphi = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \alpha_{\tilde{R}_i}}, \quad (3)$$

де n – кількість НД, з яких атестований випускник.

Мультиплікативна функції агрегації вигляду (3) припускає можливість не абсолютної, як у випадку реалізації адитивного підходу, а відносної часткової компенсації невисоких значень РНД за одними НД, високими значеннями по інших, що в цілому відповідає практиці навчання. При цьому дослідження [20; 21; 44; 45] показали, що формула виду (3) дійсно може бути кількісним, однозначним, єдиним і універсальним інтегративним показником успішності шкільного навчання. А враховуючи ще і такі її властивості як адекватність, ефективність і статистична чутливість, узагальнену функцію бажаності (3) дійсно можна застосовувати як критерій оптимізації. Більш того, дослідження [45] переконливо довели, що запропонований мультиплікативний підхід сприяє запобіганню виникнення помилок I-II роду.

Отримавши інтегративний показник шкільного атестату виду (3), нескладно його пронормувати, орієнтуючись на цільовий показник – коефіцієнт бажаності найкращої оцінки 12-тибальної шкали $\alpha_{\tilde{R}_{12}}$, що й відповідає переходу до 200-бальної шкали:

$$\varphi_{\text{ціл}} = \frac{\varphi}{\alpha_{\tilde{R}_{12}}} \cdot 200 = \frac{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^n \alpha_{\tilde{R}_i}}}{\alpha_{\tilde{R}_{12}}} \cdot 200, \quad (4)$$

Таким чином, мета дослідження досягнута.

Висновки. Виходячи з отриманих і поданих нових наукових результатів, слід констатувати, що застосування методології теорії кваліметрії і системного аналізу сприяло

принциповому і науково-обґрунтованому вирішенню проблеми урахування успішності шкільного навчання в показниках ЗНО. А саме, уперше здійснений перехід від якісних оцінок 12-тибальної шкали впорядкування до кількісних показників абсолютної шкали, в якій цим оцінкам привласнені відповідні «зважені» коефіцієнти бажаності, отримані за допомогою МРП. Також уперше інтегративний показник успішності шкільного навчання визначений шляхом реалізації мультиплікативної функції агрегації, в якості якої було застосовано адаптовану для потреб досліджень функцію бажаності Харрінгтона. Узявши за основу цільовий показник – коефіцієнт бажаності найкращої оцінки $\alpha_{\tilde{R}_{12}}$, здійснене нормування інтегративного показника успішності шкільного навчання для його переведення у 200-бальну шкалу. Подальши дослідження доцільно проводити, по-перше, у напрямку встановлення емпіричної ефективності розроблених рекомендацій з позицій запобігання помилок I-II роду і, по-друге, уточнення значень коефіцієнтів бажаності оцінок 12-тибальної шкали, наприклад, за допомогою методу аналізу ієрархій Т Сааті (T. L. Saaty) [46].

ЛІТЕРАТУРА

1. Умови прийому на навчання до вищих навчальних закладів України в 2016 році. Затверджено Наказом Міністерства освіти і науки України 15 жовтня 2015 року № 1085. Зареєстровано в Міністерстві юстиції 04.11.2015 № 1351/27796.
2. Супес П. Основы теории измерений / П. Супес, Р. Зинес // Психологические измерения. – М. : Мир, 1967. – С. 9–110.
3. Гласс Дж. Статистические методы в педагогике и психологии / Дж. Гласс, Дж. Стенли ; общ. ред. Ю. П. Адлера ; пер. с англ. Л. И. Харусовой. – М. : Прогресс, 1976. – 496 с.
4. Пфанцагль И. Теория измерений / И. Пфанцагль. – М. : Мир, 1976. – 248 с.
5. Марченко Е. К. Методы квалиметрии в педагогике / Е. К. Марченко. – М. : Знание, 1979. – 33 с.
6. Розенберг Н. М. Проблемы измерений в дидактике / Н. М. Розенберг ; под ред. Д. А. Сметанина. – К. : Вища школа, 1979. – 175 с.
7. Михеев В. И. Моделирование и методы теории измерений в педагогике / В. И. Михеев. – М. : Высшая школа, 1987. – 200 с.
8. Надежность и эффективность в технике : справочник в 10 т. – Т. 3: Эффективность технических систем / под общ. ред.: В. Ф. Уткина, Ю. В. Крючкова. – М. : Машиностроение, 1988. – 328 с.
9. Субетто А. И. Введение в квалиметрию высшей школы. – Кн. 1. Общие основания квалиметрии высшей школы / А. И. Субетто. – М. : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 1991. – 84 с.
10. Одерій Л. П. Кваліметрія вищої освіти: методологія та інструментарій : монографія / Л. П. Одерій. – К. : МКА. УЗМН, 1996. – 264 с.
11. Циба В. Т. Основи теорії кваліметрії : навч. посіб / В. Т. Циба. – К. : ІЗМН, 1997. – 160 с.
12. Федієнко В. В. Шляхом Болонського процесу: Порівняльний аналіз ефективності шкал вимірювання і оцінювання знань / В. В. Федієнко // Наукові праці академії. – Вип. ІХ. – Кіровоград : ДІАУ, 2005. – С. 212–232.
13. Васильев В. И. Основы квалиологии и квалиметрии образования / В. И. Васильев, Т. Н. Тягунова. – М. : Изд. центр ЕАОИ, 2007. – 280 с.
14. Максимова О. П. Шкали кваліметрії недисциплінованості студентів / О. П. Максимова // Проблеми освіти: наук.-метод. зб. – К. : ПТЗО, 2007. – Вип. 51. – С. 73–80.
15. Кириллов В. И. Квалиметрия и системный анализ : учеб. пособ. / В. И. Кириллов. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2011. – 440 с.

16. Оглезнева Л. А. Кваліметрія : учеб. пособ. / Л. А. Оглезнева. – Томск : ТПУ, 2012. – 215 с.
17. Камишин В. В. Методи системного аналізу у кваліметрії навчально-виховного процесу : монографія / В. В. Камишин, О. М. Рева. – К. : ТОВ «Інформаційні системи», 2012. – 270 с.
18. Камишин В. В. Системно-інформаційний аналіз ефективності шкал кваліметрії академічної обдарованості / В. В. Камишин // Проблеми інформатизації та управління : зб. наук. пр. – К. : НАУ-друк, 2013. – Вип. 2 (42). – С. 45–55.
19. Перегудов Ф. И. Введение в системный анализ : учеб. пособ. / Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко. – М. : Высшая школа, 1989. – 367 с.
20. Камышин В. В. Разработка методических рекомендаций для педагогов по интегральной оценке академической и интеллектуальной одаренности обучающихся / В. В. Камышин // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. – Челябинск : ЧИППКРО, 2013. – № 3–4 (16–17). – С. 108–118.
21. Камышин В. В. Совершенствование шкалы Харрингтона для интегральной оценки академической одаренности / В. В. Камышин, А. Н. Рева // Обдаровані діти – інтелектуальний потенціал держави : матеріали Міжнародної наук.-практ. конф., (сmt. Гаспра, АР Крим, 26–30 верес. 2013 р.). – К. : Інститут обдарованої дитини, 2013. – С. 23–33.
22. Вентцель Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – М. : Наука, 1969. – 576 с.
23. Критерії оцінювання навчальних досягнень у системі загальної середньої освіти (проект) // Освіта, 23-30 серпня 2000 р., № 37
24. Аткинсон Р. Введение в математическую теорию обучения / Р. Аткинсон, Г. Бауэр, Э. Кротерс ; пер. с англ. – М. : Мир, 1969. – 487 с.
25. Аткинсон Р. Человеческая память и процесс обучения / Р. Аткинсон ; пер. с англ. – М. : Прогресс, 1980. – 528 с.
26. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Заде Л. ; под ред. Н. Н. Моисеева, С. А. Орловского ; пер. с англ. Н. И. Ринго. – М. : Мир, 1976. – 165 с.
27. Шапиро Д. И. Принятие решений в системах организационного управления: Использование расплывчатых категорий / Д. И. Шапиро. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 184 с.
28. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств / А. Кофман ; под ред. С. И. Травкина ; пер. с франц. В. Б. Кузьмина. – М. : Радио и связь, 1982. – 432 с.
29. Рева О. М. Шляхом Болонського процесу: комплекс моделей кваліметрії і узгодженості рівнів навчальних досягнень студентів у різних оцінних системах / О. М. Рева, В. В. Федієнко // Проблеми освіти : наук.-метод. зб. – К. : ІТЗО, 2007. – Вип. 50. – С. 3–7.
30. Федієнко В. В. Шляхом Болонського процесу: Кваліметрія знань студентів у 12-тибальній шкалі в умовах запровадження об'єктивного тестового контролю / В. В. Федієнко // Педагогіка і психологія формування творчої особистості: проблеми і пошуки : зб. наук. пр. – Запоріжжя : ІППО, 2007. – Вип. 43. – С. 329–336.
31. Камышин В. В. Модели нечеткой кваліметрии и сопоставления уровней учебных достижений студентов в разных оценочных шкалах / В. В. Камышин, А. Н. Рева, М. К. Байджуманов // Стратегия качества в промышленности и образовании : материалы IX Междунар. конф., (Варна, Болгария, 31 мая – 7 июня 2013 г.) : в 3-х т. – Т. II. – Днепропетровск ; Варна, 2013. – С. 411–416.
32. Камышин В. В. Нечеткая модель кваліметрии академической одаренности школьников при объективном контроле знаний / В. В. Камышин // Одаренный ребенок : науч.-практ. журн. – М., 2013. – № 3. – С. 16–25.
33. Камишин В. В. Імперативи у встановленні прохідного балу рівнів навчальних

досягнень студентів / В. В. Камишин // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія та практика : зб. наук. пр. – Вип. 11. – К. : Інститут обдарованої дитини, 2013. – С. 49–59.

34. Камышин В. В. Нечеткие модели квалиметрии результатов внешнего независимого оценивания как методическое наполнение программ обучения старшеклассников информационным технологиям / В. В. Камишин // Информационные телекоммуникационные сети : профессиональный журн. – Республика Казахстан, 2013. – № 7–8 (83–84). – С. 16–21.

35. Рева О. М. Кількісна і лінгвістична відповідність рівнів сформованості компетентності студентів / О. М. Рева, В. В. Камишин, О. В. Тімець // Навчання і виховання обдарованої дитини: теорія і практика : зб. наук. пр. – Вип. 14. – К. : ІОД, 2010. – С. 88–101.

36. Рева О. М. Лінгвістично-статистичний підхід до формування відповідей респондентів на тестові завдання. / О. М. Рева, Л. М. Макаренко, Р. П. Бідненко // Людський чинник у транспортних системах (ЛЧТС): матеріали II Міжнародної наук. конф. – Київ, 2-3 червня 2010 р. – К.: ДНДЦ ЗТУ, 2010. – С. 51-52.

37. Камишин В. В. Процедура фазифікації / дефазифікації балів шкал оцінювання / В. В. Камишин, О. М. Рева, Л. М. Макаренко, О. М. Медведенко // Електроніка та системи управління : наук. журн. – К. : НАУ, 2012. – № 3 (33). – С. 53–62.

38. Камишин В. В. Дефазифікація бальних шкал для отримання коефіцієнтів бажаності їх оцінок / В. В. Камишин // Освіта та розвиток обдарованої особистості : щомісяч. наук.-метод. журн. – К. : ІОД НАПН України, 2013. – № 11 (18). – С. 53–60.

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

40. Герасимов Б. М. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень : навч. посіб. / Б. М. Герасимов, В. М. Локазюк, О. Г. Оксіюк, О. В. Поморова. – К. : Вид-во Європейського ун-ту, 2007. – 335 с.

41. Самохвалов Ю. Я. Экспертное оценивание: Методический аспект / Ю. Я. Самохвалов, Е. М. Науменко. – К. : ДУІКТ, 2007. – 362 с.

42. Берж К. Теория графов и ее применение / К. Берж ; пер. с франц. – М. : ИЛ, 1962. – 320 с.

43. Harrington E. C. Desirability Function / E. C. Harrington // Industrial Quality Control, april 1965. – v. 21. - № 10. – p. 494-498.

44. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 278 с.

45. Мультипликативный подход к интегральной оценке уровня профессиональной подготовки авиационных операторов / А. Н. Рева, В. А. Шульгин, С. П. Борсук [и др.] // Elmi məstüəlg: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin, - Bakı, İyul – Sentyabr 2014. – Child 16. – С. 42-53.

46. Саати Т. Принятие решений: Метод анализа иерархий [Текст]: пер. с англ. Р. Г. Вачнадзе / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЫ

Соколов А.Е., Соколова О.В.

Херсонский национальный технический университет
(Украина)

Введение. В современном обществе подготовка специалистов транспортной сферы невозможна без применения компьютеризированных систем обучения (КСО). В процессе построения КСО одной из важнейших задач является задача моделирования системы накопления знаний. Анализ создания оптимальных систем накопления знаний [1] (система обучения является частным случаем системы накопления информации) показывает, что сложность процесса требует его описания с позиции обобщенных переменных. Естественным подходом в этом случае является использование информационных методов.

Представление моделей системы обучения с использованием традиционных стохастических моделей не позволяет получить адекватные продуктивные алгоритмы обучения, так как процесс обучения можно назвать стохастическим с большой натяжкой.

Для моделирования процесса накопления знаний предлагается использовать энтропийные меры информации. Проведен сравнительный анализ различных подходов к измерению энтропии: классической термодинамической энтропии Р.Клаузиуса, энтропии Л.Больцмана, энтропии Дж. Гиббса, энтропии Кульбака, энтропии Крылова-Колмогорова-Синяя, информационной энтропии К. Шеннона.

Постановка задачи. С целью получения алгоритма обучения оптимального по отношению к функционалам цели рассматривается задача оптимального управления процессом накопления знаний.

Основное содержание. Исходя из модели информационного пространства, предложенного в [1,2], с нормой:

$$\|a_i\|_I = -\log_{\alpha} P_i$$

и метрикой:

$$\alpha(a_i, a_j)_I = -\log_{\alpha} P(a_j / a_i),$$

Обучение будем рассматривать как формирование ожидаемых величин:

$$\begin{aligned} M\{\|a_i\|\} &= M\{-\log_{\alpha} P_i\} = H_i, \\ M\{\alpha(a_i, a_j)_I\} &= M\{-\log_{\alpha} P(a_j / a_i)\} = H_{i/j}. \end{aligned} \quad (1)$$

То есть формируются энтропии системы по отношению к i и j объектам. Естественно в таком случае рассматривать память системы, где накапливается отложенная – ожидаемая реакция.

Предложено [2] рассматривать обучение как движение в информационном пространстве с вектором состояния \vec{H} , имеющим компоненты H_1, \dots, H_n :

$$\vec{H} = \left\{ \begin{array}{c} H_1 \\ \dots \\ H_n \end{array} \right\}, \quad \vec{H}_i = \left\{ \begin{array}{c} H_{i/1} \\ \dots \\ H_{i/m} \end{array} \right\},$$

где H_i – это ожидаемая информация i -го сообщения, и $H_{i/j}$ – расстояние, представленное гипотезой, что i -тое сообщение a_i соответствует j -тому образу a_j , где буквы в индексе i/j указывают на условный характер распределения.

Предположим, что в системе обучения есть обучающий – источник сообщения (информации, образа) и обучающий – приемник информации, который тоже формирует (генерирует) ответное сообщение. При этом сообщение, генерируемое приемником,

естественно связано с выдвигением приемником гипотезы, что i -тое сообщение соответствует j -тому образу.

Поэтому нужно измерить отклонение события от гипотезы, но чтобы осуществить это, прежде всего, нужно определить норму и метрику, так как говорить о мере (расстоянии) возможно только после определения метрики.

Обозначим как в [3] вектор, который формирует обратная связь $H_j = \vec{U}$, вектор отклонения гипотезы и события $H_{i,j} = \Delta \vec{H}$ и вектор информации, поступающей из внешней среды вне системы обучения $\vec{H}_k = V$, получаем для данной системы с учетом измерения во времени $\vec{H} = \vec{H}(t)$; $\Delta \vec{H} = \Delta \vec{H}(t)$, $\vec{U} = \vec{U}(t)$, наблюдение на выходе $\vec{Y} = Y$ и возмущение $\vec{G} = \vec{G}(t)$ получаем линейное приближение

$$\begin{cases} \dot{H}(t) = A(t)H(t) + B(t)U(t) + G(t)V(t), \\ Y(t) = C(t)H(t) + D(t)U(t) + Q(t)V(t) \end{cases} \quad (2)$$

В системе (2) матрицы линеаризованной модели динамической системы: A – матрица объекта, которая описывает динамику движения объекта при отсутствии управления, B – матрица управления, описывающая влияние компонент вектора управления на объект, G – матрица возмущений, описывающая воздействие внешней среды на объект, матрица C – матрица выхода, которая описывает взаимодействие объекта с внешней средой, D – описывает влияние управления на выход, Q – влияние возмущений на выход. Таким образом (2) – это описание многомерной линейной динамической системы в пространстве состояний.

При естественном предположении, что скорость изменения элементов матрицы A много меньше скорости изменения элементов вектора H :

$$\max \frac{dB(t)}{dt} \ll \max \frac{dU(t)}{dt}; \max \frac{dA(t)}{dt} \ll \max \frac{dH(t)}{dt}; \max \frac{dG(t)}{dt} \ll \max \frac{dV(t)}{dt}, \quad (3)$$

следует предположить квазистационарность матриц C , D , G . Таким образом, можно говорить о построении модели динамики накопления знаний и поставить задачу оптимизации. При этом собственные числа матрицы A определяют скорость изменения знаний при свободном движении системы без повторений, то есть практически скорость потери информации. Элементы других матриц системы (2) определяют чувствительность к воздействиям внешней среды.

Таким образом, полученная модель описывает процесс накопления знаний в его линейном приближении и постулирует принцип суперпозиции.

В рассматриваемом пространстве сложно оценить переменные состояния. Поэтому, используя гипотезу о первичности информации, запишем модель в пространстве функционалов цели:

$$\begin{aligned} \vec{J} &= \vec{J}(\vec{H}, c) \\ \left. \begin{aligned} \frac{d\vec{J}}{dt} &= A(t)\vec{J}(t) + B(t)U(t) + G(t)\vec{d}(t) \\ Y(t) &= C(t)J(t) + D(t)U(t) + Q(t)\vec{d}(t) \end{aligned} \right\} \quad (4) \end{aligned}$$

Формирование оценки предполагает, во-первых, стационарность и, во-вторых, выпуклость. Второе предполагает наличие квадратичного критерия цели:

$$R = \int_{t_0}^{t_1} \left(\vec{J}^T S \vec{J} + \vec{U}^T V \vec{U} \right) dt \quad (5)$$

и приводит к задаче

$$\vec{J}^*, \vec{U}^* \rightarrow \min R$$

$$\begin{cases} R(t_0) = R_0 \\ R(t_j) = R_j \end{cases}, \quad (6)$$

с ограничениями в виде системы (4).

Данная задача соответствует задаче накопления знаний с минимальными затратами и приводит к известному алгоритму АКОР.

Можно поставить задачу с максимальным быстродействием:

$$\begin{aligned} \vec{J}^*, \vec{U}^* &\rightarrow \min T \\ \begin{cases} R(t_0) = R_0 \\ R(t_j) = R_j \end{cases} \end{aligned}$$

при граничных условиях (6).

Выводы. Проанализирован процесс построения систем компьютеризированного обучения для подготовки специалистов транспортной сферы, в котором выделено моделирование систем накопления знаний. Сформулирована задача оптимального управления процессом накопления знаний при введенных ограничениях. Решение этой задачи приводит к теореме об n -интервалах, где n – равно числу рассматриваемых гипотез. При этом стратегия накопления знаний подразумевает учет заданий на каждом этапе. В пределе при неограниченных ресурсах воздействия задача переходит к задаче о скользящем режиме – максимальный объем входных знаний и максимально быстрое забывание за счет переключения потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов А.Е. Моделирование процесса принятия педагогического решения при компьютеризированном обучении / А.Е. Соколов, Е.О. Махова // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2010. – №1(25). – С. 59-61.

2. Соколова О.В. Определение нормы в информационной технологии накопления знаний / О.В.Соколова // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2014. – №7(66). – С.56-58.

3. Соколова О.В. Модель агента в информационной технологии накопления знаний /О.В.Соколова, А.Е.Соколов // Проблемы інформаційних технологій. – 2014. – №1(015). – С.150-154.

СЕКЦІЯ:
ТРЕНАЖЕРНІ СИСТЕМИ ТА ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТІ

ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР У СИСТЕМІ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА

Безлуцька О.П.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Безпека є основною якістю, необхідною для всіх видів транспорту. Особливе значення вона набуває в морському судноплаванні. Аварії суден призводять до значних збитків судноплавних компаній та власників вантажу, викликають забруднення морського середовища, а також призводять до загибелі людей.

Серед причин збільшення аварій на морському транспорті слід назвати ускладнення умов судноплавання, технічний прогрес в суднобудівництві, інтенсивність руху суден, а головне – вплив людського фактору.

За статистикою з вини людини відбувається понад 80 % аварій. З вини судноводіїв – 25 %, лоцманів – 5 %, механіків – 2 %, рядового складу – 17 %, берегового складу – 14 %, інші – 14 % [6]. Людський фактор» вважається однією з вирішальних причин багатьох аварій: посадки на міліну, зіткнення суден, забруднення навколишнього середовища тощо. Саме «людський фактор» став причиною більшості «резонансних» аварій: катастрофи пасажирського лайнера «Титанік», загибелі судна «Адмірал Нахімов», парому Estonia, посадка на міліну лайнера «Costa Concordia» та ін.

З огляду на вище сказане, зниження впливу людського фактору на рівень безпеки судноплавання є досить актуальною науково-практичною проблемою.

Аналіз публікацій присвячених проблемі «людського фактору» показує, що дане питання є досить актуальним не лише для морського транспорту. Наприкінці ХХ на початку ХХІ ст. з'явилася значна кількість наукових досліджень зорієнтованих на попередження впливу «людського фактору» на аварійність в авіації [4] та на залізничному транспорті [1]. Що ж стосується морського транспорту, то останнім часом з'явилася низка статей присвячених означеній проблемі. Місцю «людського фактору» у системі безпеки судноплавання присвячені роботи таких фахівців морського та річкового флоту як В. Торський [7], М. Карбовець [3], С. Стандніченко [6], М. Григор'єв [2] та ін.

В науковій літературі існує декілька тлумачень поняття «людський фактор». Найчастіше під поняттям «людський фактор» розуміють специфічне позначення функціонування людини в системі соціальних, економічних, виробничих і науково-технічних відносин, всього того, що відноситься до людини як до суб'єкта діяльності в різних сферах суспільного життя. Деякі науковці визначають «людський фактор» як багатозначний термін, що описує можливість прийняття людиною помилкових або алогічних рішень в конкретній ситуації. В Циркулярі ІМО MSC 827 під «людським фактором» розуміються ненавмисні або навмисні дії членів екіпажу під час управління технікою та обладнанням як у звичайних експлуатаційних, так і екстремальних умовах, які могли привести або привели до нанесенню будь-якої шкоди або збитків для життя окремої людини, людського суспільства в цілому та/або для навколишнього середовища. Отже, людський фактор – це складна багатовекторна характеристика, що до того ж не є стабільною, а схильна до флуктацій.

Проблема людського фактору має дві складові: підвищення ефективності праці та забезпечення безпеки судноплавання.

Підвищення ефективності праці передбачає виявлення тих позитивних характеристик людини, підсилення та удосконалення яких дозволить підвищити продуктивність праці. Забезпечення безпеки судноплавання має на увазі виявлення негативних характеристик, які можуть стати причиною зниження (або навіть втрати) працездатності, порушень психіки, що призводить до виникнення морських аварій та інцидентів. В системі «людина – судно» психіка людини більш схильна до флуктацій, ніж технічний стан судна. Звідси і такий високий процент аварійності з причини людського фактору.

Серед основних причин морських аварій та інцидентів, що спричинені «людським фактором» слід назвати перевантаження та втоми. Адже робочий день довший ніж вісім годин, недосипання, стрес, понаднормові роботи, порушення добового ритму організму, недостатня укомплектованість екіпажів призводить до людських помилок. До «людського фактору» мають також відношення й негативні емоційні стани окремих членів екіпажу, конфліктні ситуації, паніка, зниження рівня мотивації професійної діяльності, проблеми комунікації, зловживання алкогольними напоями та наркотичними засобами.

Про вплив берегової служби на створення аварійних ситуацій слід говорити окремо. В гонитві за зниженням експлуатаційних витрат береговий персонал планує заходи судна в такі порти і у такій послідовності, яка найменш витратна, а не найбільш безпечна з точки зору судових операцій.

Зниження впливу «людського фактору» на рівень аварійності на морському транспорті, досить складне завдання. На його вирішення спрямовані зусилля усіх міжнародних організацій, призначенням яких є забезпечення безпеки морського судноплавства. Так, «людський фактор» є одним з актуальних напрямків наукових досліджень в Міжнародній Морській Організації (ІМО). Комітет ІМО з безпеки на морі на кожній своїй сесії включають у порядок денний своєї роботи питання, пов'язані з людським фактором.

Актуальним є також завдання оцінки, врахування та прогнозування впливу людського фактору на безпеку судна у процесі його експлуатації. Однак вирішення цього завдання можливе лише за наявності методів кількісної оцінки впливу людського фактору в залежності від умов експлуатації судна.

Головним базисом зниження впливу «людського фактору» на аварійність суден виступають професійні знання, уміння, навички та комунікації, а також постійне самовдосконалення та самоконтроль членів екіпажу. Важливе значення має вивчення психології, що допоможе моряку в процесі формування його як особистості, а також в ході професійної діяльності. Пріоритетними напрямками можуть бути:

- формування власної психічної гігієни та саморегуляції;
- удосконалення психоемоційної стійкості;
- розвиток професійно доцільних моряку рис характеру (мужності, відповідальності, наполегливості, працьовитості, тактовності);
- боротьба зі стресом за допомогою самоменеджменту психофізичних станів та мистецтва (книги, кіно, музика тощо);
- формування позитивної комунікації з усіма членами екіпажа.

Зниження рівня впливу «людського фактору» на аварійність суден зніме значну кількість проблем, які виникають у ході професійної діяльності моряка, але це може відбутися тільки у випадку відповідального ставлення до себе та інших; домінуванні гуманних принципів у побудові стосунків у середині екіпажа; припиненні дії принципу «всевладдя» та ін.

Таким чином, «людський фактор» є інтегральною характеристикою людини (або колективу) як суб'єкту професійної та трудової діяльності, що включає в себе параметри професійно важливих якостей, психічних станів працівника (адаптація, втоми, фрустрації, напруга та ін.), рушійних сил поведінки (мотивів, інтересів, відносин та ін.), соціально-рольових функцій (формальних та неформальних). З огляду на це, до роботи на морському транспорті слід залучати фахівців не лише в залежності від їх професійних компетентностей та фізичного здоров'я, але і з урахуванням психофізіологічних показників особистості з подальшим контролем цих показників у процесі роботи спеціаліста на посаді. Саме це може знизити вплив «людського фактору» на безпеку судноплавства.

ЛІТЕРАТУРА

1. Брусенцов В. Г. Надежность железнодорожных операторов как фактор безопасности движения // Брусенцов В. Г., Ворожбян М. И., Брусенцов О. В., Бугайченко И. И., Гончаров А. В. / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті – № 2. – Харьков, 2009. – С. 68-71.
2. Григорьев Н. Привлечь, обучить, удержать. Человеческий фактор : проблемы морского страхования / Николай Григорьев // Морское страхование. – № 4(09). – 2012. – С. 68-75.
3. Карбовец Н. В. Прогнозирование вероятности возникновения критической ситуации в эргатической системе на примере швартуемого судна / Н. В. Карбовец // Сборник научных трудов НГМА. Выпуск 9. – Новороссийск : РИО НГМА, 2004. – С. 71-77.
4. Кодола В. Г. Система средств подготовки летного состава XXI века // Кодола В. Г. / Вестник МНАПЧАК. – № 2, 2003. – С. 59-65.
5. Кристенсен Ж., Мейстер Д., Фоули П. Человеческий фактор : в 6 т . Т. 1. Эргономика – комплексная научно-техническая дисциплина / пер. с англ. В. П. Зинченко, В. М. Мунипов. – М. : Мир, 1991. – Т. 1. – С. 526-599.
6. Стадниченко С. М. Человеческий фактор на море: учебно-методическое пособие. – Одесса : Астропринт, 2003. – 192 с.
7. Торский В. Воспитание «культуры безопасности» как фактор обеспечения безопасности мореплавания / В. Торский // Транспорт. – 2012. – № 49. – С. 57-62.

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ В ТРАНСПОРТНОМ ЗАТОРЕ

Гюлев Н.У.

Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова
(Украина)

Введение. Транспортный поток представляет собой сложную систему, требующую постоянного управления. Активным элементом этой системы является водитель, от состояния которого во многом зависит эффективность работы транспортной системы города [1, 2].

При выполнении своих задач водитель постоянно сталкивается с препятствиями, которые тормозят и снижают эффективность его деятельности. Одной из важных таких проблем для водителя является транспортный затор, который возникает из-за превышения интенсивности дорожного движения над пропускной способностью улиц и дорог. Дорожные пробки способствуют росту психоэмоциональной напряженности водителя, которая приводит к временному расстройству некоторых психофизиологических функций [2–4].

Актуальность исследований. Транспортные заторы возникают вследствие неравномерного и случайного распределения потоков по участкам улично-дорожной сети. От качества организации дорожного движения зависит эффективность функционирования транспортной системы города. Знания о закономерностях формирования потоков во многом способствуют снижению воздействий транспортных заторов на функциональное состояние (ФС) водителей.

Вопросами формирования транспортных потоков, психофизиологическими особенностями водителей и организацией дорожного движения занимались много исследователей. В работах [5-10] рассмотрены закономерности формирования транспортных потоков и организация дорожного движения. При этом проблема влияния транспортных заторов на ФС водителей изучена не в полном объеме. В работах [2, 3, 11] рассмотрены некоторые психофизиологические аспекты работы водителя. В работе [12] освещены вопросы повышения эффективности работы транспортной системы города. Однако проблема влияния транспортного затора на ФС водителя и изменения его психофизиологических характеристик исследованы не в полном объеме.

Постановка проблемы. Эффективность функционирования транспортной системы города во многом зависит от применяемой технологии организации дорожного движения. Для разработки этой технологии необходимо знать закономерности формирования и управления транспортными потоками. Транспортный поток состоит из отдельных автомобилей, которые имеют разные динамические характеристики и которыми управляют водители с различной квалификацией и различными психофизиологическими характеристиками [8,13]. От психофизиологии водителя и его функционального состояния зависит время реакции водителя и динамический габарит автомобиля, который влияет на характеристики транспортного потока [14]. На водителя воздействуют транспортные заторы, ухудшая его функциональное состояние.

Это свидетельствует о важности проведения исследования по оценке влияния транспортного затора на функциональное состояние водителя.

Результаты исследований. С целью оценки влияния транспортных заторов на функциональное состояние водителей разных темпераментов были проведены экспериментальные исследования.

Функциональное состояние водителя оценивалось путем анализа сердечного ритма и определения показателя активности регуляторных систем (ПАРС) по методу проф. Баевского Р.М. [15].

ПАРС является интегральным показателем оценки функционального состояния. Методика его расчета достаточно сложна. Расчеты проводятся с помощью специальной программы на электронно-вычислительной машине. При этом исходными данными для

определения ПАРС является расстояния между зубцами кардиоинтервалов электрокардиограммы.

Исследованиями установлено, что транспортный затор оказывает неодинаковое влияние на водителей разных темпераментов. Наибольшее отрицательное влияние транспортные заторы оказывают на водителей-холериков и на водителей-сангвинников.

На водителя флегматика транспортный затор не оказывает отрицательного воздействия и поэтому он исключается из дальнейшего рассмотрения.

На рис. 1-4 приведены наиболее типичные варианты изменения функционального состояния (P_k) водителей в зависимости от начальных значений (P_n).

Из рис. 1 видно, что ФС водителя-меланхолика меняется незначительно, достигая в конце пробки чуть больше трех баллов. ПАРС водителей двух других темпераментов повышается значительно и достигает в конце пробки: у водителя-сангвинника пяти баллов, у холерика – более шести баллов, что соответствует состоянию выраженного напряжения регуляторных систем.

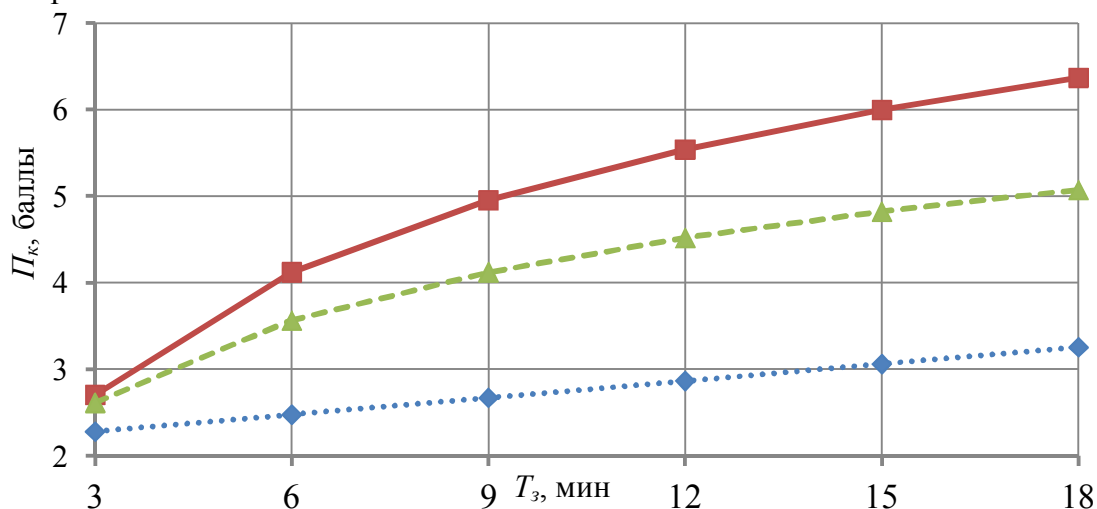


Рисунок 1 – Зависимость изменения функционального состояния водителей возраста 20 лет в транспортном заторе при $P_n = 2$:

◆ – Меланхолик; ■ – Холерик; ▲ – Сангвинник

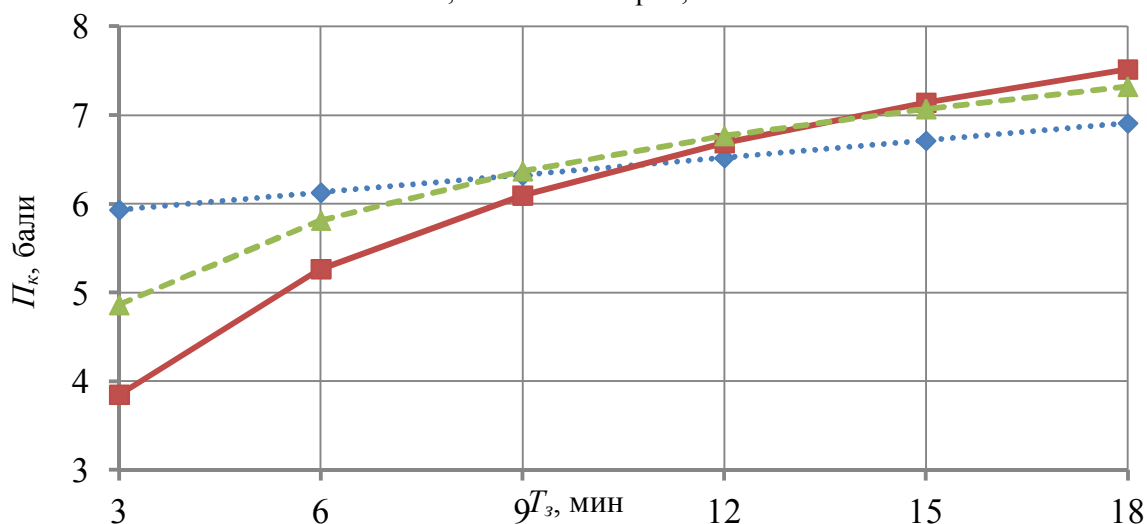


Рисунок 1 – Зависимость изменения функционального состояния водителей возраста 20 лет в транспортном заторе при $P_n = 6$:

◆ – Меланхолик; ■ – Холерик; ▲ – Сангвинник

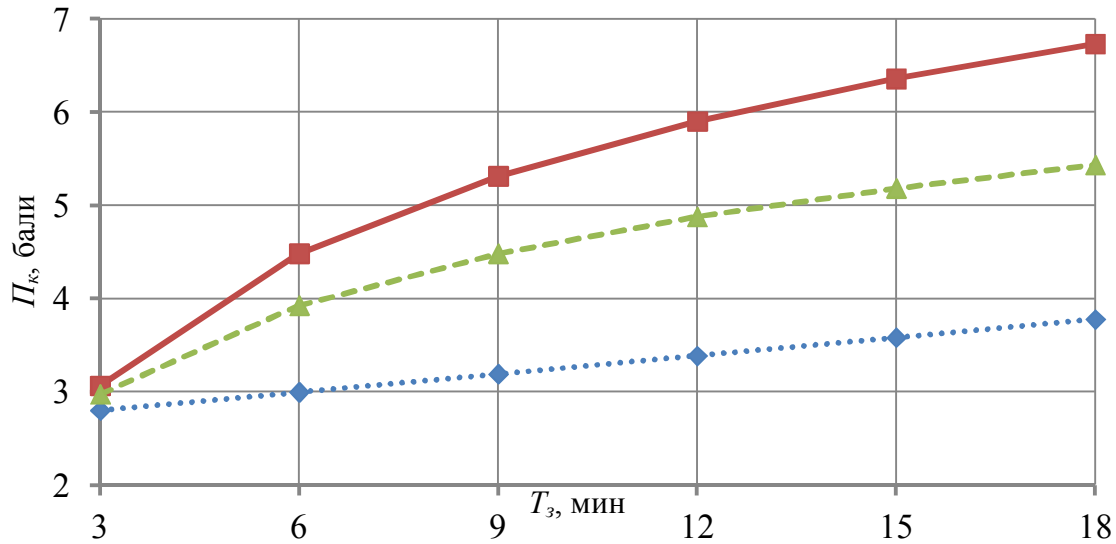


Рисунок 3 – Зависимость изменения функционального состояния водителей возраста 60 лет в транспортном заторе при $P_n = 2$:

◆ – Меланхолик; ■ – Холерик; ▲ – Сангвинник

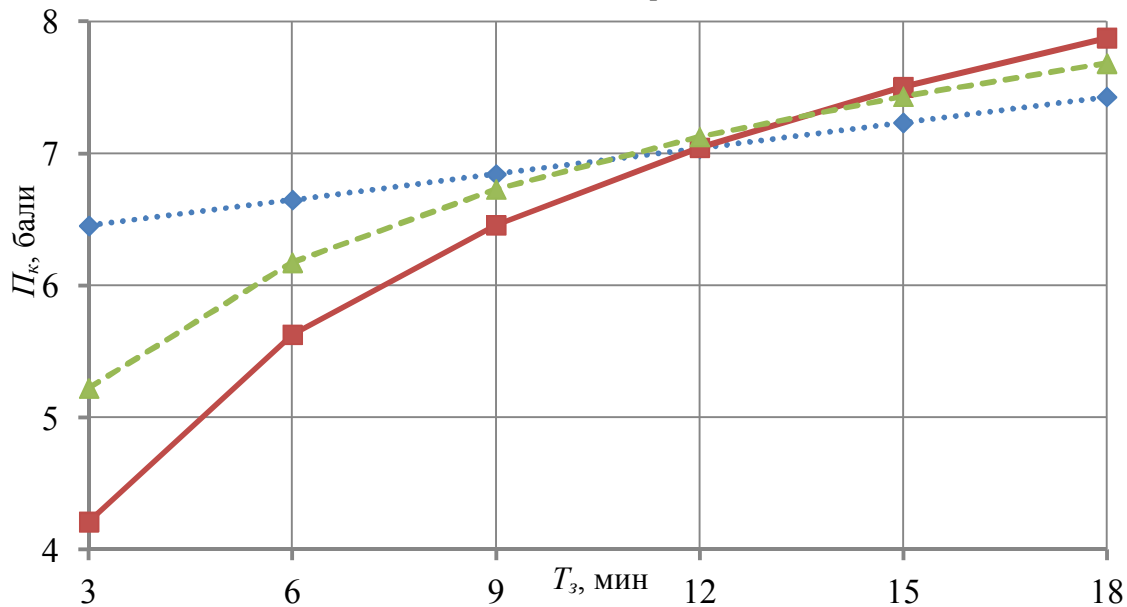


Рисунок 4 – Зависимость изменения функционального состояния водителей возраста 60 лет в транспортном заторе при $P_n = 6$:

◆ – Меланхолик; ■ – Холерик; ▲ – Сангвинник

На рис. 2 значения ПАРС водителя-меланхолика растет и в конце пробки приближается к семи баллам, а у водителя-сангвинника и у водителя-холерика превышает это значение, что свидетельствует о приближении к истощению регуляторных систем.

На рис. 3 у водителей всех возрастов при значении показателя активности регуляторных систем при входе в транспортную пробку равном двум баллам увеличение продолжительности затора вызывает ухудшение функционального состояния. Наибольшее отрицательное влияние транспортная пробка оказывает на водителя-холерика.

Из рис. 4 следует, что при длительности затора 9 минут значение ПАРС у водителя-меланхолика выше, чем у сангвинника и холерика. Но начиная с двенадцатой минуты выше становится уровень функционального состояния водителя-сангвинника.

Выводы. Проведенные исследования и приведенные регрессионные модели свидетельствует об объективном и негативном влиянии транспортных заторов на функциональное состояние водителей.

У водителей всех типов темпераментов при любых исходных состояниях и длительностей транспортных заторов с увеличением возраста ухудшется функциональное состояние. При начальном состоянии, равном пяти баллам и выше и при продолжительности затора равной шести минутам, величина функционального состояния водителей холериков не достигает исходного значения, а у водителей-сангвиников начального значения достигает старших по возрасту водителей.

Наибольшее влияние на функциональное состояние водителя оказывают тип нервной системы и длительность транспортного затора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов Е. В. Системология на транспорті / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін; під заг. ред. М. Ф. Дмитриченка. – кн. V : Ергономіка. – К. : Знання України, 2008.– 256 с.
2. Мишури́н В.М. Психофизиологические основы труда водителей автомобилей: учеб. Пособие / В.М. Мишури́н, А. Н. Романов, Н. А. Игнатов. – М.: МАДИ, 1982. – 254 с.
3. Вайсман А. И. Основные проблемы гигиены труда водительского состава автотранспорта: автореф. дис. ... д-ра мед. наук: 03.12.02 / А. И. Вайсман; – М., 1975. – 37 с.
4. Гюлев Н. У. Влияние времени простоя автомобиля в дорожном заторе на функциональное состояние водителя / Н. У. Гюлев // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – Т.1/10(49). – С. 50–52.
5. Хомяк Я. В. Организация дорожного движения / Я. В. Хомяк. – К.: Вища школа, 1986. – 271 с.
6. Кли́нковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Кли́нковштейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
7. Романов А.Г. Дорожные условия в городах: закономерности и тенденции / А.Г. Романов. – М.: Транспорт, 1984. – 80 с.
8. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими: Пер. с англ. – М. : Транспорт, 1972. – 423 с.
9. Бабков В.Ф. Дорожные условия и режимы движения автомобилей / В.Ф. Бабков, М.Б. Афанасьев, А.П. Васильев и др. – М.: Транспорт, 1967. – 227 с.
10. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков / Ф. Хейт. – М.: Мир, 1966. – 288 с.
11. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя / Е.М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
12. Брайловский Н.О. Проблемы повышения эффективности функционирования транспортных сетей городов: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.22.10., 05.22.02 – М. : МАДИ, 1983. – 29 с.
13. Полищук В. П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах / В. П. Полищук. – К.: КАДИ, 1983. – 95 с.
14. Гюлев Н.У. Об изменении времени реакции водителя вследствие пребывания в транспортном заторе / Н. У. Гюлев // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – 2011. – № 2. – С. 117–120.
15. Баевский Р. М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р. М. Баевский, О. Н. Кириллов, С. З. Клецкин. – М. : Наука, 1984. – 222 с.

ЭЛЕКТРОННОЕ СРЕДСТВО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПСИХОГИГИЕНЫ ДЛЯ МОРЯКОВ

Колебанов А.К., Чаусовский Г.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Известно [1], что деятельность моряков во время длительных морских рейсов характеризуется высокой стрессогенностью, что негативно влияет на их психическое и физическое здоровье, понижает работоспособность.

Для профилактики вышеотмеченных стресс-индуцированных негативных факторов, обусловленных спецификой труда моряков во время длительных морских рейсов, авторами разработано специальное электронное средство индивидуальной психогигиены.

Разработка реализована в виде оправы для очков, снабженной наносником с пористым фильтром, пропитанным эфирным маслом с эффектом снижения уровня стресса, например, эфирным маслом лаванды. Очки также снабжены акустическими и визуальными стимуляторами с регулируемой частотой их генерирования. Акустическая стимуляция предусматривает реализацию режима активного музицирования с управляемой пользователем ритмо-структурой формируемой релаксационной мелодии.

Световая стимуляция предусматривает использование принципа биологической обратной связи – отражение ритма дыхания пользователя в «физиологическом зеркале» световых стимулов. Это позволяет ускоренно освоить приемы волевого управления дыханием для формирования эффектов успешного совладения со стрессом.

Положенный в основу разработки принцип одновременного воздействия стимулами различной модальности формирует эффект «расширенного притока полисенсорных стимулов» в головной мозг, что способствует снижению уровня его активности в целях эффективного использования приемов монауральной аутоаггустии антистрессовой направленности. Для этой цели на оправе очков закреплен миниатюрный звуковой усилитель с микрофоном и вставляемым в носовой ход миниатюрным микрофоном.

Разработкой предусмотрено применение режима монотонной акусто-визуальной стимуляции для борьбы с бессонницей после вахты, а также профилактики развития у моряка вегетативных расстройств, гипертензии, высокого уровня раздражительности и импульсивного поведения.

Очки снабжаются также сменными светофильтрами для реализации приемов импульсной цветотерапии. Характерно, что все режимы полисенсорной стимуляции синхронизируются с индивидуальным ритмом дыхания пользователя – т.е. реализуется респираторно – биоадаптивный эффект. Как известно, именно биоадаптивные психотехники являются наиболее эффективными для самоиндукции состояния высокой работоспособности и стрессоустойчивости, что весьма значимо для успешного выполнения моряком его служебных обязанностей и профилактики развития различных психосоматических расстройств в процессе длительных морских рейсов,

Техническое решение разработки позволяет в рамках одного устройства, конструктивно оформленного в виде портативного технотронного средства индивидуальной психогигиены моряка, обеспечивает возможность применения комплекса психотехник для формирования следующих эффектов:

- совладения со стрессом;
- стабилизации психоэмоционального состояния;
- снижения уровня ситуационной тревожности;
- адаптации к стрессогенным факторам, характерных для условий длительных морских рейсов;

- гармонизации межполушарных взаимодействий, инверсия которых инициируется различными стрессогенными факторами пребывания на морском судне;
- целенаправленной самокоррекции индивидуального вегетативного профиля моряка;
- профилактики развития стресс-индуцированных различных психосоматических заболеваний.

Положительным аспектом разработки является создание возможности ускоренного, общедоступного освоения моряком индивидуального комплекса антистрессовых психотехник непосредственно в условиях пребывания на морском судне. Это создает предпосылки для минимизации негативного влияния различных стресс – факторов специфики труда моряка на его физическое и психическое здоровье.

ЛІТЕРАТУРА

1. Криворотько А.С. Одиночество моряков дальнего плавания как социально-психологический феномен. // Вісник Харківського національного педагогічного університету імені Г. С. Сковороди. Психологія. – 2013. – Вип. 45 (2). – С. 118-125.

СТАВЛЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ» ДО НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЙ АБО УМОВ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ – ГОЛОВНИЙ ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ

Рева О.М., Борсук С.П.

Національний авіаційний університет

(Україна, м. Київ),

Шульгін В.А.

Кіровоградська льотна академія Національно авіаційного університету

(Україна),

Мірзоєв Б.М., Мухтаров П.Ш., Насіров Ш.Ш.

Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS

(Азербайджанська Республіка, м. Баку)

Вступ. Порівняльна статистика показує, що цивільна авіація (ЦА) є найбезпечнішим видом транспорту. Тому зовсім не випадково наразі в авіаційній транспортній системі (АТС) фіксується в середньому загибель однієї людини на такому обсязі перевезень, що на 9 % краще мінімально-припустимих норми ІКАО (International Civil Aviation Organization – Міжнародна організація ЦА, членом якої є Україна). Не зважаючи на це, забезпечення регулярності і, особливо, безпеки польотів (БП) є одним з перманентних і основних завдань проектувальників та експлуатантів авіаційної техніки (АТ). При цьому проблема негативного впливу людського чинника (ЛЧ) на БП залишається, на жаль, «традиційно» незмінною і навіть має хибну тенденцію до зростання [1-3]. Саме тому колишній директор Федеральної авіаційної адміністрації (FAA – Federal Aviation Administration) Сполучених Штатів Америки (США), адмірал Дональд Енджен (Donald D. Engen) ще 30 років тому (1986) зауважив наступне: «Ми витратили більше 50 років на створення устаткування, яке зараз можна вважати цілком надійним. Тепер прийшов час працювати з людьми». Ця заява в повній мірі обгрунтовує необхідність досліджень ЛЧ в ЦА [1; 2; 4].

Актуальність досліджень. Феномен незвичайної популярності концепції ЛЧ в аналізі БП пояснюється, перш за все, розповсюдженням серед авіаційних фахівців свідомого розуміння неблагополучного стану окремих ланок складного комплексу авіаційної індустрії, що охоплюють: проектування АТ, природне та соціальне середовище діяльності авіаційного персоналу, способи експлуатації АТ, загальну організацію діяльності авіаційного персоналу. Наслідком наведеного є нібито здійснене розведення «бід» і «провини» суб'єкта-«винуватця» авіаційної пригоди (АП), коли увага акцентується, головним чином, не на факті неправильних або помилкових дій, яких припустився авіаційний персонал під час виконання професійних обов'язків в АТС, а на причинах, що змусили людину поступити не кращим чином в певній проблемній ситуації [5]. При цьому кількісні розрахунки в проектуванні структурно-складних полієргатичних комплексів проводяться, як правило, виходячи з припущення щодо ідеального виконання авіаційними фахівцями професійних обов'язків, що у загальному випадку не є правильним.

Опікуючись проблемами БП, ІКАО розробила поточну парадигму її концепції, яка залежно від передбачуваного аспекту може мати різні інтерпретації [6–9]:

- а) нульовий рівень АП або серйозних інцидентів (СІ) – цілком зрозуміла думка, яка є незвичайно популярною серед користувачів повітряного транспорту;
- б) відсутність чинників небезпеки або ризику, тобто таких чинників, які заподіюють або можуть заподіяти збиток;
- в) уникнення помилок унаслідок виявлення джерел небезпеки і контролю чинників ризику;
- г) ступінь небезпеки, до якого ризик, властивий ЦА, є «прийнятним»;
- е) ставлення співробітників авіаційних організацій до небезпечних дій або умов

(відображає також «безпечну» корпоративну культуру);

f) дотримання нормативних положень;

g) недопущення втрат в результаті АП (людські жертви, а також нанесення збитку майну і навколишньому середовищу).

Однак, особливості можливої взаємодії перелічених складових концепції і їх взаємний вплив з позицій впливу ЛЧ не визначені, що певним чином гальмує розробку і реалізацію відповідних ефективних і проактивних профілактичних заходів з забезпечення належного рівня БП.

Постановка задачі. Таким чином, з вищенаведеного витікає нагальна потреба обґрунтування особливостей взаємодії і взаємного впливу складових поточної парадигми концепції БП ІКАО з позицій прояву ЛЧ. При цьому зазначена взаємодія, з одного боку, має стосуватися, насамперед, авіаційних операторів (АО) «переднього краю» (членів льотного екіпажу (ЧЛЕ), диспетчерів обслуговування повітряного руху (ОПР)), які в силу своїх професійних обов'язків мають найзначніший як позитивний, так і негативний вплив на БП [10], а з іншого боку, орієнтуватися на якийсь критерій чи показник, який найкращим чином характеризує особливості їх професійної діяльності. Вважаємо доцільним з відповідною метою застосувати показники і характеристики процесів прийняття рішень (ПР) АО, оскільки

по-перше, йдеться про вид інтелектуальної діяльності людини, який найбільш часто повторюється [11; 12];

по-друге, доведено і абсолютна більшість фахівців та дослідників розглядає професійну діяльність АО «переднього краю» (ЧЛЕ, ДОПР) дійсно як безперервний ланцюг рішень, що виробляються і реалізуються в явних і неявних формах під впливом різноманітних чинників (об'єктивних / суб'єктивних, внутрішніх / зовнішніх), особливо ризиків стохастичної і нестохастичної природи [10];

нарешті, по-третє, за даними американського вченого С. Н. Роскоу (S. N. Roscoe), переважна більшість АП є наслідком саме помилкових рішень [13; 14]. При цьому абсолютна більшість експертів з БП робить переважний акцент не на те, що АО «переднього краю» нібито не ПР, а на те, що більшість такого роду рішень є недосконалими, несвоєчасними та помилковими.

Враховуючи зазначене, ІКАО включила у спектр кваліфікаційних вимог до АО вміння приймати правильні рішення, специфіка яких відображена у табл. 1 [15].

Таблиця 1 – Кваліфікаційні вимоги ІКАО щодо прийняття рішень певною категорією авіаційного персоналу

| <i>№ з.п.</i> | <i>Категорія авіаційного персоналу</i> | <i>Кваліфікаційні вимоги до вмінь приймати рішення</i> |
|---------------|--|--|
| 1 | Члени льотного екіпажу | |
| 1.1 | Пілот | пілот-аматор |
| | | пілот комерційної авіації |
| | | лінійний пілот авіакомпанії |
| 1.2 | Штурман | Приймати правильні рішення і кваліфіковано здійснювати спостереження в польоті |
| 1.3 | Бортовий інженер | Приймати правильні рішення і кваліфіковано здійснювати спостереження в польоті |
| 2 | Диспетчер управління повітряним рухом | Здатність приймати рішення і виконувати обов'язки, необхідні для забезпечення потрібних для забезпечення безпечного, упорядкованого і оперативного диспетчерського обслуговування на рівні, відповідному наданими правами, включаючи розпізнавання і контроль чинників погрози і помилок |

Результати досліджень. Виходячи зі сформульованої мети та спираючись на результати досліджень [16-27 та ін.], вважаємо доцільним упорядкувати складові поточної парадигми концепції БП ІКАО таким чином, як це подано на рис. 1.

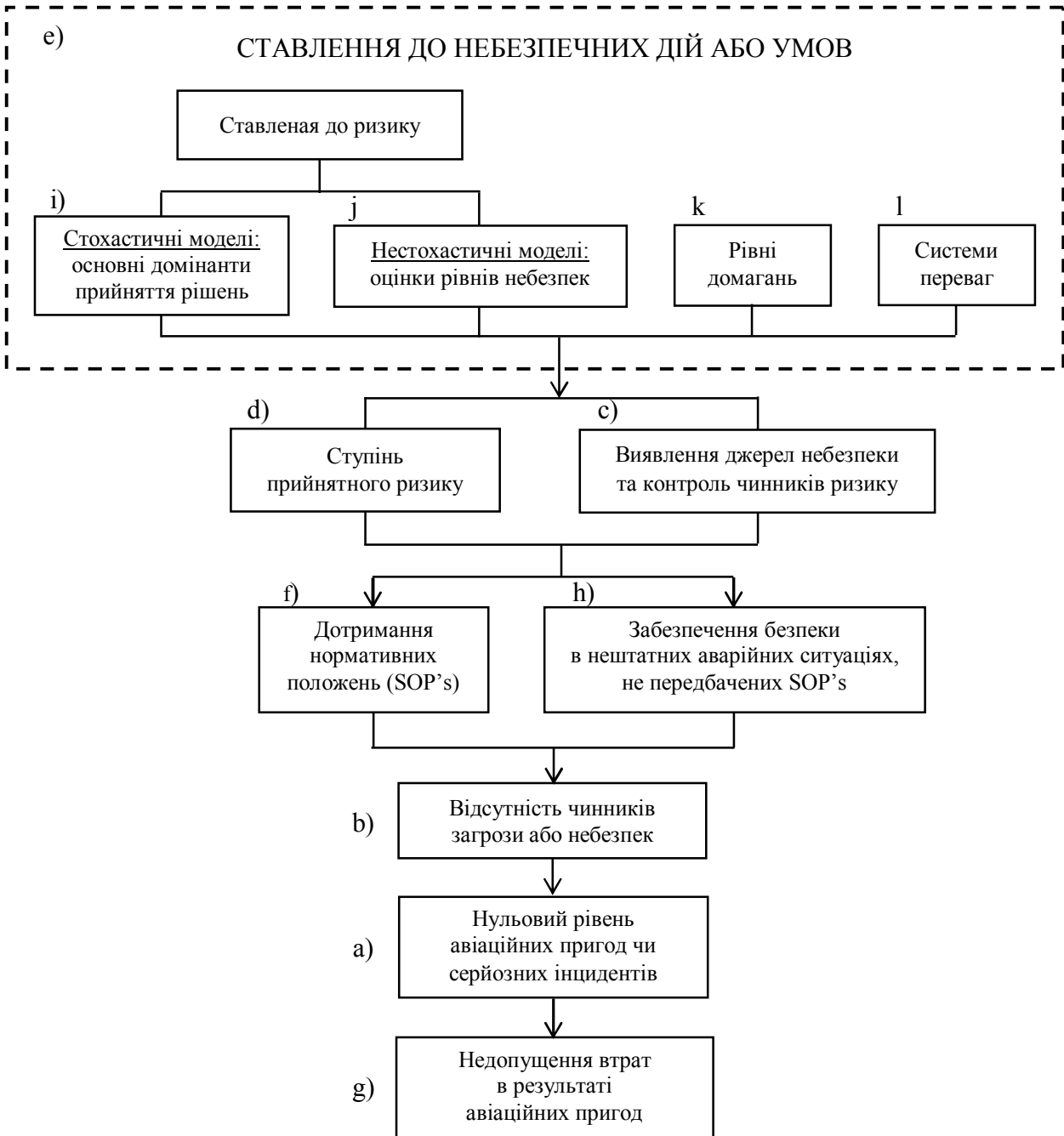


Рисунок 1 – Встановлення взаємного впливу складових концепції безпеки польотів ІКАО з позицій впливу людського чинника

Як бачимо з рис. 1, на чолі кута взаємодії і взаємного впливу досліджуваних складових концепції БП знаходиться «ставлення авіаційного персоналу до безпечних дій або умов», тобто один з проявів ЛЧ, показники якого в контексті ПР АО «переднього краю» були вибрані, виходячи з наступних міркувань.

Отже, ставлення до безпечних дій або умов може виявлятися через основні домінанти ПР (ОДПР), під якими розуміють зазвичай схильність, несхильність, байдужість до ризику. Якщо під ризиком розуміти можливість настання небажаної ситуації, яка має різні шанси на реалізацію [10; 28], то такий підхід є справедливим, оскільки професійна діяльність АО «переднього краю» дійсно відбувається як

безперервний ланцюг рішень в умовах ризику.

Зазначені домінанти характеризують ставлення АО до ризику стохастичного характеру і визначаються шляхом застосування спеціальних штучних лотерей в процесі побудови за обмеженою кількістю точок оціночної функції корисності (ОФК) показників та характеристик професійної діяльності АО під час вирішення ними закритої задачі ПР (ЗПР) [16-18 та ін.]. Визначено, що схильність до ризику характеризує мотивацію на досягнення успіху, а несхильність до ризику – мотивацію на запобігання невдач. В той же час байдужість до ризику свідчить про лінійність мислення випробуваних, яких умовно прийнято вважати «об'єктивними». При цьому виявлено, що, по-перше, досвід професійної діяльності суттєвим чином впливає на прояв ОДПР: серед професійних ДОПР превалюють особи, які демонструють схильність до ризику, тобто мотивацію на досягнення успіху:

$$HC : B : C \Leftrightarrow 1 : 3,5 : 7 \Leftrightarrow 8,7\% : 30,4\% : 60,9\%, \quad (1)$$

а у студентів-авіадиспетчерів (САД) головний прошарок складають особи, які прагнуть запобігти невдач, тобто несхильні до ризику:

$$C : B : HC \Leftrightarrow 1 : 2,5 : 21,9 \Leftrightarrow 3,9\% : 9,8\% : 86,3\%, \quad (2)$$

де С, Б, HC – позначки відповідно схильності, байдужості та несхильності до ризику.

По-друге, на прояв ОДПР впливають умови професійної діяльності: якщо вони ускладнюються, то найбільш стійкою виявляється ОДПР «схильність до ризику». АО з іншими домінантами зазвичай мають тенденцію до її зміни. Наприклад, майже 75 % з тих самих досвідченіших професійних ДОПР, які спочатку продемонстрували «схильність до ризику» на континуумі норми ешелонування повітряних суден (ПС), яка відповідає відстані між ними $S=20$ km, зберегли свою домінанту ПР при ускладненні норми ешелонування ($S=10$ km). В той же час 100 % випробуваних, несхильних до ризику, змінили свою начальну ОДПР і продемонстрували більш ризиковану поведінку, а саме: 77,8 % змінили її на схильність до ризику, а 22,2 % – на байдужість до ризику. З числа осіб, байдужих до ризику, 32 % зберегли початкову ОДПР, 60 % змінили її на схильність до ризику і усього 8 % проявили несхильність до ризику.

Таким чином, «схильність до ризику» – важливіша ОДПР ДОПР. Наші дані підтверджують результати інших досліджень стійкості ОДПР АО (вже для ЧЛЕ) [10; 29; 30], що дозволяє стверджувати про виявлену закономірність поведінки ДОПР при ускладненні умов професійної діяльності. Тому введення ОДПР АО як складової блоку «ставлення до небезпечних дій або умов» (блок і) на рис. 1) слід вважати обґрунтованим.

Ризики нестохастичного характеру в АТС ілюструє шкала рівнів небезпек (РН), запропонована ІСАО [31], яку, спираючись на методологію нечіткої математики [32; 33], можна уявити у якості терм-множини (множини термінів) відповідної лінгвістичної змінної:

$$T^M(PH) = \overset{\tilde{R}_K}{\text{катастрофічний}} + \overset{\tilde{R}_{HB}}{\text{небезпечний}} + \overset{\tilde{R}_C}{\text{суттєвий}} + \overset{\tilde{R}_{H3}}{\text{незначний}} + \overset{\tilde{R}_M}{\text{мізерний}}, \quad (3)$$

де « + » – позначка логічного об'єднання термів у відповідну шкалу.

А це відкрило перспективи для побудови нечітких моделей ставлення АО (ДОПР і САД) до порушень норм ешелонування ПС (НЕПС). Оскільки під час досліджень застосовується модифікована для наших потреб шкала Купера-Харпера [34; 35], то це дійсно дало змогу співвіднести у отриманих емпіричних моделях якісні (лінгвістичні) і кількісні (відстань між ПС) показники РН [19-21]. Таким чином, обґрунтовано додавання до рис. 1 блоку j), який також ілюструє «ставлення до небезпечних дій або умов».

Рівні домагань АО вважаються основним системоутворюючим чинником їх особистості, «лакмусовим папірцем» перевірки адекватності їх самооцінки і обов'язково виявляються у винуватців АП [36]. Зазначені РД встановлюються шляхом вирішення АО відкритої ЗПР і побудови ОФК показників і характеристик професійної діяльності за

формально необмеженою кількістю точок [22–24].

Слід особливо привернути увагу до того, що показники ставлення до небезпечних дій або умов, характеризовані різними аспектами процесів ПР АО і ілюстровані блоками і), j) к на рис. 1, мають взаємну кореляцію і доповнюють друг друга, тому були застосовані, з одного боку, для визначення інтегративної оцінки ставлення АО до небезпечних дій або умов [37; 38], а з іншого боку для вирішення «трикутника ризиків» ІСАО у фізично зрозумілих показниках відстані між ПС [17; 19-21; 23; 39; 40].

В контексті наших досліджень під системою переваг (СП) АО розумітимемо ранжований ряд показників і характеристик професійної діяльності, наприклад, впорядкована множина характерних помилок ДОПР, який й визначає їх ставлення до безпеки цих помилок. При цьому слід констатувати, що побудова такого роду ранжувань позитивно впливає на рівень професійної підготовки ДОПР і, як наслідок, до БП, тобто має яскраво виражений проактивний характер. А саме, встановлено, що здійснення відповідних процедур з впорядкування характерних помилок формує в випробуваних стійкі навички з їх розпізнавання, а отже запам'ятовування і запобігання. Тому під час тренажерної підготовки ті ДОПР, які за спеціальною методикою висловили свої думки щодо небезпек помилок, припустилися їх на третину менше, ніж ті, які не були охоплені нашим опитуванням [25–27 та ін.].

На завершення вкажемо на додатково введеній нами блок h) рис. 1, наявність якого не передбачається концепцією БП ІСАО, що було зроблено нами з наступних міркувань. Отже, якщо SOP's – це передбачені нормативними документами стандартні процедури для нормальних і штатних аварійних ситуацій, то дослідження [10] вказують, що може існувати (і реально існує) фактично статистично невизначена кількість нештатних аварійних ситуацій, непередбачених нормативними документами. Наприклад, Керівництва з льотної експлуатації (КЛЕ) ПС не містять рекомендацій з дій ЧЛЕ під час комплексних відмов АТ, хоча всім відомо, що «біда не приходить одна», що й як правило, підтверджує статистика авіаційних пригод (АП). Таким чином, у загальному випадку долати зазначені ситуації АО «переднього краю» мають виключно евристичним шляхом [40], включаючи вищий ступінь операторської діяльності, званий «режимом синхронного генератора» [41], коли, спираючись на попередній досвід і накопичені знання, уміння, професійні навички (ЗУПН), в режимі on-line продукуються нові вміння долати небезпеку [42]. Саме тому ми вважаємо за доцільне додати до складових концепції безпеки ІСАО відповідний блок «h», включений нами у схему на рис. 1.

Висновки. Виходячи з отриманих і поданих у цій публікації нових наукових результатів, вкажемо на такі найбільш суттєві положення. Насамперед, слід зазначити обґрунтування взаємного впливу складових концепції БП ІСАО з позицій прояву ЛЧ. Визначено, що головнішим є «ставлення до небезпечних дій або умов», яке логічним чином пояснює взаємозв'язки інших складових. Це ставлення встановлюється за допомогою показників, що проактивно характеризують процеси ПР АО, а саме ОДПР, нечітких оцінок РН, РД та СП. Уперше обґрунтовано також необхідність додати до складових концепції БП ще й вміння Забезпечення безпеки в нештатних аварійних ситуаціях, не передбачених SOP's.

Вважаємо, що подальші дослідження було б доцільно проводити у напрямку обґрунтування можливості введення в інтегративний показник ставлення АО до ризику ще й характеристик СП.

ЛІТЕРАТУРА

1. Руководство по предотвращению авиационных происшествий: Дос. ІСАО 9422 – AN / 923. – Изд-е первое. – Монреаль, Канада, 1984.
2. Изучение роли человеческого фактора при авиационных происшествиях и инцидентах // Человеческий фактор : сборник материалов № 7. – Циркуляр ИКАО 240-AN/144. – Монреаль, Канада, 1993. - 76 с.

3. Пономаренко В. А. Человеческий фактор и безопасность полетов / В. А. Пономаренко // Проблемы безопасности полетов : Обзорная информация. – М. : ВИНТИ, 1993. – Вып. 1. – С. 36-42.
4. Тиц С. Н. Человеческий фактор [Электронный ресурс]: электронное учебное пособие / С. Н. Тиц. – Самара, 2012.
5. Плотников Н. И. Проектирование транспортных комплексов. Воздушный транспорт / Н. И. Плотников. – Новосибирск: ЗАО ИПЦ АвиаМенеджер, 2010. – 393 с.
6. Зиньковская С. М. Понимание концепции управления безопасностью полетов и концепция риска / С. М. Зиньковская // Актуальные вопросы психологии в области человеческого фактора: м-лы второй междуна. науч.-практ. конф., Екатеринбург, 20-22 марта 2008 г. / ГОУ ВПО «Урал. гос. пед. ун-т»; ГОУ ВПО «Урал. ин-т гос. противопож. службы». – Екатеринбург, 2008. – С. 3-8.
7. Материалы международного семинара по сокращению количества авиационных происшествий при заходе на посадку и посадке (ALAR Tool Kit – Руководство ALAR). – Россия, Москва, 29-30 июля 2003 г.
8. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. - Монреаль, Канада, 2013.
9. Управление безопасностью полетов: Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Монреаль, Канада, июль 2013.
10. Рева А. Н. Человеческий фактор и безопасность полетов: (Проактивное исследование влияния): монография / А. Н. Рева, К. М. Тумышев, А. А. Бекмухамбетов ; науч. ред. А. Н. Рева, К. М. Тумышев. – Алматы, 2006. – 242 с.
11. Эдвардс У. Принятие решений // Человеческий фактор. В 6-ти т. - Т. 3. Моделирование деятельности, профессиональное обучение и отбор операторов. – Часть I. – Модели психической деятельности / У. Эдвардс. – М. : Мир, 1991. – С. 5-89.
12. Ходаков В. Є. Вступ до комп'ютерних наук / В. Є. Ходаков, Н. В. Пилипенко, Н. А. Соколова : навч. посіб.; за ред. В. Є. Ходакова. – К. : Центр навчальної літератури, 2005. – 496 с.
13. Ошибки пилота: Человеческий фактор: пер. с англ. А. С. Щebroва. – М. : Транспорт, 1986. - 262 с.
14. Оуэнс Ч. А. Летная эксплуатация (Организация работы экипажа) : пер. с англ. И. М. Алявзина / Ч. А. Оуэнс. – М. : Транспорт, 1987. – 237 с.
15. Выдача свидетельств авиационному персоналу: Приложение 1 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Изд-е одиннадцатое. – Монреаль, Канада, июль 2011.
16. Динамика основной доминанты принятия решений авиадиспетчером при усложнении условий деятельности / А. Н. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев, В. І. Вдовиченко, Ш. Ш. Насіров // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2014) : зб. м-лів VI Міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 180-річчю з дня заснування Херсонської державної морської академії. – Херсон, 27-29 травня 2014 р. – Херсон: Вид-во ХДМА, 2014. – С. 86-89.
17. Мухтаров П. Ш. Основные доминанты в принятии решений авиадиспетчером при оценке полезности-безопасности нормы эшелонирования воздушного пространства / П. Ш. Мухтаров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. - № 9. - - С.143-150.
18. Стьйкість основної домінанти прийняття рішень авіадиспетчером в умовах ризику / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев [та ін.] // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. – № 10 (117). – С. 147-153.
19. Рева О. М. Нечітка модель ставлення авіадиспетчера до ризику настання потенційно-конфліктної ситуації / О. М. Рева, С. П. Борсук // Авіаційно-космічна техніка і

технологія: наук.-техн. ж. – Х.: Національний аерокосмічний ун-т ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2013. - № 10. – С. 214-221.

20. Мухтаров П. Ш. Нечітка модель оцінювання ставлення авіадиспетчерів до порушення норми ешелонування повітряного простору / П. Ш. Мухтаров // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем: зб. наук. пр. – Вип. 9 / Житомирський військовий інститут імені С. П. Корольова Національного авіаційного університету. – Житомир: ЖВІ НАУ, 2014. – С. 26-35.

21. Рева О. М. Визначення граничних рівнів ризику під час порушення норми ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, С. П. Борсук, В. А. Шульгін // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2014. – № 9. – С. 151-156.

22. Рівень домагань авіадиспетчерів на показниках робочого навантаження / О. М. Рева, Б. М. Мірзоев, П. Ш. Мухтаров, Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х.: Національний аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2013. - № 8 (105). – С. 273-281.

23. Мухтаров П.Ш. Людський чинник в аеронавігації: рівні домагань авіадиспетчерів при оцінці бажаності відстані між повітряними судами / П. Ш. Мухтаров // Науковий вісник херсонської державної морської академії. – Херсон: ХДМА, 2014. – №1. – С. 283-288.

24. Рева О. М. Вплив специфіки застосування норми ешелонування на особливості прояву рівнів домагань авіадиспетчерів / О. М. Рева, С. П. Борсук // Науковий Вісник Херсонської державної морської академії : наук. ж. – Херсон : ХДМА, 2015. – № 1 (12). – С. 281-289.

25. Насіров Ш. Ш. Багатокрокова процедура виявлення статистично-узгодженої системи переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок їх діяльності / Ш. Ш. Насіров // Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. – Вип. 105. – Сер. Технічні науки і архітектура. - Х. : ХНАМГ, 2012. – С. 461-475.

26. Рева О. М. Медіана Кемені як групова система переваг авіадиспетчерів на множині характерних помилок / О. М. Рева, В. В. Камишин, Ш. Ш. Насіров // Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж. – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2012. – № 4 (91). – С. 106-115.

27. Эмпирические модели оценки риска-неопределенности групповых систем предпочтений авиадиспетчеров / А. Н. Рева, Ш. Ш. Насіров, Б. М. Мірзоев, С. В. Недбай // Elmi məstüələr: Jurnal Milli Aviasiya Akademiyasinin. – Bakı, iyul – sentyabr 2012. – Cild. 14. – № 3. – С. 46-60.

28. Мушик Э. Методы принятия технических решений: пер. с нем. В. М. Ивановой / Э. Мушик, П. Мюллер. – М. : Мир, 1990. – 208 с.

29. Рева О. М. Усталеність основної домінанти діяльності авіадиспетчера в умовах стохастичного ризику / О. М. Рева, Г. Н. Селезнев // Застосування авіації в народному господарстві: м-ли конф. / за ред. С.Ф. Колесниченка. – Кіровоград: ДЛАУ, 2001. – С. 129-135.

30. Бекмухамбетов А. А. Совершенствование деятельности оператора на базе теории и практики управления рисками при обеспечении безопасности полетов: автореф. дис... кандидата техн. наук. Специальность 05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта. – СПб., 2005. – 26 с.

31. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Doc. ICAO 9859 – AN / 474. – Изд-е 3-е. - Монреаль, Канада, 2013.

32. Заде, Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений: пер. с англ. Н.И. Ринго / Л. Заде; под ред. Н. Н. Моисеева, С.А. Орловского. – М.: Мир, 1976. – 165 с.

33. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств: пер. с франц. В. Б. Кузьмина / А. Кофман; под ред. С. И. Травкина. – М.: Радио и связь, 1982. – 432 с.

34. Cooper G. E. Understanding and inter-pretng pilot opinion / G. E. Cooper // *Aeronautical Engineering Review*. – 1957. – N 3. – P. 47–51.
35. Методы инженерно-психологических исследований в авиации / Ю. П. Доброленский, Н. Д. Завалова, В. А. Пономаренко, В. А. Туваев ; под ред. Ю. П. Доброленского. – М. : Машиностроение, 1975. – 280 с.
36. Правила медичного розслідування авіаційних подій. Затв. Наказом Державної служби України з нагляду за забезпеченням безпеки авіації 05.12.2005, № 919.
37. Розробка метода агрегованої оцінки ставлення диспетчерів обслуговування повітряного руху до ризику / О. М. Рева, С. П. Борсук, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев // *Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2015) : матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф., Херсон, 26-28 травня 2015 р.* – Херсон: ХДМА, 2015. – С. 72-75.
38. Модель інтегративної оцінки ставлення авіадиспетчерів до порушення норми ешелонування повітряного простору / О. М. Рева, П. Ш. Мухтаров, Б. М. Мирзоев, В. З. Султанов // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2015. – № 8 (125). – С. 123-130.
39. Актуальные направления разработки проактивных моделей решения «треугольника рисков» ИКАО / А. Н. Рева, В. И. Вдовиченко, С. П. Борсук [и др.] // *Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування: IV Всеукр. наук.-практ. конф.* – Херсон, 9-11 жовтня 2013 р. - Херсон : Херсонська державна морська академія, 2013. – С. 334-338.
40. Александров А. Е. Основы теории эвристических решений. Подход к изучению естественного и построению искусственного интеллекта [Текст] / А. Е. Александров; под ред. П. Г. Кузнецова. – М. : Советское радио, 1975. – 256 с.
41. Шеридан Т. Б. Система человек – машина: Модели обработки информации, управления и принятия решения человеком-оператором: пер. с англ. / Т. Б. Шеридан, У. Р. Феррел; под ред. К. В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.
42. Рева О. М. Проблеми формування у пілота навичок долання наслідків відмов авіаційної техніки в режимі синхронного генератора / О. М. Рева, С. О. Дмитрієв, О. М. Дмитрієв // *Авіаційно-космічна техніка і технологія: наук.-техн. ж.* – Х.: Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», 2009. - № 2. – С. 97-102.

АППАРАТНО-ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Ушкаренко О.О.

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

Вступ. Розвиток сучасної суднової електроенергетики обумовлений впровадженням складних алгоритмів контролю та керування, збору й обробки інформації, алгоритмів прогнозування і прийняття рішень, основою яких стають мікропроцесорні системи управління. З впровадженням цифрових систем керування постало питання про забезпечення заданого рівня надійності всієї системи. Це викликано тим, що ефективність сучасних технічних засобів в значній мірі залежить від якості систем контролю і управління. Зростаючі обсяги оброблюваної та переданої інформації можуть призводити до появи помилкових спотворених даних, що тягне за собою невірні керуючі режими роботи всієї системи.

Повноцінна підготовка фахівця з інженерної спеціальності неможлива без його ознайомлення з реальними приладами та обладнанням і отримання навичок роботи з ними. Однією з найважливіших складових навчання студентів, що сприяють виробленню практичних навичок, є лабораторний практикум. Навчальні лабораторії повинні бути оснащені обладнанням і сучасними контрольно-вимірними приладами. Розвиток існуючої лабораторної бази йде шляхом створення нових сучасних лабораторних установок і фізичних моделей, та розробки комп'ютерних програм і тренажерів [1]. Необхідність підвищення якості та рівня підготовки фахівців для електроенергетики в сучасних умовах дуже актуальна, оскільки часто причиною аварій є людський фактор [2].

Оскільки суднова енергосистема містить багато окремих елементів, з'єднаних певним чином, то і модель системи повинна відтворювати всі підлягаючі дослідженню відносини і зв'язки всередині об'єкта. Неповне моделювання зазвичай реалізується при вивченні режимів роботи електроенергетичних систем. При фізичному моделюванні вивчення конкретної енергосистеми замінюється вивченням подібної енергосистеми іншого розміру (потужності, напруги, частоти струму, протяжності ліній електропередачі, габаритів), але має ту ж фізичну природу найважливіших (в умовах даної задачі) елементів моделі.

Постановка задачі. Темпи розвитку суднової електроенергетики вимагають розробки більш швидких і надійних методів налагодження та моделювання систем керування, дослідження алгоритмів контролю та управління до їх апаратного впровадження. Використання реальних технічних засобів для налагодження тягне за собою значні економічні витрати, займає більший період часу і може призводити до аварійних ситуацій.

В роботі вирішуються проблеми розробки комплексу для фізичного моделювання процесів в судновій електроенергетичній системі; розробка апаратного рішення системи керування елементами суднової електростанції; створення програмного забезпечення для відображення станів системи та управління окремими її модулями.

Результати дослідження. Суднова електроенергетична система (СЕЕС) складається з великої кількості складних підсистем, та за своєю структурою відноситься до класу ієрархічних [3]. Лабораторний стенд для дослідження процесів керування в суднових електроенергетичних системах повинен розглядатися як підсистема деякої великої системи, по відношенню до якої розглянуту підсистему неможна розглядати як замкнену. Використання системного підходу при проектуванні як лабораторного стенду в цілому, так і його складових частин, дозволяє прослідити велику кількість зв'язків, як внутрішніх, так і зовнішніх.

Фізична модель суднової електроенергетичної системи, яка створена в науково-дослідній лабораторії кафедри теоретичної електротехніки та електронних систем НУК ім. адм. Макарова, представлена у вигляді 3-х генераторів, кожен з яких має свою систему управління зі зворотним зв'язком, керований комутатор навантаження і блок споживачів.

Модель дозволяє аналізувати стан СЕЕС в момент запуску генераторів, при перевищенні номінальної потужності генераторів, характер струмів і напруг системи, а також передавати дані для подальших розрахунків в систему управління. На рис. 1 представлена структура фізичної моделі СЕЕС.

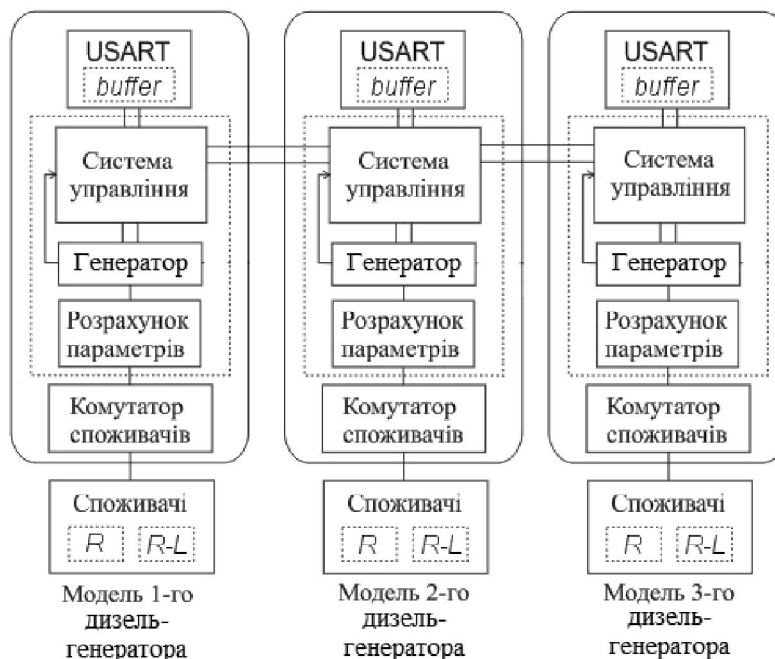


Рисунок 1 – Узагальнена структура фізичної моделі СЕЕС

Система управління обробляє дані і передає їх в персональний комп'ютер для подальшої обробки. При розробці розподілених систем управління повинні прийматися до уваги такі положення, як створення керуючого програмного коду, розбиття коду на функціональні модулі з подальшим розташуванням в керуючих пристроях, вибір топології системи управління та реалізація зв'язку між керуючими блоками [4, 5]. Для налагодження керуючих алгоритмів необхідно аналізувати кожний з можливих станів системи, мати можливість з'ясувати регульовані параметри для кожного режиму в реальному часі. Можливість формування кожного окремого стану системи та їх сукупності дозволяє відпрацювати кожен програмний модуль окремо, що значною мірою спрощує проектування розподіленої системи управління.

Структурна схема лабораторних стендів, які складають основу фізичної моделі СЕЕС, представлена на рис. 2. Кожен лабораторний стенд укомплектований синхронним генератором і приводним асинхронним двигуном потужністю 2 кВт, частотним електроприводом Altivar, мікропроцесорною системою синхронізації генераторів, мікропроцесорною системою збудження синхронного генератора, цифровими амперметром і вольтметром, аналізатором параметрів мережі, контролером автоматизації, елементами керування та сигнальною арматурою, що розташовані на передній панелі стенду, а також персональним комп'ютером з програмним забезпеченням для моніторингу параметрів та керування об'єктами електроенергетичної системи. На стенді розташовані датчики струму, що призначені для вимірювання струму в генераторі та частотному електроприводі через універсальний вимірювальний пристрій Lovato, який підключається до комп'ютера, що дозволяє не лише відображати отримані дані на екрані монітору у

зручній формі, але і обробляти їх за допомогою Matlab-Simulink, або використовувати в Matlab-Simulink моделях.

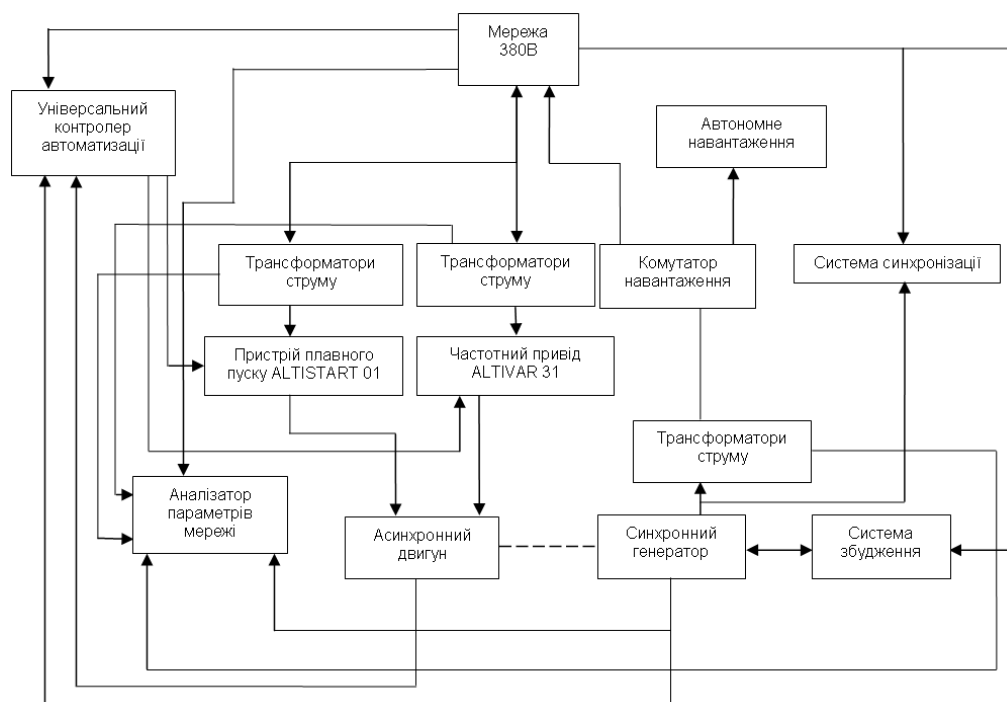


Рисунок 2 – Структурна схема лабораторного стенду

При проектуванні лабораторного стенду використано наступні системні принципи:

– принцип кінцевої мети: реалізація функцій та відповідність вимогам, що висуваються до автоматизованих систем управління СЕЕС, надійне виконання команд оператора;

– принцип зв'язності: кожен елемент стенду розглядається з урахуванням зв'язків з іншими елементами, що дає можливість оповіщення оператора про можливі наслідки його дій (інформаційна підтримка дій оператора);

– принцип модульності: кожен елемент (підсистема) стенду конструктивно представляє собою функціонально закінчений модуль зі стандартними інтерфейсами зв'язку, що дозволяє об'єднати всі елементи в систему;

– принцип зворотного зв'язку: зворотній зв'язок забезпечує стабілізацію вихідної напруги генератора та обертів приводного двигуна при зміні навантаження, захист від перевантаження та помилкових дій оператора;

– принцип розвитку: у поєднанні з принципом модульності дозволяє розширити функціональні можливості стенду шляхом підключення додаткових модулів;

– принцип ієрархії: лабораторний стенд є складовою частиною фізичної моделі суднової електроенергетичної установки, та містить в своєму складі локальні засоби автоматизації (систему збудження синхронного генератора, систему керування обертами приводного двигуна, систему синхронізації та ін.), що умовно відносяться до нижнього ієрархічного рівня. Разом з тим, стенд в цілому можна розглядати як елемент розподіленої системи керування СЕЕС, моніторинг параметрів та керування яким відбувається з окремого пульта керування (верхній ієрархічний рівень).

Локальні обчислювальні модулі автоматизованих систем, що управляють технічними засобами, а також рядом виконавчих пристроїв, об'єднані між собою лініями зв'язку. Геометричне розташування ліній зв'язку відносно вузлів сформованої мережі, та фізичне підключення вузлів до неї, формує топологію мережі.

Система моніторингу даних представляє собою автоматизоване робоче місце, де інформація представлена з використанням різних типів індикаторів (шкальний, графічний і чисельний), що дозволяє відображати осцилограми струмів і напруг генераторів, поточне

значення частоти і споживаної потужності. Так само передбачені керуючі сигнали для генераторів і споживачів.

Фізична модель СЕЕС дозволяє проводити дослідження за наступними напрямками:

- дослідження процесу точної синхронізації генераторів;
- частотне керування асинхронними двигунами;
- фазове керування асинхронним двигуном;
- розподілення активної/реактивної потужності між генераторами;
- спектральний аналіз напруги та струму в електричних мережах;
- дистанційне керування перетворювачами електроенергії по локальній мережі та Internet;
- системи збору та обробки інформації про стан параметрів силових агрегатів;
- системи упереджувачого керування;
- вирішення оптимізаційних задач при керуванні електростанцією (визначення оптимальних режимів генерування електроенергії, синтез адаптивних та оптимальних регуляторів засобами автоматизації);
- розробка програмного забезпечення автоматизованих систем керування;
- дослідження мікропроцесорних мереж та оптимізація інформаційних потоків.

Висновки. Фізична модель СЕЕС, що представляє собою апаратно-програмну систему, поєднує в собі всі необхідні функціональні вузли і програмні компоненти для ефективної роботи оператора. Програми з розвиненими засобами візуального інтерфейсу не потребують від користувача тривалого навчання, і в комплексі з іншими додатками здатні вирішувати найширше коло науково-технічних і прикладних завдань. Програмне забезпечення керування фізичною моделлю СЕЕС, до складу якої входить лабораторний стенд, дозволяє автоматизувати процес генерування електроенергії, контролювати режим роботи електростанції, попереджати виникнення аварійних ситуацій, керувати напругою генераторів та обертами приводних двигунів, виконувати налаштування регуляторів локальних систем керування (системи збудження, системи розподілу навантаження між генераторами), досліджувати процес синхронізації генераторів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Крисан Ю.А. Лабораторный стенд дистанционного управления и контроля параметров электропривода LENZE / Ю.А. Крисан, И.А. Орловский, А.Е. Боровенский, М.О. Галица // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2009 (56). Частина – С. 124-126.
2. Куродо Исао. Исследования роли человека в авариях в энергосистемах / Куродо Исао // Denki hyoron. Elec. Rev. 2005. 90, № 5, – С. 10-14.
3. Овчаренко Н. И. Автоматика электрических станций и электроэнергетических систем / Н. И. Овчаренко. – М. : Издательство НЦ ЭНАС, 2001. – 504 с.
4. Попов А. Г. Средства визуализации информации при построении автоматизированных систем технологического управления в ОАО «ФСК ЕЭС» / А. Г. Попов, М. В. Эйдмиллер // Автоматизированные системы управления энергетическими ресурсами: Материалы семинара, Санкт-Петербург, 19–23 апр. 2004. Вып. 2. СПб: Изд-во ПЭИПК. 2005, – С. 220-224.
5. Козлов Н. А. Концепция построения автоматизированной системы оперативного диспетчерского управления и учета энергоресурсов на базе продукции ЗАО «Системы связи и телемеханики» / Н. А. Козлов, Д. Б. Вольский, И. В. Теплинский // Автоматизированные системы управления энергетическими ресурсами: Материалы семинара, 19–23 апр. 2005. Вып. 2. – СПб.: Изд-во ПЭИПК. 2005, – С. 275-286.

**СЕКЦІЯ:
БЕЗПЕКА СУДНОПЛАВСТВА**

ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ДИСТАНЦИИ С ПОМОЩЬЮ РЛС

Алексейчук Б.М., Астайкин Д.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Вступление. Высокоточная информация о текущем положении судна и его параметрах движения необходима для обеспечения безопасного судовождения. В свою очередь, точность определения места судна при избыточных измерениях существенным образом зависит от закона распределения их погрешностей.

Закон распределения погрешностей измеряемых навигационных параметров, как показывают статистические исследования, зачастую может отличаться от нормального закона [1, 2]. Это обстоятельство повело к поиску альтернативных законов распределения вероятностей погрешностей навигационных измерений, и проверка их на материалах натуральных наблюдений, чему посвящена данная статья.

Актуальность исследования. Вопросам рассмотрения локальных радионавигационных систем и их точности посвящены работы [3, 4]. В публикации [3] рассмотрены вопросы разработки высокоточных радиолокационных систем обращенного типа, а в работе [4] анализируются вопросы обеспечения высокой точности проводки судна в узкости при помощи корреляционных методов навигации.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данной статьи является проверка статических гипотез распределения погрешностей навигационных измерений, представленных выборкой, полученной в натуральных наблюдениях.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

При стоянке в порту Ричардс Бей с помощью РЛС в течение суток производились измерения дистанции до неподвижного ориентира, и была получена выборка из 210 измерений. Среднее значение дистанции составило 0,3378 мм, а с.к.о. погрешности измерения – $\sigma = 4,44$ м.

Выборка погрешностей измерения дистанции разделена на 20 разрядов с длиной каждого разряда равной половине значения σ . Статистический ряд и выборка случайных погрешностей дистанции приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Статистический ряд выборки погрешности измерения дистанции

| | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| Раз- ряд | 1-3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18- 20 |
| N | 0 | 1 | 1 | 3 | 7 | 17 | 29 | 44 | 48 | 33 | 15 | 7 | 3 | 1 | 1 | 0 |

Во второй строке таблицы приводится число погрешностей, попадающих в соответствующий разряд. Для расчета критерия согласия χ^2 – Пирсона используется статистический ряд, а расчет производится по формуле:

$$\chi^2 = \sum_1^s \frac{(m_i - NP_i)^2}{NP_i},$$

где s – число разрядов гистограммы; N – количество членов выборки;

$P_i = F\left[\frac{\sigma}{2}\left(i - \frac{s}{2}\right)\right] - F\left[\frac{\sigma}{2}\left(i - \frac{s}{2} - 1\right)\right]$, здесь $F[x]$ – функция распределения погрешности.

Для полученной выборки была построена гистограмма и произведена проверка статистических гипотез [5], в процессе которой определялась степень согласия статистического материала выборки с выбранными законами распределения вероятностей погрешностей.

В качестве альтернативных законов выбран нормальный закон и смешанные законы первого и второго типа, аналитический вид которых приведен в табл. 2.

Таблица 2 – Альтернативные законы распределения вероятностей погрешностей

| <i>Закон распределения</i> | <i>Аналитические выражения плотности</i> |
|----------------------------|--|
| Гаусса | $\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$ |
| Смешанный 1-го типа n=1 | $\frac{2\alpha^{\frac{3}{2}}}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^2}$ |
| Смешанный 1-го типа n=2 | $\frac{8\alpha^{\frac{5}{2}}}{\sqrt{2\pi}3} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^3}$ |
| Смешанный 1-го типа n=3 | $\frac{48\alpha^{\frac{7}{2}}}{\sqrt{2\pi}15} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^4}$ |
| Смешанный 1-го типа n=4 | $\frac{384\alpha^{\frac{9}{2}}}{\sqrt{2\pi}105} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^5}$ |
| Смешанный 1-го типа n=5 | $\frac{3840\alpha^{\frac{11}{2}}}{\sqrt{2\pi}945} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^6}$ |
| Смешанный 1-го типа n=6 | $\frac{46080\alpha^{\frac{13}{2}}}{\sqrt{2\pi}10395} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^7}$ |
| Смешанный 2-го типа n=1 | $\frac{3\alpha^2}{\sqrt{24}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{5/2}}$ |
| Смешанный 2-го типа n=2 | $\frac{15\alpha^3}{\sqrt{216}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{7/2}}$ |
| Смешанный 2-го типа n=3 | $\frac{105\alpha^4}{\sqrt{296}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{9/2}}$ |
| Смешанный 2-го типа n=4 | $\frac{945\alpha^5}{\sqrt{2768}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{11/2}}$ |
| Смешанный 2-го типа n=5 | $\frac{10395\alpha^6}{\sqrt{27680}} \frac{1}{(x^2/2 + \alpha)^{13/2}}$ |

Для выборки рассчитаны значения критерия согласия χ^2 – Пирсона с рассмотренными законами распределения вероятностей погрешностей, и в качестве закона распределения выбирается тот, критерий согласия χ^2 – Пирсона которого имеет минимальное значение.

Значения критерия согласия χ^2 – Пирсона выборки для рассматриваемых законов распределения представлены в табл. 3.

Таблиця 3 – Значения критерия согласия χ^2 – Пирсона выборки

| N п/п | Закон распределения | Критерий согласия χ^2 – Пирсона |
|----------|-------------------------|--------------------------------------|
| 1 | Гаусса | 8,749 |
| 2 | Смешанный 1-го типа n=1 | 0,088 |
| 3 | Смешанный 1-го типа n=2 | 0,012 |
| 4 | Смешанный 1-го типа n=3 | 0,011 |
| 5 | Смешанный 1-го типа n=4 | 0,014 |
| 6 | Смешанный 1-го типа n=5 | 0,016 |
| 7 | Смешанный 1-го типа n=6 | 0,019 |
| 8 | Смешанный 2-го типа n=1 | 0,024 |
| 9 | Смешанный 2-го типа n=2 | 0,010 |
| 10 | Смешанный 2-го типа n=3 | 0,012 |
| 11 | Смешанный 2-го типа n=4 | 0,015 |
| 12 | Смешанный 2-го типа n=5 | 0,018 |

Выводы. Из анализа таблицы видно, что критерий согласия принимает минимальное значение для смешанного закона распределения второго типа (обобщенного Пирсона) с существенным параметром n=2. Поэтому принимается гипотеза о том, что погрешности выборки распределены по данному закону.

Таким образом, погрешность измерения дистанции с помощью РЛС распределена по закону, отличному от нормального закона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна. – М.: Транспорт, 1989. – 250 с.
2. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation // The Journal of Navigation. – Vol. 32. – № 3. – P. 426-429.
3. Алексишин В.Г. Перспективы разработки навигационных систем обращенного типа / В.Г Алексишин, Д.А. Бузовский // Судовождение. – 2005. – № 9. – С. 3-6.
4. Широков В.М. Результаты имитационного моделирования обсерваций судна в стесненных условиях / В.М. Широков // Судовождение. – 2004. – № 8. – С. 103-107.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Вентцель Е.С. – М. : Наука, 1969. – 576 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СИТУАЦИОННОГО ВОЗМУЩЕНИЯ ПРИ ОПАСНОМ СБЛИЖЕНИИ СУДОВ

Булгаков А.Ю., Мартыненко К.С.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Вступление. При опасном сближении судов необходимо определить значение ситуационного возмущения, соответствующего реализовавшейся ситуации, для корректного выполнения маневра расхождения. В этом случае существенным является соотношение между прогнозируемым значением дистанции кратчайшего сближения D_{\min} , ее возможного максимального значения $\max D_{\min}$ и предельно допустимой дистанцией сближения D_{dop} , чему посвящена данная статья.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Вопросам расхождения судов с использованием гибких стратегий расхождения посвящена работа [1], а в работе [2] приведены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения. Однако вопросы управления судами в зависимости от значения ситуационного возмущения исследованы недостаточно полно, что определяет выбор темы предлагаемой публикации.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью статьи является разработка процедуры определения значения ситуационного возмущения при опасном сближении судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов.

Ситуационное возмущение ω может принимать три значения:

$$\omega = \begin{cases} 0, & D_{\min} > D_{\text{dop}}, \\ 1, & D_{\min} \leq D_{\text{dop}}, \max D_{\min} > D_{\text{dop}}, \\ 2, & D_{\min} \leq D_{\text{dop}}, \max D_{\min} \leq D_{\text{dop}}. \end{cases}$$

Для декомпозиции множества состояний опасного сближения системы S_{12} на подмножества ситуационных возмущений со значениями 1 и 2 учитываем соотношение значений $\max D_{\min}$ и D_{dop} . Смена значений ситуационного возмущения происходит на границе, когда достигается равенство $\max D_{\min} = D_{\text{dop}}$.

Учитываем, что:

$$\max D_{\min} = \Delta_n D \sin(K_{\text{extr}} - \alpha),$$

где α – пеленг на цель.

Так как K_{extr} – экстремальный относительный курс равный K_{otmin} или K_{otmax} , на котором дистанция кратчайшего сближения D_{\min} максимальна, то, очевидно, справедливы следующие два равенства:

$$\max D_{\min}^{(\text{mx})} = \Delta_n D \sin(K_{\text{otmax}} - \alpha) \text{ и } \max D_{\min}^{(\text{mn})} = \Delta_n D \sin(K_{\text{otmin}} - \alpha).$$

При этом:

$$K_{\text{otmin}} = \pi + K_2 - \arcsin \rho \text{ и } K_{\text{otmax}} = \pi + K_2 + \arcsin \rho,$$

где $\rho = V_1 / V_2$ и $V_2 > V_1$.

Поэтому имеются две границы:

$$D \sin(\pi + K_2 + \arcsin \rho - \alpha) = \Delta_n D_{\text{dop}}, \quad D \sin(\pi + K_2 - \arcsin \rho - \alpha) = \Delta_n D_{\text{dop}},$$

которые удобно записать в виде зависимости D от курса K_2 :

$$D_{\max} = (\Delta_n D_{\text{доп}}) / \sin(\pi + K_2 + \arcsin \rho - \alpha),$$

$$D_{\min} = (\Delta_n D_{\text{доп}}) / \sin(\pi + K_2 - \arcsin \rho - \alpha).$$

При этом каждому курсу K_2 судна с большей скоростью соответствуют курсы

$$K_{1\min} = K_2 + \arccos \rho \text{ и } K_{1\max} = K_2 - \arccos \rho,$$

при которых достигаются экстремальные относительные курсы $K_{\text{отmin}}$ или $K_{\text{отmax}}$.

Исследуем поведение величины $\max D_{\min}$ в зависимости от курса судна с большей скоростью K_2 . Очевидно, что $\max D_{\min} = 0$, при $K_{\text{extr}} = \alpha$, или $\pi + K_2 \pm \arcsin \rho = \alpha$, откуда $K_2 = \alpha - \pi \mp \arcsin \rho$.

Найдем курсы судна K_2 , при которых $\max D_{\min}$ принимает наибольшее значение.

Очевидно, это происходит при $\sin(K_{\text{extr}} - \alpha) = 1$, или $K_{\text{extr}} = \alpha + \frac{\pi}{2}$. Подставляя значение

K_{extr} :

$$\pi + K_2 \pm \arcsin \rho = \alpha + \frac{\pi}{2}, \text{ или } K_2 = \alpha + \frac{\pi}{2} - \pi \mp \arcsin \rho = \alpha - \frac{\pi}{2} \mp \arcsin \rho.$$

Учитывая, что $\frac{\pi}{2} - \arcsin \rho = \arccos \rho$, получим $K_2 = \alpha \mp \arccos \rho$.

На рис. 1 показаны области позиций для $D=3$, $D_d=1$ и $\alpha=0$, в которых ситуационное возмущение может принять значение 2.

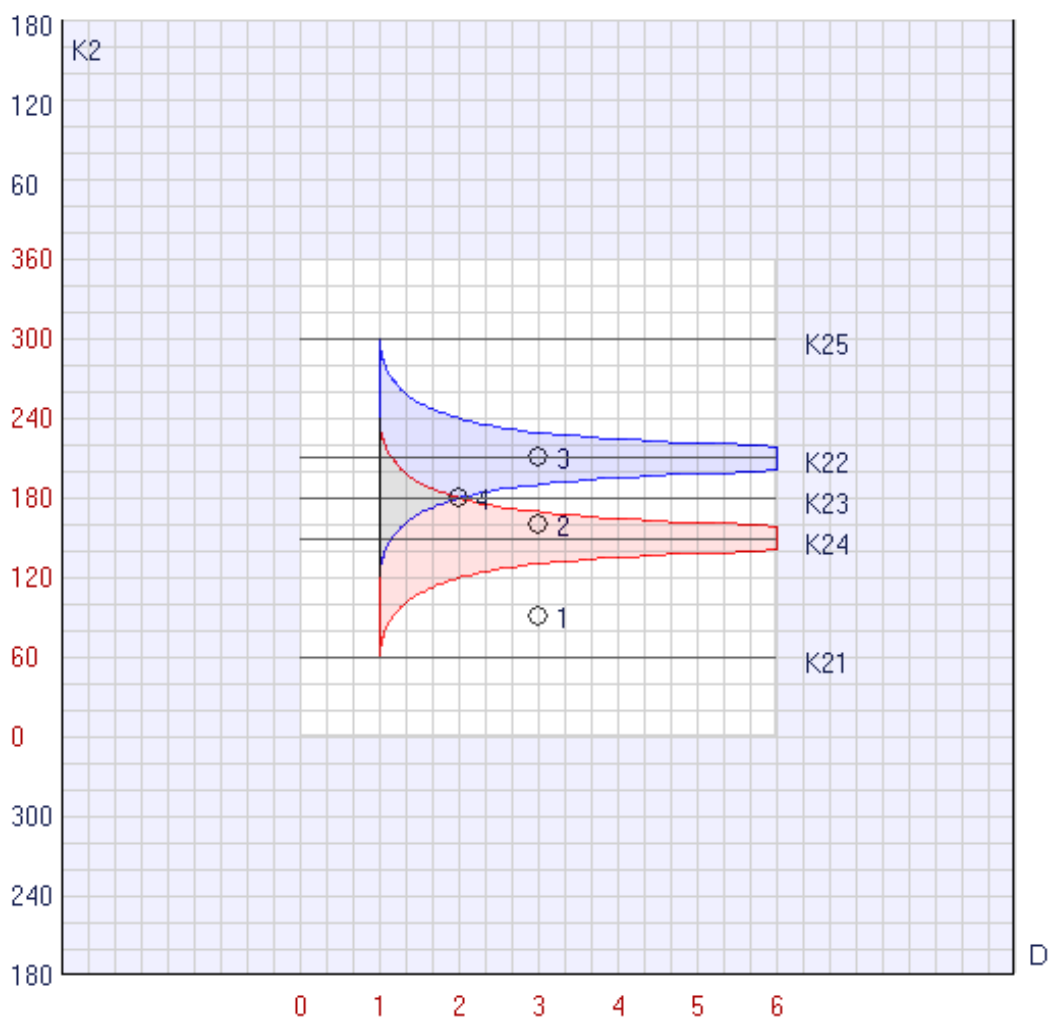


Рисунок 1 – Области позиций, в которых возможно $\omega=2$.

Верхняя область на рисунке 1 соответствует значениям K_2 и D , при которых D_{\min} нельзя увеличить, увеличивая относительный курс до $K_{\text{отmax}}$, а нижняя область характеризует отсутствие возможности увеличения D_{\min} уменьшением относительного курса до $K_{\text{отmin}}$.

На рис. 1 обозначены следующие курсы:

$$K_{21} = \alpha + \arccos \rho, \quad K_{22} = \alpha + \pi + \arcsin \rho, \quad K_{23} = \alpha + \pi,$$

$$K_{24} = \alpha + \pi - \arcsin \rho, \quad K_{25} = \alpha - \arccos \rho.$$

С помощью областей, показанных на рис., можно определить значение ситуационного возмущения ω , располагая дистанцией между судами D и курсом судна с большей скоростью K_2 . Так для точки 1, которая соответствует $D=3$ и $K_2=90^\circ$, ситуационное возмущение $\omega=1$, так как точка 1 не принадлежит обеим областям. Точка 2 ($D=3$, $K_2=160^\circ$) принадлежит нижней области и в случае отсутствия возможности увеличения D_{\min} изменением относительного курса к $K_{\text{отmax}}$ ситуационное возмущение $\omega=2$. В противном случае, если возможно увеличение D_{\min} увеличением относительного курса к $K_{\text{отmax}}$, ситуационное возмущение $\omega=1$.

Верхняя область содержит точку 3 ($D=3$, $K_2=210^\circ$), при возможности увеличения D_{\min} изменением относительного курса к $K_{\text{отmin}}$ ситуационное возмущение $\omega=1$, а в противном случае $\omega=2$. Если ситуация соответствует точке 4 ($D=2$, $K_2=180^\circ$), которая принадлежит обеим областям, то ситуационное возмущение принимает только значение $\omega=2$.

Выводы. Получена процедура определения значения ситуационного возмущения при опасном сближении пары судов S_{12} , позволяющая реализацию стандартного или экстренного маневра расхождения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
2. Пятаков Э.Н.. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Пятаков Э.Н., Заичко С.И // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. – Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С. 166 – 171.

ТИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАРОЙ СУДОВ В СИТУАЦИИ ОПАСНОГО СБЛИЖЕНИЯ

Бурмака И.А.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Одной из наиболее актуальных является проблема обеспечения безопасного расхождения судов в случае возникновения угрозы их столкновения. В этой ситуации судам надлежит компенсировать ситуационное возмущение путем выполнения маневра расхождения. При этом, как правило, маневр расхождения регламентируется МППСС-72. В стесненных районах плавания с особенно интенсивным движением для контроля процесса судовождения и управления движением опасно сближающихся судов оборудуются станции управления движением судов (СУДС). Поэтому исследование вопросов управления судами, следующих опасными курсами сближения, чему посвящена настоящая статья, является актуальным и перспективным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] приведены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения, а работа [2] исследует вопросы предупреждения столкновений судов с помощью гибких стратегий расхождения. Принцип внешнего управления тремя судами для компенсации ситуационного возмущения рассмотрен в работе [3].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является рассмотрение двух типов управления системой S_{12} пары опасно сближающихся судов для предупреждения столкновения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. После возникновения ситуационного возмущения ω необходимо произвести его компенсацию, применяя стратегию расхождения G , которая обеспечивает увеличение дистанции кратчайшего сближения между судами системы S_{12} до величины $D_{\min} \geq D_d$. При этом стратегия может содержать маневр расхождения как одного, так и обоих судов. Другими словами, компенсация ситуационного возмущения может производиться одним из судов или обоими судами.

Маневр расхождения судна содержит два участка: участок уклонения судна с программной траектории для увеличения D_{\min} и участок возвращения на программную траекторию движения.

Принципиально важным аспектом управления системой S_{12} является полнота управления, выраженная двумя различными подходами. Во-первых, это локально-независимое управление, суть которого заключается в контроле каждым из судов текущего состояния системы S_{12} и при наличии ситуационного возмущения его компенсация производится маневрами обоих судов, причем выбор маневра расхождения производится независимо каждым из судов. Для обеспечения безопасности расхождения необходима согласованность маневров расхождения судов, т. е. координация маневров, позволяющая увеличивать дистанцию кратчайшего сближения.

При этом типе управления каждое из судов контролирует текущее состояние системы S_{12} и при появлении ситуационного возмущения ω между судами возникает взаимодействие V_z , которое программный участок относительного движения с ситуационным возмущением ($D_{\min} < D_d$) трансформирует в относительную траекторию без ситуационного возмущения ($D_{\min} \geq D_d$). Взаимодействие V_z прогнозирует поведение судов при расхождении и предполагает выработку адресных согласованных стратегий каждому из взаимодействующих судов.

Поэтому взаимодействие Bz формально может быть записано следующим образом:

$$G = Bz(F),$$

где $F = (D, \alpha, V_1, K_1, V_2, K_2)$ - вектор состояния системы S_{12} ; $G = (G_1, G_2)$.

Таким образом, взаимодействие судов Bz – оператор или отображение параметров состояния системы S_{12} во множество параметров стратегии расхождения G , причем взаимодействие Bz состоит из двух операторов: Cr_d - координации маневров и Pm – расчета параметров маневров.

Взаимодействие Bz , как механизм согласования по достижению общей цели предупреждения опасного сближения, определяющее поведение каждого из судов в процессе расхождения, и прогнозирующее изменение ситуации, является крайне важным фактором, влияющим на безопасность расхождения. Таким образом, процесс расхождения является процессом компенсации ситуационного возмущения, т. е. перевода системы S_{12} в подмножество безопасных состояний, согласно механизму взаимодействия Bz , а стратегией расхождения G является алгоритм реализации процесса расхождения.

Реализация взаимодействия Bz производится с помощью системы бинарной координации или координатора $c_o(Bz)$, на вход которого подается вектор состояния F , а выходом являются адресные сигналы судам β_1 и β_2 (рис. 1). В свою очередь, каждый из сигналов β_i содержит координирующий сигнал γ_i и сигнал связи μ_i . Координирующие сигналы γ_i предписывают подмножество курсов уклонения каждого судна, обеспечивающих согласованность маневров расхождения, а сигналы связи μ_i содержат информацию каждому судну о прогнозируемом поведении другого судна. Причем, $\mu_1 = \gamma_2$ и $\mu_2 = \gamma_1$.

Координирующий сигнал γ_i содержит три составляющие: сигнал q_{1i} о наличии приоритета, предписываемого координатором, а сигналы q_{2i} и q_{3i} регламентируют взаимодействующим судам возможность уклонения соответственно вправо и влево.

С помощью адресного сигнала β_i и вектора состояния F каждое из судов s_i системы S_{12} производит выбор маневра расхождения G_i из допустимого подмножества курсов уклонения, которое регламентируется координирующим сигналом γ_i . Следует отметить, что судном s_i производится выбор оптимального маневра, при котором достигается экстремум выбранного критерия оптимальности.

Критерий оптимальности выбирается в зависимости от значения реализовавшегося ситуационного возмущения, причем является различным при стандартном маневре расхождения и маневре экстренного расхождения.

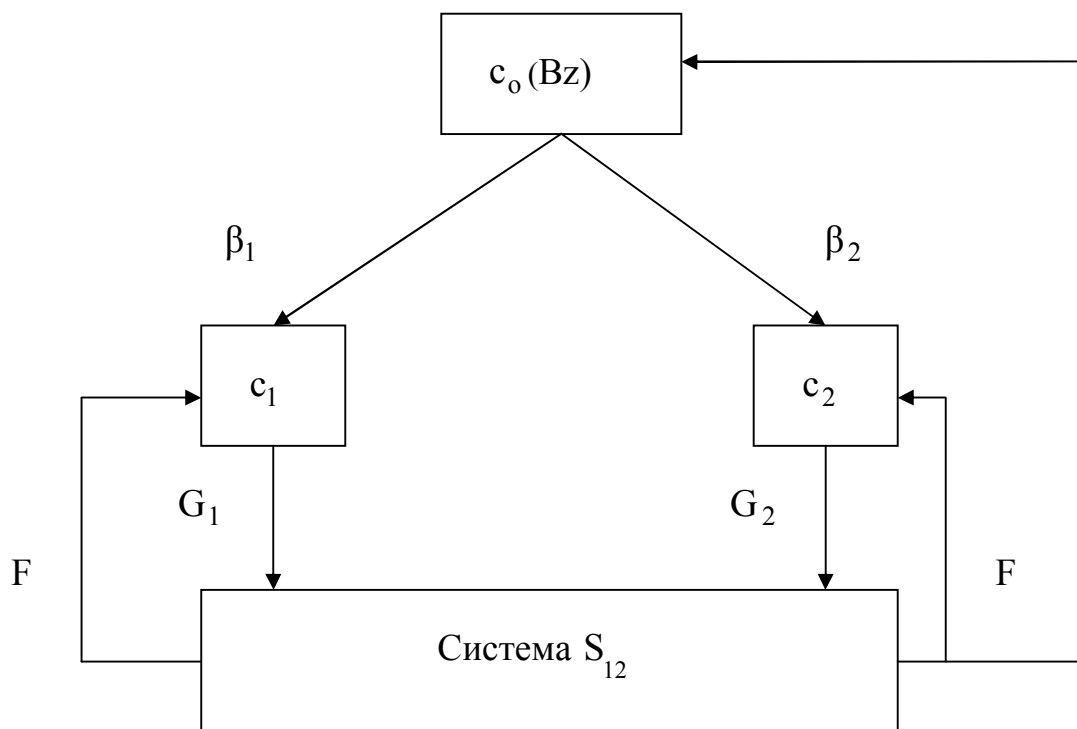


Рисунок 1 – Принцип локально-независимого управления системой S_{12}

Вторым типом управления S_{12} является полное управление системой внешним управленцем, который наблюдает состояние системы S_{12} и в случае появления ситуационного возмущения ω формирует общую стратегию расхождения для обоих судов, переводя систему S_{12} в невозмущенное состояние.

Таким управленцем может быть, как СУДС, так и, что принципиально важно, судовая информационная система, с теми же возможностями, установленная на каждом из судов, решающая задачу коллективной компенсации ситуационного возмущения и реализующая полученную в результате решения индивидуальную стратегию. Внешний управленец Ξ наблюдает вектор состояния F системы S_{12} и производит анализ наличия ситуационного возмущения ω , при появлении которого производится выбор оптимальной стратегии (G_1, G_2) . Маневры G_1 и G_2 , как показано на рис. 2, адресуются судам c_1 и c_2 , которые осуществляют их реализацию.

Достоинством полного управления системой S_{12} внешним управленцем является одинаковая интерпретация возмущенного состояния S_{12} при выборе маневров расхождения G_1 и G_2 .

Компенсация ситуационного возмущения ω производится на первом участке уклонения стратегии G . После завершения участка уклонения реализуется участок выхода на программную траекторию движения.

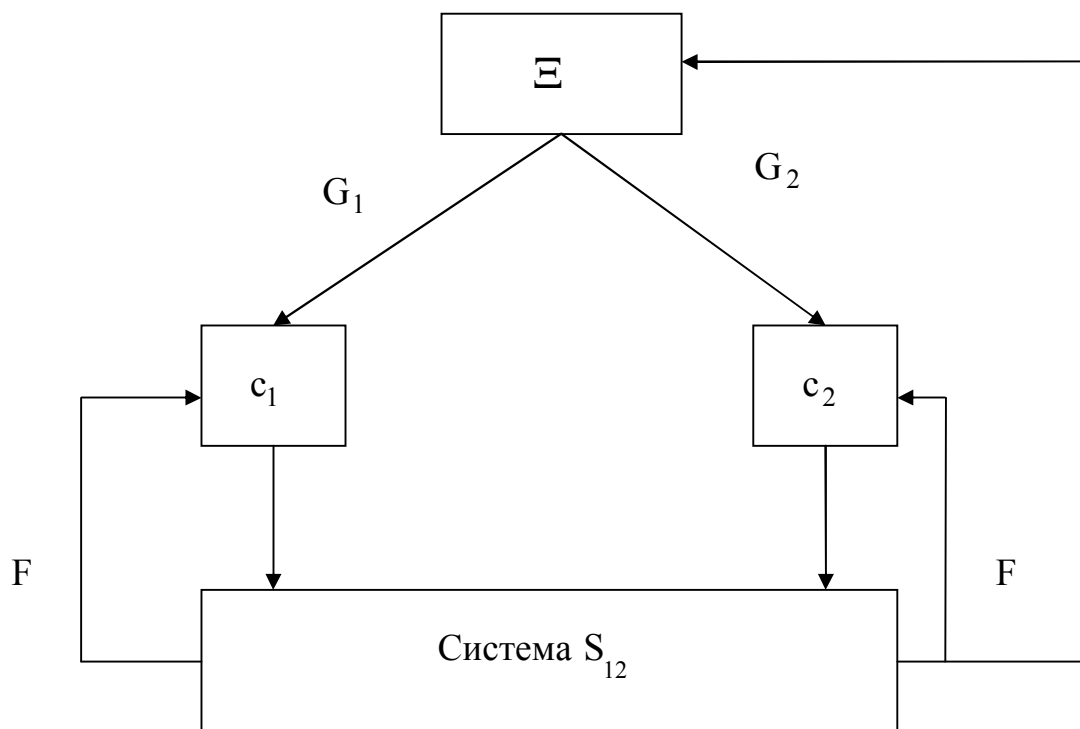


Рисунок 2 – Принцип полного управления системой S_{12} внешним управленцем

Выводы. Таким образом, для расхождения судов при опасном сближении, как правило, используется локально-независимое управление. В стесненных районах плавания с помощью СУДС может осуществляться принцип полного внешнего управления .

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Пятаков Э.Н., Заичко С.И // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. – Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С. 166 – 171.
2. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. Маневр расхождения трех судов изменением курсов // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2014. – Вып. 20. Одесса: ОНМА. – С. 18 – 23.

УРАВНЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ СУДОВ

Волков А.Н., Омельченко Т.Ю.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Для обеспечения безопасности судовождения используется допустимая область, в которой находится судно, причем в эту область не должны попадать другие объекты во избежание аварийных происшествий. Форма и размеры безопасной судовой области влияют на своевременность выявления ситуации опасного сближения.

Поэтому разработка способа выбора оптимальной формы и размеров судовой безопасной области является актуальным и перспективным направлением.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Во многих работах рассматриваются вопросы построения судовой безопасной области, в качестве которой, как правило, принимается круг, в центре которого находится судно.

В ряде работ предлагается другая форма судовой безопасной области. Так, в работе [1] рассмотрены более десяти применяемых в настоящее время форм судового домена опасности, а в работе [2] в качестве критерия безопасности предлагается «область столкновения», под которой имеется в виду некоторая область по направлению движения судна. В работах [3, 4] область навигационной безопасности описана эллипсом, которая используется в автоматизированной радиолокационной системе.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является получение аналитических выражений для описания судовой безопасной области заданной формы.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Рассмотрим безопасную судовую область D_b , имеющая форму полукруга полу-эллипса, которая характеризуется двумя параметрами: радиусом круга R_b и большей полуосью эллипса a_b (рис. 1).

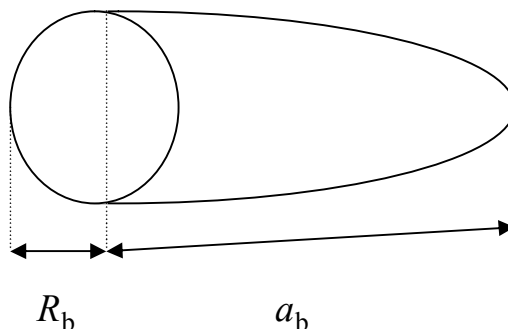


Рисунок 1 – Безопасная область D_b

Рассматриваемая форма стохастической области D_{st} является разностью безопасной D_b и детерминированной D_{det} .

Безопасная область D_b имеет сложную форму полукруга – полуэллипса, такую же форму имеет детерминированная область со следующими параметрами: радиусом R_{det} , меньшим полудиаметром $b_{det} = R_{det}$ и большим полудиаметром $a_{det} = 4R_{det}$. Тогда стохастическая область для рассматриваемого случая D_{st} определяется соотношением $D_{st} = D_b - D_{det}$.

Приведем уравнения границ областей D_b и D_{det} . Так, для безопасной области D_b :

$$y = \begin{cases} X^2 + Y^2 = R_b^2, & \text{если } x < 0, \\ \frac{X^2}{a_b^2} + \frac{Y^2}{R_b^2} = 1, & \text{если } x \geq 0. \end{cases}$$

Для детерминированной области D_{det} граница выражается следующим образом:

$$y = \begin{cases} X^2 + Y^2 = R_{det}^2, & \text{если } x < 0, \\ \frac{X^2}{a_{det}^2} + \frac{Y^2}{R_{det}^2} = 1, & \text{если } x \geq 0. \end{cases}$$

Для определения формы разностной стохастической области D_{st} следует записать уравнения границ областей D_b и D_{det} в полярной системе координат. Вначале записываем уравнение границы безопасной области D_b в полярной системе координат:

$$d = \begin{cases} R_b, & \text{если } \alpha \in [\pi, 2\pi], \\ \sqrt{\frac{a_b^2 R_b^2}{R_b^2 \sin^2 \alpha + a_b^2 \cos^2 \alpha}}, & \text{если } \alpha \in [0, \pi]. \end{cases}$$

В данном выражении d – расстояние от центра области до точки ее границы по направлению α .

Аналогично, уравнение границы для детерминированной области D_{det} имеет следующий вид:

$$d = \begin{cases} R_{det}, & \text{если } \alpha \in [\pi, 2\pi], \\ \sqrt{\frac{a_{det}^2 R_{det}^2}{R_{det}^2 \sin^2 \alpha + a_{det}^2 \cos^2 \alpha}}, & \text{если } \alpha \in [0, \pi]. \end{cases}$$

Поэтому для стохастической области D_{st} граница выражается следующим образом:

$$d = \begin{cases} R_b - R_{det}, & \text{если } \alpha \in [\pi, 2\pi], \\ \sqrt{\frac{(a_b - a_{det})^2 (R_b - R_{det})^2}{(R_b - R_{det})^2 \sin^2 \alpha + (a_b - a_{det})^2 \cos^2 \alpha}}, & \text{если } \alpha \in [0, \pi]. \end{cases}$$

Из полученного выражения следует, что стохастическая область D_{st} имеет форму полукруга – полуэллипса с параметрами $R_{st} = R_b - R_{det}$ и $a_{st} = a_b - a_{det}$.

Выводы. В результате выполненной работы получены аналитические выражения для описания границы судовой безопасной области заданной формы.

В дальнейшем целесообразно разработать способ выбора оптимальной формы безопасной области судна.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию пути / Вагущенко Л.Л. – Одесса: Феникс, 2013. – 180 с.
2. Lamb W. G. P. Colcuiation of the geometry of ship collision zones / Lamb W. G. P. // The Journal of Navigation. – 1989. – 42, № 2. – P. 298 - 305.
3. Goodwin E. M. A Statistical Study of Ship Domains / Goodwin E. M. // The Journal of Navigation. – 1975. - 28, № 3. - P. 328 – 341.
4. Погосов С.Г. Береговые системы управления движением судов/ Погосов С.Г., Москвин Г.И.. – М.: Судовождение и связь, 1976. – 54 с.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАНЕВРИРОВАНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОВОЖДЕНИЯ С УЧЕТОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

Волков Е.Л.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Вступление. Достижение высоких скоростей современными судами оказало большое влияние на безопасность судоходства, т. к. сократилось время, имеющееся у судоводителя на оценку ситуации сближения судов, выработки правильного маневра расхождения и принятия решения о начале выполнения маневра.

На сегодняшний день основной причиной аварийности в судоходстве считается то, что судоводители тех плавающих средств, которые являются участниками одного и того же маневра, не всегда объективно оценивают сложившуюся ситуацию и неправильно принимают решение по расхождению с судами при ситуации опасного сближения и возникновении опасности столкновения. Эта проблема не так широко освещена в современных научных исследованиях по судовождению, хотя поиск путей повышения эффективности маневрирования и безопасности судна всегда будет **актуальным** в области вопросов безопасности судовождения.

Эффективность маневрирования судном в трудных условиях предусматривает принятие определенных действий со стороны судоводителя. Так, например, маневр расхождения судов, а также маневры по преодолению таких препятствий, как проход узкостей, при которых необходима смена курса, будет эффективным, если он выполнен заблаговременно с минимальным отклонением от программного курса и при этом на безопасном расстоянии от препятствия, будь то мелководье, скала или другое судно. Судоводитель должен учитывать тот факт, что маневр управлением судном от момента смены курса движения до момента возвращения судна на прежний курс с минимальным отклонением от программного курса составляет время, потраченное на выполнение маневра и по величине (длительности) этого времени можно судить о эффективности маневра в целом. Если при этом принять время, потраченное на выполнение маневра как период маневра то можно сказать, что период маневра должен стремиться к *min*. Минимизация периода маневра позволит не потерять время, потраченное на смену направления движения судна, расхождение с препятствием и возврат на прежний курс. Совокупность всего времени, потраченного на выполнение маневров на протяжении морского перехода, составит время задержки судна в рейсе и выльется во время опоздания прибытия судна в порт, что повлечет за собой потерю места у причала, потерю очередности погрузки судна в порту, задержку доставки или отправки груза и соответственно штрафные санкции от грузоотправителя, или грузополучателя вплоть до вывода судна из чартера на время задержки судна на переходе, при большой величине опоздания. Поэтому, чтобы избежать всех выше перечисленных трудностей необходимо тщательнейшим образом выбирать маневр расхождения, учитывая при этом длину судна, массу судна, скорость, с которой судно входит в маневр, а также инерционные свойства судна. Современные крупнотоннажные суда, имеющие длину корпуса более 300 м и имеющие трюма или грузовые площади под контейнера расположенные позади надстройки с рулевой рубкой должны также учитывать тот факт, что GPS приемник расположен на мачте, над рулевой рубкой, и судовые РЛС при определении CPA (closest point of approach-дистанция минимального сближения) не учитывают ту длину корпуса, расположенную за надстройкой, которая иногда достигает половины корпуса и соизмерима с одним кабельтовым.

Оценка ситуации, принятие решения и выполнение самого маневра расхождения до сих пор является приоритетом самого судоводителя и зависит от его, судоводителя, знания, опыта и понимания ситуации, личностных качеств и в некоторой степени

человеческой порядочности, что и является влиянием человеческого фактора на безопасность судовождения и эффективность маневрирования т.к. любой маневр можно считать эффективным если он предполагает минимальное отклонение от курса с минимальной потерей времени на выполнение маневра с возвращением на прежний курс, что в целом влияет на общее время морского перехода и соответственно на сроки доставки груза в порт, выполнение рейсового задания и эффективности самого рейса.

Все эти факторы выступают своего рода критериями повышения эффективности маневра расхождения судов для избегания их столкновения. Учитывая то, что массу судна и его инерционные свойства мы поменять не можем (зависят от загрузки судна), необходимо найти другие пути решения проблемы оптимизации маневра для повышения его эффективности.

Минимизация влияния человеческого фактора и есть один из путей повышения эффективности маневрирования с одновременным повышением безопасности судовождения в целом. Ведь автоматизация процесса выбора оптимального варианта расхождения с судами, или прохождения препятствия, с автоматически определенным временем начала маневра отклонения и временем начала маневра по возврату на заданный курс позволит снять с вахтенного штурмана задачу выбора оптимального маневра расхождения и моментов начала изменения направления движения, что в свою очередь нивелирует такие факторы как опыт судоводителя, знание и правильное понимание правил МППСС-72, полное и четкое осознание сложившейся навигационной ситуации, знание и понимание инерционных свойств судна и его маневренных характеристик, а также такое немаловажное свойство судоводителя как порядочность и стремление неукоснительно следовать правилам МППСС-72.

Изучение данной проблемы интенсивно проводятся с начала внедрения на судах компьютеров для решения задач на мостике, т.е. порядка сорока лет назад. За это время были предложены различные варианты математического описания образуемых судами и границами судоходной акватории ситуаций, формализации Международных правил предупреждения столкновения судов (МППСС-72), синтеза стратегий расхождения, имеющие научное и практическое значение. Существенный вклад в решение этих задач внесли ученые-морьяки Родионов А.И. [12;13], Жерлаков А.В. [4], Лихачев А.В. [7], Алексейчук М.С. [1], Мальцев А.С. [8; 9], Цымбал Н.Н. [17, 3].

Проблема приобрела особую актуальность в середине 70-х годов прошлого столетия благодаря интенсивным попыткам автоматизировать процесс расхождения судов с помощью вычислительной техники [2].

Изначально задачу, связанную с автоматизацией процесса расхождения судов пытались решить методами теории оптимального управления, но специфика процесса расхождения по своей природе близка к игровой ситуации. Этот факт в совокупности с появившемся аппаратом теории позиционных дифференциальных игр сформировало новый подход к формализации процесса расхождения, основанного на методах теории игр. Однако существующая координация в виде МППСС-72, которая регламентирует взаимодействие судов в процессе расхождения, противоречит игровой постановке задачи, что может быть преодолено лишь выходом за рамки игровых моделей [2].

В настоящее время проблеме предупреждения столкновений судов посвящено сотни работ десятков отечественных и зарубежных ученых, в которых рассмотрены аспекты обсуждаемой проблемы. Причем сложился ряд подходов к описанию управляемого процесса расхождения судов с учетом существенных факторов [2].

Исследования по проблеме предупреждения столкновения судов, выполненные в ЛЭТИ им. В.И. Ульянова (Ленина) во второй половине 70-х годов предыдущего столетия под руководством профессора Фрейдзона И.Р.. Результаты исследований опубликованы в работах [14]. При данном подходе формализация процесса расхождения производится совместным использованием методов оптимального управления и дифференциальных игр.

Аналогічний підхід к формалізації процесу расхождения с помощью дифференциальных игр подробно изложен в работе J. Lisowski [18].

Подход к решению задачи выбора оптимального маневра судна при расхождении методами теории оптимальных дискретных процессов предложен сотрудниками Томского университета Куликовым А.М. [6] и Поддубным В.В. [10].

В восьмидесятые годы академиком Павловым В.В. и его учениками Шепетухой Ю.М., Положенцевым М.А., Богачуком Ю.П., Сеньшиным Н.И., сотрудниками Института Кибернетики им. В.М. Глушкова АН Украины, был выполнен ряд работ, посвященных проблеме расхождения судов и разработки системы предупреждения их столкновений [2].

Подход реализованный на условии постановки задачи с позиций приоритета практических требований к описанию процесса расхождения, с последующим привлечением к формированию модели подходящий аналитический аппарат, руководствуясь при этом основными принципами системного подхода, в научных исследованиях по разработке системы синтеза безопасного маневра расхождения, интенсивно ведутся с начала 2000 года в Одесской национальной морской академии под руководством профессора Цымбала Н.Н. [2]

Ряд его учеников Сафин И.В., Бурмака И.А., Бужбецкий Р.Ю., Петриченко Е.А., Пятаков Э.Н., Тюпиков Е.Е., исследовали различные аспекты проблемы разработки системы синтеза оптимального безопасного маневра расхождения [16; 17]. Концепция, положенная в основу разработки системы, во многом свободна от существующих замечаний и недостатков, а в основу её математической модели, как наиболее адекватные, положены методы теории динамических n-управляемых систем [2].

Несмотря на ведущиеся научные исследования и работы по автоматизации процесса выбора оптимального, эффективного и безопасного маневра при расхождении судов и устранения или хотя бы уменьшения влияния человеческого фактора на этот процесс, на сегодняшний день состав навигационного оборудования мостика позволяет только определить наличие опасной цели по такому навигационному параметру как, дистанция кратчайшего сближения и не дает каких либо рекомендаций по выбору оптимального варианта расхождения так же как и не осуществляет выполнение маневра самостоятельно по заданному алгоритму, поэтому окончательно решения по выбору и моменту начала маневра остается по старинке за судоводителем полагаясь только на его опыт, знания и адекватную оценку ситуации.

Целью данного исследования является изучение существующих теорий и методов формализации процесса расхождения судов с целью выбора оптимально эффективного маневра расхождения и минимизации влияния человеческого фактора при принятии и выборе решения.

В заключении можно сделать **вывод**, что направление, изложенное в данной статье, является перспективным для дальнейшего научного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексейчук М. С. Основные принципы системы принятия оптимального решения при расхождении судов / Алексейчук М. С. // Судовождение : [сб. науч. трудов ОГМА]. – Вып. 1. – 1999. – С. 7-14.
2. Бурмака А. И., Бурмака И. А., Бужбецкий Р. Ю. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судна / Бурмака А. И., Бурмака И. А., Бужбецкий Р. Ю. – Verlag : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 p.
3. Вагущенко Л. Л. , Вагущенко А. Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Вагущенко Л. Л. , Вагущенко А. Л. : Феникс, 2010. – 229 с.
4. Жерлаков А. В., Зимин Н. С., Кононов О. В. Радиолокационные системы предупреждения столкновений судов / Жерлаков А. В., Зимин Н. С., Кононов О. В. – Л. : Судостроение, 1984. – 200 с.

5. Кудряшов В. Е. Синтез алгоритмов безопасности управления судном при расхождении с несколькими объектами / Кудряшов В. Е. // Судостроение. – 1978. – №5. – С. 35-40.
6. Куликов А. М. Оптимальное управление расхождением судов // Куликов А. М., Поддубный В. В. / Судостроение. – 1984. – № 12. – С. 22-24.
7. Лихачев А. В. Разработка и исследование алгоритма выбора маневра для безопасного расхождения в судовой автоматизированной системе предупреждения столкновений : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.22.16 / Лен. гос. мор. акад. – Л., 1979. – 22 с.
8. Мальцев А. С. Маневрирование судов при расхождении / Мальцев А. С. – Одесса : Морской тренажерный центр, 2002. – 208 с.
9. Мальцев А. С. Управление движением судна / Мальцев А. С. – Одесса : Весть, 1995. – 232 с.
10. Поддубный В. В., Куликов А. А. Метод возможных направлений в задачах безопасного расхождения судов / Поддубный В. В., Куликов А. А. – М. : ВИНТИ, 1987. – 21 с.
11. Положенцев И. А. Эргатическая дифференциально-игровая система предупреждения столкновения судов / Положенцев И. А. // Кибернетика и вычислительная техника. – 1980. – № 50. – С. 38-40.
12. Родионов А. И. Формализация принятия решений о маневре при расхождении судов // Вычислительная техника на морском флоте / Родионов А. И. – М. : Наука, 1975. – С. 10 – 16.
13. Родионов А. И., Сазонов А. Е. Автоматизация судовождения : Учебник для вузов / [2-е изд. перераб. и доп.] / Родионов А. И., Сазонов А. Е. – М. : Транспорт, 1988. – 248 с.
14. Фрейдзон И. Р. Моделирование корабельных систем управления / Фрейдзон И. Р. – Л. : Судостроение, 1975. – 232 с.
15. Шепетуха Ю. М. Применение комбинированного маневра в эргатических системах разрешения навигационного конфликта / Шепетуха Ю. М. // Кибернетика и вычислительная техника. – 1985. – № 68. – С. 45-48.
16. Цымбал Н. Н. Перспективные системы предупреждения столкновений судов и принципы их разработки // Материалы I международной научно-практической конференции «Научовий потенціал світу 2004». – Т. 60. – Днепропетровск : Наука и освіта, 2004. – С. 44-45.
17. Цымбал Н. Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н. Н., Бурмака И. А., Тютиков Е. Е. – Одесса : КП ОГТ, 2007. – 424 с.
18. Lisovski I. A. Differential Game model of Ship Control Process / Lisovski I. A. // Link. Sei. and Appl. Automat. Contr. – Helsinki. – 1978. – Vol. 2. – P. 1557 – 1603.

ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВОЖДЕНИЯ

Ворохобин И.И.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Вступление. Одной из наиболее актуальных является проблема обеспечения безопасности судовождения в стесненных районах плавания. Для ее решения необходимо обеспечить снижение числа аварий, возникающих по причине посадок судов на мель и навалов на причал, что возможно достичь повышением точности определения места судна, а также использованием математической модели формирования вероятности безаварийного плавания судна по выбранному маршруту, позволяющей выявить существенные факторы и предупредить их отрицательное влияние на процесс судовождения.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] рассматривались вопросы по оценке надежности судовождения в случае, когда судно следовало мимо выделяющихся (точечных) навигационных опасностей, а обоснованию критерия навигационной безопасности посвящена работа [2]. Настоящий доклад посвящен вопросу формализации навигационной безопасности судовождения, характеризующейся вероятностью безаварийного плавания судна.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является разработка способа оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненных районах.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Навигационные аварии судов в процессе судовождения возникают по причине посадок на мель и навалов из-за позиционных погрешностей.

В общем случае аварийность характеризуется потоком аварийных событий, который в первом приближении можно рассматривать, как простейший стационарный пуассоновский поток.

Так как простейший поток обладает свойствами стационарности, ординарности и является потоком без последствия, то число аварийных событий суммарного потока, возникающих в течение интервала времени τ , распределено по закону Пуассона с математическим ожиданием [3]:

$$a_m = \lambda \tau ,$$

где λ – плотность суммарного потока, которая равна среднему числу аварийных событий, возникающих в единицу времени.

Основной характеристикой безопасности судовождения является вероятность безаварийного плавания $P_b(\tau)$, которая является вероятностью отсутствия аварийного события в течение интервала времени τ . В общем случае вероятность того, что за время τ произойдет ровно n аварийных событий при их распределении по закону Пуассона, равна:

$$P_n(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^n}{n!} e^{-\lambda\tau} .$$

Выражение вероятности безаварийного плавания $P_b(\tau)$ получим, принимая в предыдущем выражении значение $n = 0$. Следовательно

$$P_b(\tau) = P_0(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^0}{0!} e^{-\lambda\tau} , \text{ или}$$

$$P_b(\tau) = e^{-\lambda\tau}.$$

Промежуток времени τ между двумя последовательными произвольными аварийными событиями в простейшем суммарном потоке, т.е. время безаварийного плавания распределено по экспоненциальному закону с плотностью распределения:

$$f(\tau) = \lambda e^{-\lambda\tau}.$$

Математическое ожидание времени безаварийного плавания $M(\tau)$ и его дисперсия $D(\tau)$ определяются выражениями:

$$M(\tau) = \frac{1}{\lambda}, \quad D(\tau) = \frac{1}{\lambda^2}.$$

Для выявления факторов, влияющих на вероятность безаварийного плавания, и разработки мер по обеспечению необходимого уровня безопасности судовождения необходимо создать математическую модель для оценки интенсивности λ .

В работе [4] рассмотрена процедура оценки вероятности безаварийного плавания судна P_b в стесненных условиях по выбранному маршруту, причем получено выражение для вероятности

$$P_b = \exp \left\{ s \sum_{i=1}^{\Delta b} \varphi(b_i) \ln [F(L_{sti}) + F(b_i - L_{sti})] \right\},$$

которая зависит от основных существенных факторов: характеристики стесненности $\varphi(b)$ допустимой области плавания; характеристик точности, обеспечиваемой системой навигационного оборудования, выражающихся в параметрах функции двумерного распределения векториальной погрешности $F(b)$; выбора программной траектории в допустимой области плавания, что влияет на соотношение нормальных расстояний L_{st} и $b - L_{st}$, и длины программной траектории s .

Таким образом, каждая проводка судна по маршруту в стесненных условиях сопряжена с вероятностью возникновения аварии $1 - P_b$. Поэтому число a возможных посадок судов на мель по причине влияния позиционных погрешностей за интервал времени τ зависит от частоты попадания судна в стесненные воды q :

$$a = \lambda\tau = (1 - P_{bm})q\tau,$$

где P_{bm} – осредненное значение вероятности безаварийного плавания судна P_b в стесненных условиях.

Из последнего выражения следует:

$$\lambda = (1 - P_{bm})q,$$

причем частоту q в первом приближении можно оценить отношением среднего времени пребывания судов в стесненных водах T_m к среднему эксплуатационному периоду T_e в течение года. В среднем морские суда в стесненных водах находятся 20 % эксплуатационного времени.

Следовательно, окончательно:

$$\lambda = 0,2(1 - P_{bm}).$$

Очевидно, снижение интенсивности λ возможно уменьшением осредненной вероятности P_{bm} путем выбора требуемых значений существенных параметров, от которых зависит P_{bm} .

Выводы. Таким образом, в докладе предложена математическая модель определения интенсивности посадок на мель по причине позиционных векториальных погрешностей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. - М.: Транспорт, 1989. – 230 с.
2. Мельник Е.Ф. Обоснование выбора критерия навигационной безопасности судовождения // Судовождение. – 2002. – № 5. – С. 65-73.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. Ворохобин И.И.. Процедура оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненных водах / И.И Ворохобин., В.В Сиверин. // Проблеми техніки: Науково-виробничий журнал. - 2014.- № 4 . – С. 119-126.

АНАЛИЗ УСЛОВИЯ СБЛИЖЕНИЯ СУДОВ

Калиниченко Г.Е., Кулаков М.А.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Одной из важнейших проблем безопасного судовождения является обеспечение безопасного расхождения судов при их опасном сближении. Обязательным условием возникновения ситуационного возмущения является сближение судов. Поэтому необходимо рассмотреть процедуру, позволяющую определить факт сближения, чему посвящен настоящий доклад.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] изложена теория гибких стратегий расхождения, позволяющая выбрать маневр расхождения судна с несколькими опасными целями, а исследование эффективности парных маневров расхождения составляет содержание работы [2].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Разработка процедуры определения сближения судов является целью данного доклада.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Выражение для определения изменения дистанции \dot{D} имеет вид [3]:

$$\dot{D} = V_2 \cos(K_2 - \alpha) - V_1 \cos(K_1 - \alpha).$$

Разделение на подмножества сближающихся и удаляющихся судов производится по границе пар курсов (K_1, K_2) , при которых $\dot{D} = 0$, чему соответствует уравнение:

$$V_2 \cos(K_2 - \alpha) = V_1 \cos(K_1 - \alpha).$$

Из последнего соотношения следует:

$$\cos(K_2 - \alpha) = \frac{V_1}{V_2} \cos(K_1 - \alpha),$$

откуда

$$K_{21} = \alpha + \arccos\left[\frac{V_1}{V_2} \cos(K_1 - \alpha)\right], \quad (1)$$

$$K_{22} = \alpha - \arccos\left[\frac{V_1}{V_2} \cos(K_1 - \alpha)\right]. \quad (2)$$

Выражения (1) и (2) представляют границы между областями сближения и удаления судов. Они показаны на рис. 1, причем область внутри границ соответствует сближению судов. Границы рассчитаны для параметров $V_1 = 10$ уз., $V_2 = 20$ уз., $\alpha = 0^\circ$.

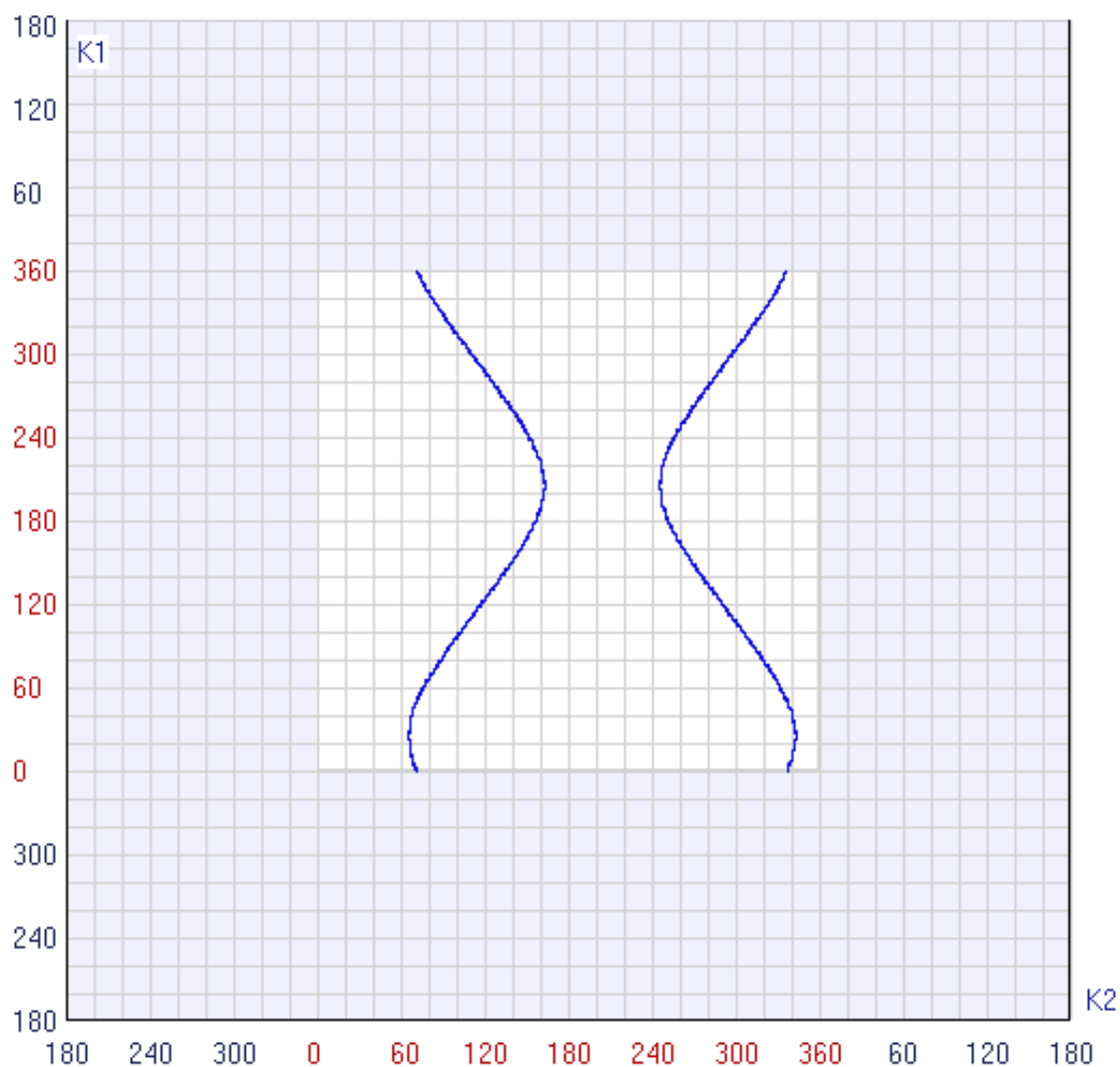


Рисунок 1 – Границы области сближения судов при $V_2 > V_1$

В случае равенства скоростей судов $V_2 = V_1$ границы области сближения вырождаются в прямые линии, как показано на следующем рис. 2. В приведенном примере выбраны следующие параметры $V_1 = 20$ уз., $V_2 = 20$ уз. и $\alpha = 0^\circ$.

Если суда сближаются $\dot{D} < 0$, то следует выяснить, существует ли опасность столкновения, т.е. ситуационное возмущение. Для этого необходимо сравнить прогнозируемое значение дистанции кратчайшего сближения D_{\min} с предельно-допустимой дистанцией D_d , значение которой определяется формой и размерами судовой безопасной области.

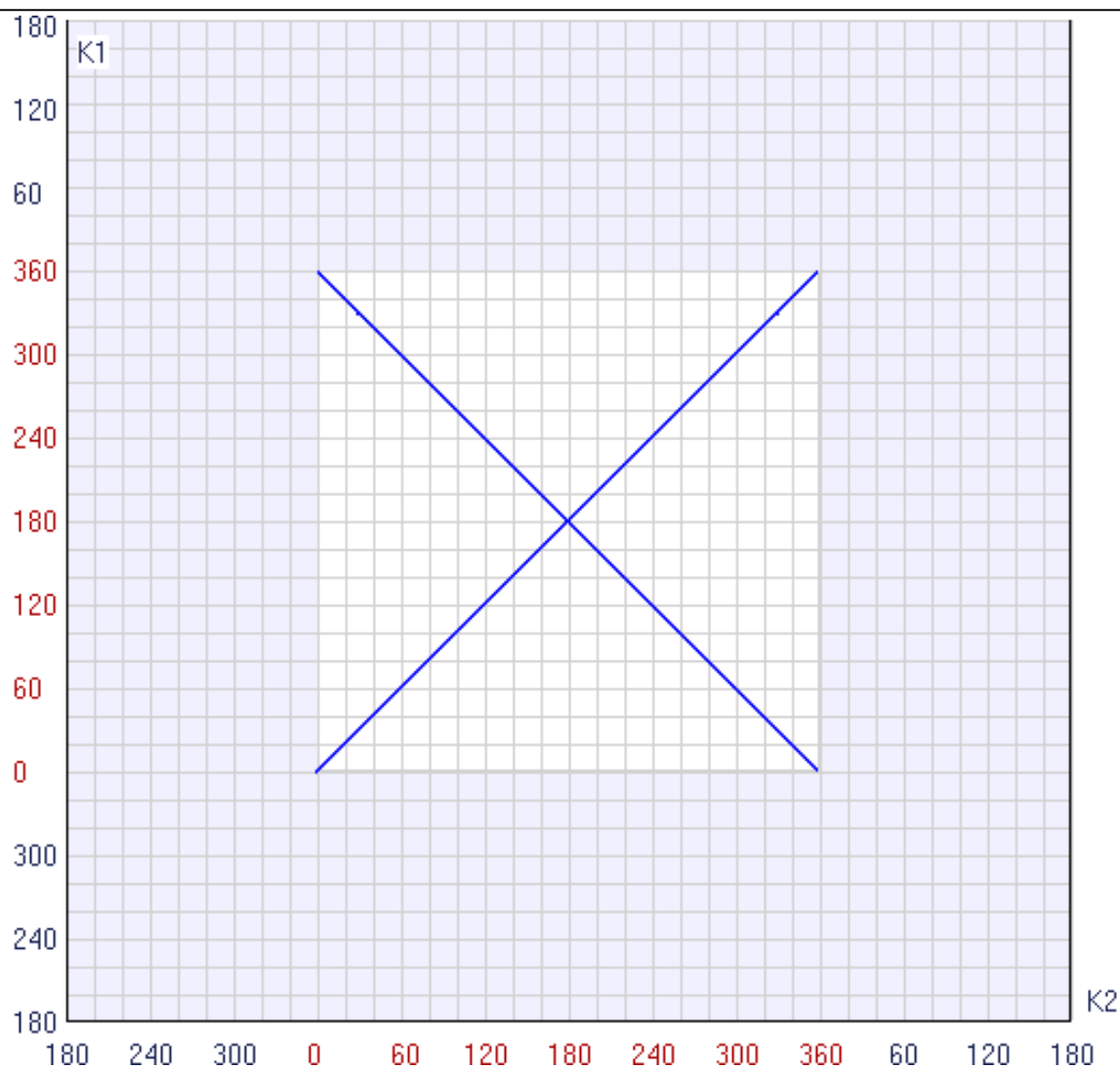


Рисунок 2 – Границы области сближения судов при $V_2 = V_1$

Выводы. Таким образом, получена графическая процедура определения знака скорости изменения дистанции между судами для выявления их опасного сближения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
2. Пятаков Э.Н.. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Пятаков Э.Н., Заичко С.И // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА, – Вып.15. – Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С. 166 – 171.
3. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Пятаков Э.Н., Бужбецкий Р.Ю., Бурмака И.А., Булгаков А.Ю. – Херсон : Гринь Д.С., 2015.-312 с.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ РАЗНЫХ ТИПОВ ПАТРУЛЬНЫХ СУДОВ

Кондратьева Л.Ю.

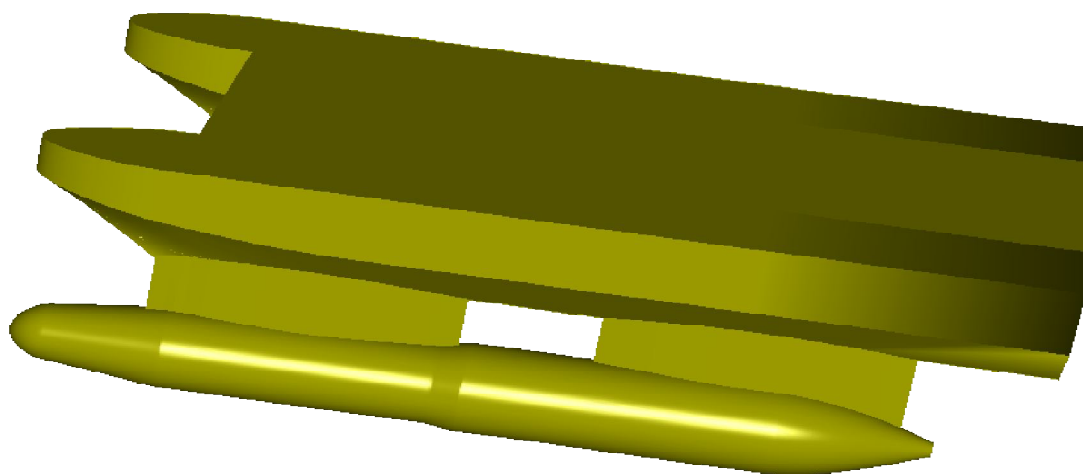
Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова
(Украина, г. Николаев)

Рассматривается корабль береговой охраны (КБО), который проектируется для эксплуатации в районах Черного моря, в частности, - между мысом Тарханкут и островом Змеиный. Этот район патрулирования стратегически важен для Украины, так как он находится между полуостровом Крым и материковой частью страны.

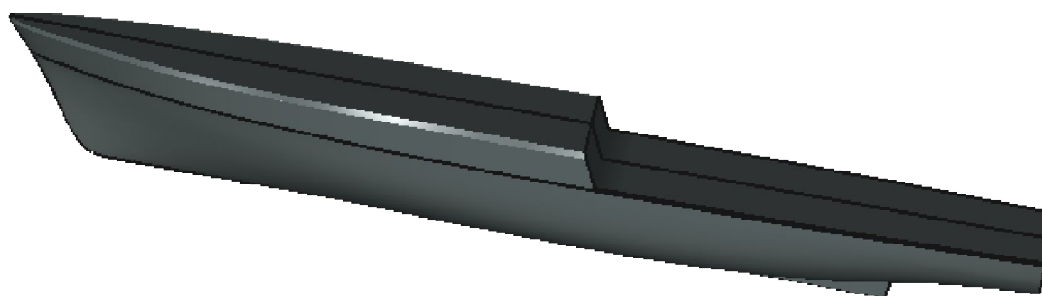
К характеристикам ветроволновых режимов района функционирования КБО, исходя из [1], следует отнести данные метеогидростанции «Херсонский Маяк», находящейся в открытом море, по максимальным высотам волн, варьируемым от 4м до 7,2 м, и метеогидростанции «Одесса-порт» – от 2,1м до 5,2м. Среднегодовые показатели максимальных высот волн района составляют 0,8м. Эти наблюдения подтверждают актуальность «всепогодного» патрульного судна для данного региона.

Выбранный район плавания имеет как мелководную зону так и глубоководную, следовательно обоснованной аппроксимацией спектра нерегулярного волнения является спектр JONSWAP (**J**oint **N**orth **S**ea **W**ave **P**roject).

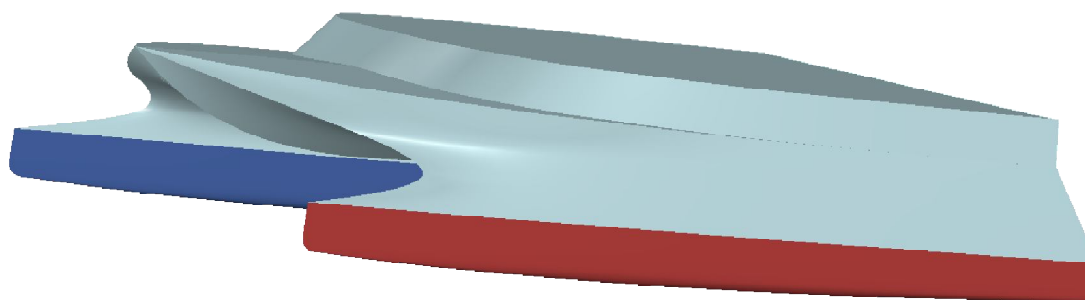
Исходя из данных волновых режимов полученных в [1], задач стоящих перед КБО [2] методов расчета спектральной плотности [3], а также минимума исходных данных на этапе начального проектирования был осуществлен расчет амплитудно частотных характеристик бортовой, килевой качки и рысканья для судов трех разных типов. Высота волны принята 4 м



а)



б)



в)

Рисунок 1 – а) поверхню СМПВ з чотирма стійками; б) поверхню однокорпусного патрульного судна; в) поверхню волнорезного катамарана

Расположение к волнам было выбрано лагом к волне как наиболее опасное для остойчивости судна при плохих погодных условиях. Поверхность для расчета характеристик качки имеет следующие характеристики: СМПВ- $D=970\text{т}$; $T=6\text{м}$; $L=29\text{м}$; $B=21,3\text{м}$. Был выбран вариант с чотирма стійками исходя из улучшенных мореходных качеств; однокорпусное судно- $D=813\text{ т}$, $T=5\text{ м}$ $L=50\text{ т}$, $B=12,7\text{м}$; волнорезный катамаран $D=934,5\text{ т}$, $T=2,6\text{ м}$, $L=92\text{ м}$, $B=28\text{ м}$.

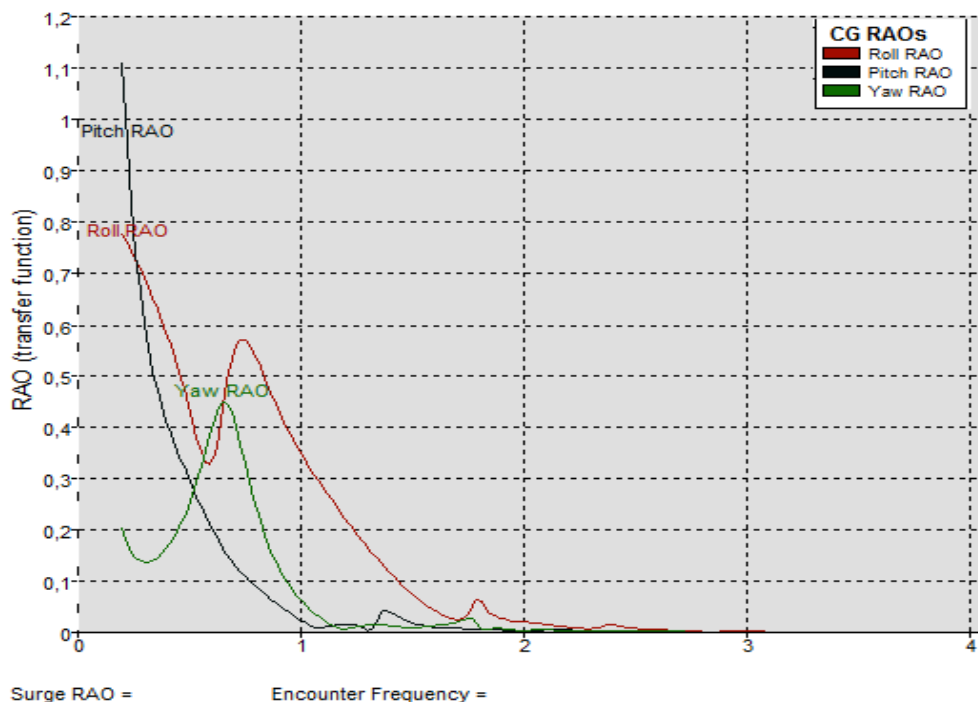


Рисунок 2 – График зависимости передаточной функции в пределах частотного диапазона для рысканья, бортовой и килевой качки (СМПВ)

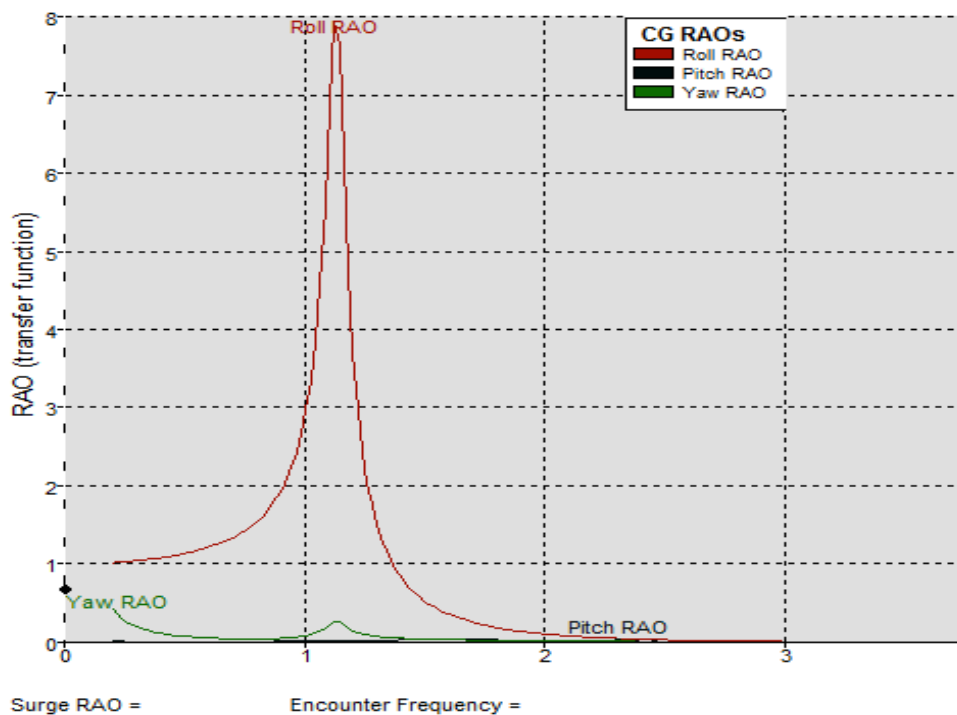


Рисунок 3 – Графік залежності передаточної функції в межах частотного діапазона для рысканья, бортовой и килевой качки (Однокорпусное судно)

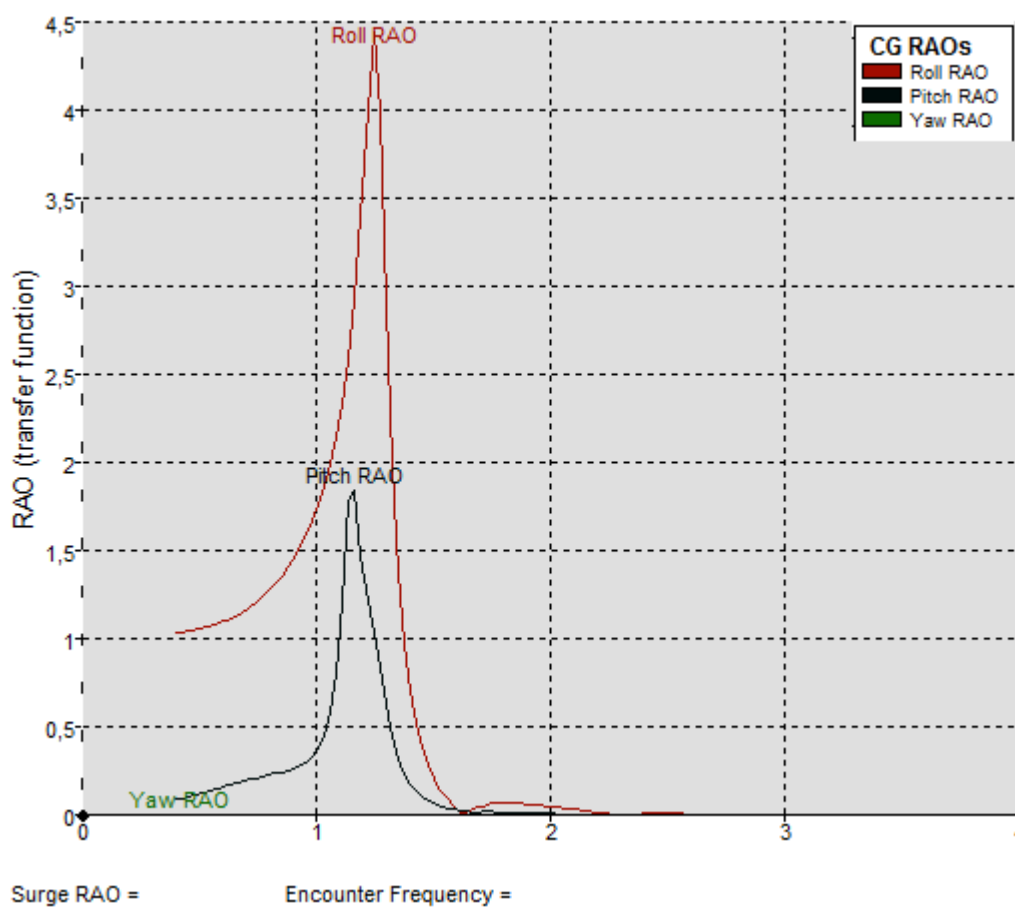


Рисунок 4 – Графік залежності передаточної функції в межах частотного діапазона для рысканья, бортовой и килевой качки (катамаран)

Из полученных графиков хорошо видно что максимум амплитудно-частотной характеристики (бортовая качка) СМПВ существенно меньше тех же точек других видов современных судов. В свою очередь максимумы для рысканья и килевой качки имеют близкие значения. Следовательно посадка и взлет вертолета будут максимально комфортными фактически при любых погодных условиях, а площадь палуб СМПВ позволяет разместить как вертолет так и беспилотные летательные аппараты.

Вывод. В данной статье определено влияние волнения Черноморского бассейна на качку патрульных судов разных архитектурно-конструктивных типов. Проведен анализ полученных результатов для ситуаций взаимодействия КБО и судов-нарушителей. Исследование определяет преимущества мореходных качеств СМПВ по сравнению с другими типами КБО. Полученные результаты могут быть использованы для выбора перспективного типа кораблей береговой охраны Черноморского побережья Украины и качественного улучшения оптимизационной задачи их проектирования, обусловленного необходимостью обращения внимания на учет свойств мореходности таких судов, доминирующих в их функциональном предназначении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наумова В.А. Ветро-волновые условия азово-черноморского побережья Украины [Текст] / В.А. Наумова, М.П. Евстигнеев, В.П. Евстигнеев // Наук. праці УкрНДГМІ, 2010. – Вып. 259. – С. 263-283.
2. Дам С. Т. Выбор основных проектных характеристик кораблей береговой охраны: дис. к-та техн. наук: 629.05.02/ Дам Суан Туан; Украинский государственный морской технический университет шимени адмірала Макарова. – Д., 2003 – С. 7-96.
3. Maxsurf Motions Windows Version 20 User Manual [Справка], © Bentley Systems, Incorporated 2013.

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ БИНАРНОЙ КООРДИНАЦИИ ПРИ ЛОКАЛЬНО-НЕЗАВИСИМОМ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ

Копанский С.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Проблема обеспечения безопасного расхождения судов в случае возникновения угрозы их столкновения является одной из наиболее актуальных проблем безопасности судовождения. При возникновении ситуационного возмущения судам надлежит компенсировать его путем выполнения маневра расхождения. При этом, как правило, маневры расхождения судов должны быть согласованы с помощью системы бинарной координации, структура которой требует подробного исследования, чему посвящен настоящий доклад.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. В работе [1] приведены результаты исследования эффективности парных маневров расхождения с точки зрения их координации в общей стратегии расхождения, а работа [2] содержит принципы предупреждения столкновений судов с помощью гибких стратегий расхождения.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является рассмотрение структуры системы бинарной координации маневров расхождения опасно сближающихся судов для предупреждения их столкновения.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Система бинарной координации $c_0(Bz)$ является средством для описания тенденции поведения пары взаимодействующих судов при возникновении ситуационного возмущения с целью его компенсации.

В качестве маневра расхождения рассматриваем маневр изменения курса судна. Очевидно, система $c_0(Bz)$ состоит из двух частей в зависимости от реализовавшегося значения ситуационного возмущения ω . Вначале рассмотрим ситуацию, когда $\omega=1$.

Прежде всего, система бинарной координации $c_0(Bz)$ должна удовлетворять закону необходимого разнообразия Эшби [3], согласно которому разнообразие имеющихся стратегий расхождения должно соответствовать разнообразию возможных ситуационных возмущений. В противном случае система $c_0(Bz)$ не сумеет компенсировать ситуационные возмущения, создавая предпосылки для столкновений судов.

В нашем случае это значит, что система $c_0(Bz)$ должна располагать потенциальной возможностью компенсации ситуационного возмущения во всех случаях при $\omega=1$. С одной стороны ситуационное возмущение характеризуется множеством недопустимых относительных курсов M_d , при которых существует опасность столкновения, а с другой стороны система бинарной координации $c_0(Bz)$ имеет возможность сформировать множество безопасных относительных курсов M_s . Опасность столкновения будет предупреждена и ситуационное возмущение будет компенсировано, если множество недопустимых относительных курсов M_d будет включено в множество безопасных относительных курсов M_s , т. е. $M_d \subset M_s$. В этом случае существуют безопасные относительные курсы, позволяющие реализовать стратегию расхождения G , и будут выполнены требования закона необходимого разнообразия Эшби. При ситуационном возмущении начальный относительный курс принадлежит множеству M_d ,

которое, как показано на рис. 1, заключено в границах $M_d = (\alpha - \theta, \alpha + \theta)$, где $\theta = \arcsin \frac{D_d}{D}$.

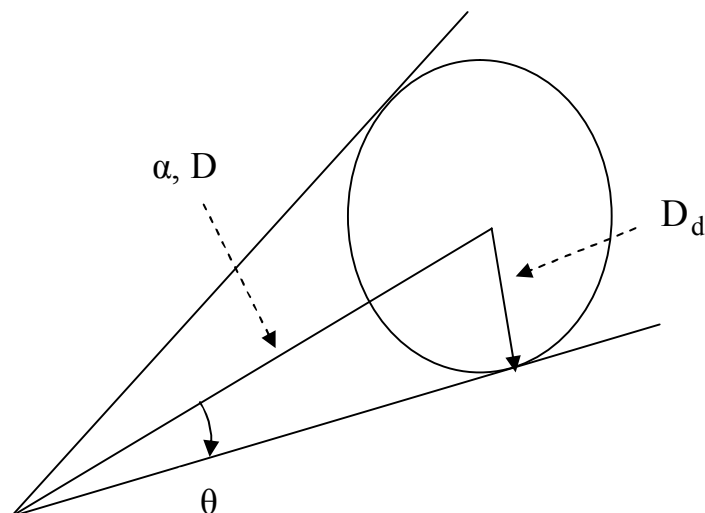


Рисунок 1 – К определению множества M_d

Множество M_d можно представить дугой $d = 2 \arcsin \frac{D_d}{D} = 2\theta$, причем $d < \pi$.

Рассмотрим множество безопасных относительных курсов M_s , соответствующее маневрированию каждого из судов c_1 и c_2 . При маневрировании судна с большей скоростью c_2 изменение его курса на 2π ведет к изменению относительного курса также на 2π . Если же маневрирует судно с меньшей скоростью c_1 , то относительный курс изменяется в пределах от $K_{otmin} = \pi + K_2 - \arcsin \rho$ до $K_{otmax} = \pi + K_2 + \arcsin \rho$, как показано в работе [2]. Следовательно, множество относительных курсов при маневрировании судна c_1 характеризуется дугой $s = 2 \arcsin \rho < \pi$.

Таким образом, при маневрировании судна c_2 множество $M_s = 2\pi$ и $M_d \subset M_s$, чего нельзя утверждать в случае маневрирования судна c_1 . Закон необходимого разнообразия Эшби выполняется, если система бинарной координации $c_0(Bz)$ предусматривает компенсацию ситуационного возмущения следующими способами:

1. Совместным маневром обоих судов c_1 и c_2 .
2. Маневром судна с большей скоростью c_2 .

Судно, которому предписывается системой $c_0(Bz)$ выполнение маневра расхождения, будем называть активным, а судно, сохраняющее неизменными параметры движения, – пассивным.

При первом способе компенсация ситуационного возмущения производится двумя активными судами. В этом случае необходимо согласование маневров расхождения обоих судов, т. е. их координация. Очевидно, что координация обеспечивает увеличение дистанции кратчайшего сближения при выполнении маневров расхождения судов. Это происходит, как показано на рис. 2, для судов, сближающихся на встречных курсах, при изменении их начальных курсов в одну сторону (например, увеличение курсов обоих судов). В случае сближения судов на попутных курсах для координации маневров расхождения необходимо изменение курсов судов в разные стороны, например, судно c_1 увеличивает курс, а судно c_2 – уменьшает курс.

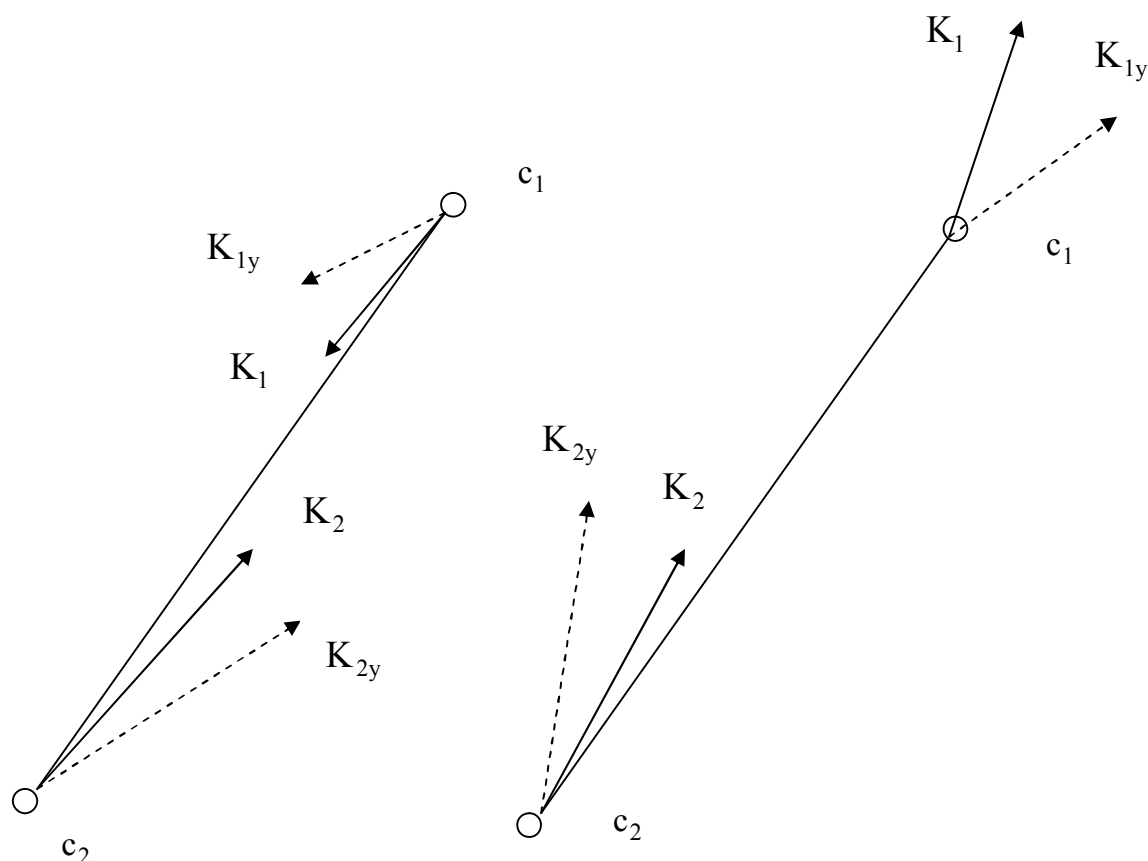


Рисунок 2 – Координация маневров расхождения судов

Обращаем внимание, что изменение дистанции кратчайшего сближения D_{\min} определяется составляющей суммарной скорости судов $V_2 \sin(K_{2y} - \alpha) - V_1 \sin(K_{1y} - \alpha)$, перпендикулярной к линии пеленга. Указанная скорость увеличивается, если составляющие скорости имеют разные знаки, чем и обоснованы выводы по координации маневров расхождения двух активных судов.

Во втором способе компенсация ситуационного возмущения производится одним судном, т. е. маневр расхождения производится одним из судов, в то время как другое судно сохраняет неизменные параметры. В этом случае не возникает необходимость в координации.

Система бинарной координации $c_0(Bz)$ должна учитывать сближение судов с учетом их статуса, причем судно с большим статусом, как правило, превосходит по скорости судно с меньшим статусом.

С учетом вышеизложенного целесообразно предложить следующую структуру системы $c_0(Bz)$ для случая $\omega=1$, которая определяет стандартное расхождение судов. При этом координатор $c_0(Bz)$ формирует координирующие сигналы γ_1 и γ_2 , а также сигналы связи $\mu_1 = \gamma_2$ и $\mu_2 = \gamma_1$.

Основным признаком координации являются статусы судов St_1 и St_2 . Статус судна характеризует его возможность выполнять маневр расхождения в зависимости от рода его деятельности, конструкции и технического состояния. В МППСС-72 предусмотрены следующие статусы судов (правила 9, 10 и 18), расположенных в порядке возрастания:

- малые суда;

- суда с механическим двигателем;
- парусные суда;
- рыболовные суда;
- суда, стесненные осадкой;
- суда, ограниченные в возможности маневрировать;
- суда не могущие управляться.

Если статусы судов не равны, то судно с более высоким статусом является пассивным, а другое судно – активным. В случае одинаковых статусов $St_1 = St_2$ определяющим параметром является скорость судов. В этом случае судно с более высокой скоростью c_2 является активным, а судно c_1 - пассивным. В случае равенства скоростей $V_2 = V_1$ оба судна являются активными и изменяют свои курсы в зависимости от того, на встречных или попутных курсах они сближаются, как рассматривалось раньше.

В случае $\omega=2$ координатор $c_0(Bz)$ предписывает компенсацию ситуационного возмущения экстренным маневрированием [4].

Выводы. Таким образом, для расхождения судов при опасном сближении, как правило, используется локально-независимое управление, которое предполагает согласование маневров расхождения с помощью системы бинарной координации, структура которой рассмотрена в докладе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов / Пятаков Э.Н., Заичко С.И // Судовождение: Сб. научн. трудов. / ОНМА. – Вып.15. – Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С. 166 – 171.
2. Цымбал Н.Н. Гибкие стратегии расхождения судов / Цымбал Н.Н., Бурмака И.А., Тюпиков Е.Е. – Одесса: КП ОГТ, 2007. – 424 с.
3. Эшби У. Росс. Введение в кибернетику. – М.: Мир, 1959. – 256 с.
4. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов / Бурмака И.А., Бурмака А. И., Бужбецкий Р.Ю. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. – 202 с.

ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ У СФЕРІ ОХОРОНИ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЩОДО ВОДНИХ РЕСУРСІВ ТА ЇХ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Осінова О.В.

Херсонське морехідне училище рибної промисловості
(Україна)

Вступ. Вода є унікальним елементом земної поверхні. Незважаючи на таку кількість води, більша її частина міститься в океанах і морях, і тільки 0,6 % загальної кількості живильної вологи придатні для споживання. Вже сьогодні існує загроза виникнення та загострення проблем із питною водою на кшталт проблем з використанням енергоносіїв, таких як нафта, газ та вугілля [5].

За рівнем водозабезпечення Україна посідає одне з останніх місць у Європі. Водні ресурси України використовуються, а отже, і забруднюються, у декілька разів інтенсивніше, ніж в інших країнах. Вони забезпечують існування людей, тваринного і рослинного світу і є обмеженими та вразливими природними об'єктами [4].

Система державного управління в галузі охорони вод потребує невідкладного реформування у напрямі переходу до інтегрованого управління водними ресурсами. Функції управління в галузі охорони, використання та відтворення вод розподілені між різними центральними органами виконавчої влади, що призводить до їхнього дублювання, неоднозначного тлумачення положень природоохоронного законодавства та неефективного використання бюджетних коштів. Усе це свідчить про особливу **актуальність** питання ефективного правового регулювання водокористування в умовах сьогодення.[1, 6, 7]

Серед законодавчих нормативно-правових актів, що складають національне водне законодавство, необхідно відзначити Конституцію України, Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», Водний кодекс України, Земельний кодекс України, Закон України «Про питну воду та питне водопостачання», Закон України «Про Загальнодержавну програму розвитку водного господарства», Закон України «Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006-2020 роки», Закон України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», Закон України «Про меліорацію земель», ряд законодавчих актів містобудівного, підприємницького, адміністративного та цивільного законодавства.

Результати дослідження. Основним нормативним актом у галузі водних правовідносин є Конституція України із центральною нормою, що водні ресурси, які знаходяться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є об'єктами права власності українського народу.

Наступний щабель в ієрархії нормативних актів займають міжнародні нормативно-правові акти, які регулюють міжнародні водні правовідносини України як незалежної держави. До них слід віднести такі конвенції: «Щодо втручання у відкритому морі у випадках аварії, які призводять до забруднення нафтою» від 29.11.1969 р.; «Про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином, як середовище існування водоплавних птахів» від 02.02.1971 р.; «Про запобігання забрудненню моря скидами відходів та іншими матеріалами» від 29.12.1972 р.; «Організації Об'єднаних Націй з морського права» від 10.12.1982 р.; «Про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті» від 25.02.1991 р.; «Про охорону та використання транскордонних водотоків та міжнародних озер» від 17.03.1992 р.; «Про захист Чорного моря від забруднення» від 21.04.1992 р.; «Щодо співробітництва по охороні та сталому використанню ріки Дунай (Конвенція про охорону ріки Дунай)» від 29.06.1994 р.; «Про право несудоходних видів використання міжнародних водотоків» від 21.05.1997 р.; «Про охорону підводної культурної спадщини» від 06.11.2001 р.

Документом, який регулює водні відносини в Україні, включаючи й моніторинг вод, є Водний кодекс України, прийнятий Верховною Радою України у червні 1995 року. Відповідно до його положень, державне управління в галузі використання і охорони вод та відтворення водних ресурсів здійснюють Кабінет Міністрів України.

Аналіз чинної законодавчої бази України щодо охорони та відтворення водних ресурсів, забезпечення населення якісною питною водою надав змогу висунути наступні пропозиції щодо її удосконалення:

- прийняти закон про національні напрями державної політики щодо регулювання водних відносин;
- переглянути законодавство з питань водокористування та забезпечення населення якісною питною водою з метою його вдосконалення;
- привести національне водне законодавство у відповідність до європейських вимог.

Україна зробила свій європейський вибір [2]. Взаємини України з ЄС засновані головним чином на Угоді про партнерство і співробітництво 1994 р. Базовий підхід ЄС до України був викладений у Загальній Стратегії 1999 р., одна з основних цілей якої – вирішувати загальні проблеми Європейського континенту: стабільність у Європі, захист навколишнього середовища, енергетична і ядерна безпека. Обидві сторони тісно співпрацюють у низці пріоритетних напрямків, у тому числі наближення українського законодавства до законодавства ЄС. Україна бере активну участь у міжнародному співробітництві у галузі охорони навколишнього природного середовища і водних об'єктів на державному і громадському рівнях відповідно до законодавства України та міжнародного права.

Слід також зазначити, що ст. 112 ВК України визначено: якщо міжнародним договором, в якому бере участь Україна, встановлено інші норми, ніж ті, що передбачено водним законодавством України, то застосовуються норми міжнародного договору.

Україна здійснює заходи щодо розвитку та зміцнення міжнародного співробітництва у галузі охорони вод з іншими державами, а також у рамках природоохоронної діяльності ООН та організацій, що входять до її системи [2].

Європейська інтеграція, євроатлантична інтеграція, а також реалізація активної багатосторонньої зовнішньої політики в рамках універсальних та регіональних міжнародних організацій є одними із зовнішньополітичних пріоритетів України.

Україна проводить активну багатосторонню політику в рамках універсальних та регіональних міжнародних організацій. Україна також має на меті регіональне лідерство та просування у регіоні європейських цінностей.

Міжнародне співробітництво в галузі охорони довкілля здійснюється на міждержавному рівні на основі міжнародних договорів України, укладених у письмовій формі з іноземною державою або з іншим суб'єктом міжнародного права, що регулюються міжнародним правом, незалежно від того, міститься договір в одному чи декількох пов'язаних між собою документах і незалежно від його конкретного найменування (договір, угода, конвенція, пакт, протокол тощо) [4, 5].

Метою адаптації законодавства України до законодавства ЄС є досягнення відповідності правової системи України *acquis communautaire* («спільне надбання», «спільний доробок») з урахуванням критеріїв, що висуваються ЄС до держав, які мають намір вступити до нього. Адаптація законодавства України до законодавства ЄС є пріоритетною складовою процесу інтеграції України до ЄС, що, в свою чергу, є пріоритетним напрямом української зовнішньої політики.

Створення зони вільної торгівлі з ЄС вимагатиме адаптації законодавства України до *acquis communautaire*. Тому нова угода про асоціацію з ЄС передбачатиме додатки з переліками актів ЄС, що їх Україна впроваджуватиме у свою правову систему. В практичній площині адаптація означає більш високі стандарти екологічної безпеки, створення механізмів стимулювання розвитку альтернативних джерел енергії та

енергоефективності, необхідність створення більш прозорого та зрозумілого екологічного законодавства.

Проекти законів України та інших нормативно-правових актів які за предметом правового регулювання належать до сфер, правовідносини в яких регулюються правом ЄС, в обов'язковому порядку проходять експертизу на відповідність *acquis communautaire*.

В Україні затверджено Порядок перекладу актів *acquis communautaire* на українську мову. Переклад акта *acquis communautaire*, що отримав статус офіційного, передається до інформаційно-аналітичного відділу Департаменту, який розміщує електронний примірник цього перекладу в Електронній системі документації з питань адаптації законодавства України до законодавства ЄС. На цьому сайті міститься Законодавство ЄС, перекладене українською мовою, у тому числі і щодо охорони довкілля. Сторінка сайту поділяється на такі підрозділи: Законодавство України, перекладене англійською мовою; Експертні висновки щодо відповідності *acquis communautaire*, наприклад, проекту ЗУ «Про реформування та вдосконалення дозвільної системи у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального і невиснажливого використання природних ресурсів та екологічної безпеки, зменшення регуляторного тиску на суб'єктів господарювання»; Аналіз наслідків впровадження актів *acquis communautaire* у законодавство України: «Якість води» №45 від 18.06.2010 р.

Процес адаптації законодавства сприяє більш ефективному державному регулюванню та екологічній політиці, прозорості влади, кращому захисту екологічних прав громадян, розвитку демократії та належного врядування. *Acquis communautaire* дає різні моделі еколого-правового регулювання, серед яких Україна може обрати найоптимальніші для проведення реформ у галузі охорони довкілля.

Висновки. Міжнародна правова охорона навколишнього природного середовища ґрунтується на певних принципах, вироблених спільними зусиллями держав, міжнародних організацій і конференцій. Вони сформульовані в окремих рішеннях міжнародних організацій, документах конференцій, а також обов'язково викладені в національному законодавстві. В узагальненому вигляді до цих принципів належать: пріоритетність екологічних прав людини; суверенні права держави на природні ресурси в межах її території; вільний обмін міжнародною екологічною інформацією; взаємодопомога держав при надзвичайних обставинах (екологічних катастрофах тощо); неприпустимість екологічного благополуччя однієї держав.

ЛІТЕРАТУРА

1. Водний кодекс України. // Бюлетень законодавства і юридичної практики України. – 2006. – № 5. – С. 108-175.
2. Зовнішньополітичні пріоритети України [Електронний ресурс] // Офіційний веб-сайт МЗС України. - Режим доступу: <http://mfa.gov.ua>
3. «Про Загальнодержавну цільову програму «Питна вода України» на 2011-2020 роки»: Закон України від 20 жовтня 2011 року // Голос України від 12. 11.2011 – № 213.
4. «Про Загальнодержавну програму розвитку водного господарства»: Закон України від 17 січня 2002 року // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 25. – ст. 172.
5. «Про міжнародні договори України»: Закон України від 29.06.2004 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2004. – № 50 (10.12.2004). – ст. 540.
6. «Про питну воду та питне водопостачання»: Закон України від 10 січня 2002 року // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 16. – ст. 112.
7. «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів»: Закон України від 8 липня 2011 року // Відомості Верховної Ради України. – 2012. – № 17. – ст.155.

СИСТЕМА КООРДИНАЦИИ ТРЕХ СУДОВ

Пятаков Э.Н.

Институт последипломного образования «Одесский морской тренажерный центр»,
Херсонский филиал
(Украина, г. Херсон)

Вступление. Число столкновений судов в настоящее время остается на недопустимо высоком уровне. Снижение аварийности по указанной причине требует разработки корректных практических рекомендаций судоводителям, позволяющих произвести выбор безопасного маневра расхождения. В интенсивных районах плавания нередко возникают ситуации одновременного опасного сближения более двух судов, когда выполнение маневра расхождения согласно требованиям МППСС-72 зачастую становится невозможным. Поэтому актуальным является вопрос разработки систем координации трех и более судов.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Принципам создания систем бинарной координации посвящены работы [1–4]. Вопросу определения угрозы ситуационного возмущения при опасном сближении судов посвящена работа [4, 1], а возможный вариант системы, содержащей два иерархических уровня, рассмотрен в работах [1, 3, 4], причем описание первого уровня приведено в публикации [3], а формализация второго уровня рассмотрена в статье [4].

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью данного доклада является разработка структуры системы бинарной координации трех судов.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Бинарная координация трех судов востребована, если возникает группа из трех судов c_1 , c_2 и c_3 , в которой два и больше ситуационных возмущения

отличны от нуля. Допустим, $V_1 \geq V_2 \geq V_3$, причем $\rho_{13} = \frac{V_1}{V_3} \geq \rho_{12} = \frac{V_1}{V_2} \geq \rho_{23} = \frac{V_2}{V_3}$.

Рассмотрим возможные маневры, удовлетворяющие требованию закона необходимого разнообразия Эшби. Для этого вначале рассмотрим множество безопасных относительных курсов M_{si} для каждого из судов. Судну c_1 характерны соотношения $\rho_{12} \geq 1$ и $\rho_{13} \geq 1$, поэтому по отношению к обоим судам при $V_1 > V_2 > V_3$ множество $M_{s1} = s_1 = 2\pi$. Если хотя бы одна из скоростей судов c_2 и c_3 равна скорости V_1 , то $M_{s1} = s_1 = \pi$.

Для судна c_2 справедливо $\rho_{21} \leq 1$ и $\rho_{23} \geq 1$, из чего следует, что по отношению к обоим судам $M_{s2} = s_2 \leq \pi$. Судну c_3 характерно $\rho_{31} \leq 1$ и $\rho_{23} \leq 1$, поэтому $M_{s3} = s_3 \leq \pi$.

Множество недопустимых относительных курсов M_d определяется аналогично для каждого из судов и представляет собой объединение подмножеств недопустимых относительных курсов относительно остальных двух судов. Так, например, для судна c_1

множество $M_{d1} = M_{d1}^{(2)} \cup M_{d1}^{(3)}$. Здесь $M_{d1}^{(2)} = 2 \arcsin \frac{D_d}{D_{12}}$ – подмножество недопустимых

относительных курсов, возникающих из-за опасного сближения судна c_1 с судном c_2 ,

причем D_{12} – расстояние между судами c_1 и c_2 ; $M_{d1}^{(3)} = 2 \arcsin \frac{D_d}{D_{13}}$ – подмножество

недопустимых относительных курсов при опасном сближении судов c_1 и c_3 .

Наиболее неблагоприятным вариантом объединения подмножеств $M_{d1}^{(2)}$ и $M_{d1}^{(3)}$ является вариант, при реализации которого в случае $D_{12} = D_{13} = D_d$ величина $M_{d1} = d_1 = 2\pi$. Аналогично наиболее неблагоприятные значения d_2 и d_3 также равны 2π .

Так как при ситуационном возмущении $\omega_{ij}=1$ значение $D_{ij} < D_d$, то $d_i < 2\pi$. В этом случае закон необходимого разнообразия Эшби, согласно которому $d_i \subset s_i$, будет справедлив при маневрировании судна s_1 , либо при одновременном маневрировании судов s_2 и s_3 .

Рассмотрим возможные сочетания ситуационных возмущений ω_{ij} при опасном сближении трех судов. При этом учитываем, что не менее двух ситуационных возмущений ω_{ij} должны отличаться от нуля. Другими словами, каждое из ситуационных возмущений ω_{12} , ω_{13} и ω_{23} может принимать значения 0, 1 и 2, однако в сочетании трех ситуационных возмущений только одно из них может принимать значение равное 0.

В нижеследующей табл. 1 приведены возможные сочетания ситуационных возмущений ω_{12} , ω_{13} и ω_{23} , возникающих в ситуации опасного сближения. Как показано в табл., всего возможно 20 сочетаний ситуационных возмущений, причем в 12 сочетаниях одно из ситуационных возмущений ω_{ij} принимает значение равное 0.

Таблица 1 – Возможные сочетания ситуационных возмущений

| <i>№ сочетан.</i> | ω_{12} | ω_{13} | ω_{23} | <i>Области</i> |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| 1 | 1 | 1 | 0 | A |
| 2 | 1 | 0 | 1 | B |
| 3 | 0 | 1 | 1 | B |
| 4 | 1 | 1 | 1 | B |
| 5 | 1 | 2 | 0 | C |
| 6 | 2 | 1 | 0 | D |
| 7 | 1 | 0 | 2 | E |
| 8 | 2 | 0 | 1 | D |
| 9 | 0 | 1 | 2 | E |
| 10 | 0 | 2 | 1 | C |
| 11 | 1 | 1 | 2 | E |
| 12 | 1 | 2 | 1 | C |
| 13 | 2 | 1 | 1 | D |
| 14 | 2 | 2 | 0 | F |
| 15 | 2 | 0 | 2 | F |
| 16 | 0 | 2 | 2 | F |
| 17 | 2 | 2 | 1 | F |
| 18 | 2 | 1 | 2 | F |
| 19 | 1 | 2 | 2 | F |
| 20 | 2 | 2 | 2 | F |

Анализ таблицы показывает, что в ситуациях 1...4, когда в сочетаниях ситуационных возмущений их значения не превосходят 1, безопасное расхождение возможно стандартным маневром одного или двух судов. Поэтому для сочетания 1 необходимое разнообразие маневров достигается маневром судна s_1 с наибольшей скоростью, в то время, как суда с меньшими скоростями s_2 и s_3 остаются пассивными. Таковую ситуацию характеризует первая область взаимных обязанностей А.

При сочетаниях 2...4 для соблюдения требования закона необходимого разнообразия Эшби необходимо маневрирование двух судов c_1 и c_2 , а судно с минимальной скоростью c_3 является пассивным. Данные ситуации характеризуют вторую область взаимных обязанностей В.

Остальные сочетания 5...20 содержат ситуационные возмущения со значением 2, предполагающих экстренное маневрирование при расхождении. Сочетания ситуационных возмущений с 5-го по 13-е содержат одно ситуационное возмущение, значение которого равно 2. В этих ситуациях суда, для которых $\omega_{ij} = 2$, являются активными и выполняют маневр экстренного расхождения с учетом мешающего судна, а третье судно является пассивным. При сочетаниях 5, 10 и 12 ситуационное возмущение $\omega_{13} = 2$, поэтому активными являются суда c_1 и c_3 , выполняющие маневр экстренного расхождения, судно c_2 сохраняет неизменными свои параметры движения. Данные сочетания характеризуют область взаимных обязанностей С. Ситуационное возмущение $\omega_{12} = 2$ в сочетаниях 6, 8 и 13, которые образуют область взаимных обязанностей D. В этой области активные суда c_1 и c_2 выполняют экстренное расхождение, а судно c_3 является пассивным.

Если $\omega_{23} = 2$, то реализуется область взаимных обязанностей E (сочетания 7, 9 и 11), при возникновении которой суда c_2 и c_3 являются активными в экстренном маневре расхождения, а судно c_1 , будучи пассивным, сохраняет свои параметры движения.

В сочетаниях с 14 по 20 не менее двух ситуационных возмущений характеризуются значениями, равными 2. Область взаимных обязанностей F связана с указанными сочетаниями. В этой области все три судна выполняют маневры экстренного расхождения, т. е. являются активными.

В табл. 2 приведены взаимные обязанности судов в зависимости от реализовавшейся области.

Таблица 2 – Взаимные обязанности судов при расхождении

| Области | c_1 | c_2 | c_3 |
|---------|----------------|----------------|----------------|
| A | активное стд. | пассивное | пассивное |
| B | активное стд. | активное стд. | пассивное |
| C | активное экст. | пассивное | активное экст. |
| D | активное экст. | активное экст. | пассивное |
| E | пассивное | активное экст. | активное экст. |
| F | активное экст. | активное экст. | активное экст. |

Выводы. Таким образом, система координации трех судов содержит семь областей взаимных обязанностей судов, в которых обеспечивается выполнение условия закона необходимого разнообразия Эшби.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пятаков Э.Н. Оценка эффективности парных стратегий расходящихся судов/ Пятаков Э.Н., Заичко С.И. // Судовождение. – 2008. – № 15. – С. 166-171.
2. Пятаков Э.Н. Совершенствование методов координации судов при расхождении. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.22.13/ ОНМА. – Одесса, 2008. – 23 с.
3. Заичко С.И. Возможности синтеза системы формирования стратегий расхождения группы судов/ Заичко С.И., Пятаков Э.Н. // Судовождение. – 2006. – № 12. – С. 63-66.
4. Пятаков Э.Н. Требование к процедуре формирования второго уровня иерархической системы управления взаимодействием судов / Пятаков Э.Н. // Судовождение. – 2007. – № 13. – С. 145-148.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОКОВОГО ОТКЛОНЕНИЯ СУДНА

Северин В.В, Казак Ю.В.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Одной из наиболее актуальных является проблема обеспечения безопасности судоходства в стесненных районах плавания. Ее решение предусматривает снижение числа аварий, возникающих по причине посадок судов на мель и навалов на причал, чего можно достичь использованием математической модели формирования вероятности безаварийного плавания судна. Такая модель позволяет выявить существенные факторы и предупредить их отрицательное влияние на процесс судоходства. При этом векториальную позиционную погрешность необходимо преобразовать в погрешность бокового отклонения и найти ее закон распределения.

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

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Целью доклада является определение закона распределения бокового отклонения судна от программной траектории движения при заданном законе двумерной плотности векториальной позиционной погрешности.

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. В работе [3] показано, что для оценки вероятности безаварийного плавания судна по выбранному маршруту целесообразно применение математической модели с одномерной плотностью распределения бокового отклонения судна от программной траектории движения, когда известна двумерная плотность распределения векториальной позиционной погрешности. Следовательно, следует найти выражение одномерной плотности $f_b(z)$ бокового отклонения z при заданной двумерной плотности распределения вероятностей позиционной траекторной погрешности $f(x, y)$.

В общем случае двумерная плотность распределения Гаусса имеет вид:

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\left(\frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} + 2\frac{xy}{\sigma_{xy}}\right)\right],$$

где σ_x и σ_y – средние квадратические отклонения векториальной погрешности соответственно по осям x и y , причем:

$$\sigma_x = \sqrt{D_x}, \quad \sigma_y = \sqrt{D_y} \quad \text{и} \quad \sigma_{xy} = \sqrt{D_{xy}}.$$

С другой стороны ковариационная матрица $K(x, y)_{\min}$ выражается через центральные и смешанные моменты второго порядка следующим образом:

$$K(x, y)_{\min} = \begin{vmatrix} D_x & D_{xy} \\ D_{yx} & D_y \end{vmatrix},$$

Для исключения недиагонального элемента D_{xy} ковариационной матрицы $K(x, y)_{\min}$ при известных элементах D_x , D_y и D_{xy} , необходимо рассчитать угол поворота γ , который определяется условием [4]:

$$\operatorname{tg} 2\gamma = \frac{2D_{xy}}{D_x - D_y}.$$

При повороте на этот угол изменяются значения дисперсий D_x и D_y , характеризующие диагональную ковариационную матрицу, которую обозначим $K(x, y)_{\min 1}$, а новые значения дисперсий обозначены D_{x1} и D_{y1} , т.е.:

$$K(x, y)_{\min 1} = \begin{vmatrix} D_{x1} & 0 \\ 0 & D_{y1} \end{vmatrix}.$$

Матрицу $K(x, y)_{\min 1}$ и, следовательно, ее элементы D_{x1} и D_{y1} находятся с помощью соотношения [4]:

$$K(x, y)_{\min 1} = G K(x, y)_{\min} G^T,$$

где G – матрица преобразования, элементы которой, как показано в [4], определяются следующими формулами:

$$g_{11} = g_{22} \left\{ \frac{1}{2} \left[1 + \frac{(D_x - D_y)}{\sqrt{4D_{xy}^2 + (D_x - D_y)^2}} \right] \right\}^{1/2},$$

$$g_{21} = -g_{12} = \left\{ \frac{1}{2} \left[1 - \frac{(D_x - D_y)}{\sqrt{4D_{xy}^2 + (D_x - D_y)^2}} \right] \right\}^{1/2}.$$

Следовательно, ковариационная матрица некоррелированных случайных величин $K(x, y)_{\min 1}$ определяется следующим образом:

$$K(x, y)_{\min 1} = \begin{vmatrix} D_{x1} & 0 \\ 0 & D_{y1} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} g_{11} & g_{12} \\ g_{21} & g_{22} \end{vmatrix} \begin{vmatrix} D_x & D_{xy} \\ D_{yx} & D_y \end{vmatrix} \begin{vmatrix} g_{11} & g_{21} \\ g_{12} & g_{22} \end{vmatrix}.$$

Новые значения дисперсий рассчитываются по формулам:

$$D_{x1} = \frac{1}{2} [D_x + D_y + \sqrt{4D_{xy}^2 + (D_x - D_y)^2}];$$

$$D_{y1} = \frac{1}{2} [D_x + D_y - \sqrt{4D_{xy}^2 + (D_x - D_y)^2}].$$

После указанных преобразований выражение двумерной плотности $f(x, y)$ принимает следующий вид:

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_{x1}\sigma_{y1}} \exp\left[-\left(\frac{x^2}{\sigma_{x1}^2} + \frac{y^2}{\sigma_{y1}^2}\right)\right],$$

Таким образом, двумерная плотность $f(x, y)$ при нормальном законе распределения может быть представлена системой независимых составляющих x и y , второй смешанных момент которых равен нулю, а ковариационная матрица содержит дисперсии σ_{x1}^2 и σ_{y1}^2 .

На рис. 1 показана зависимость бокового отклонения z от составляющих x и y векториальной позиционной погрешности, а также курса судна K .

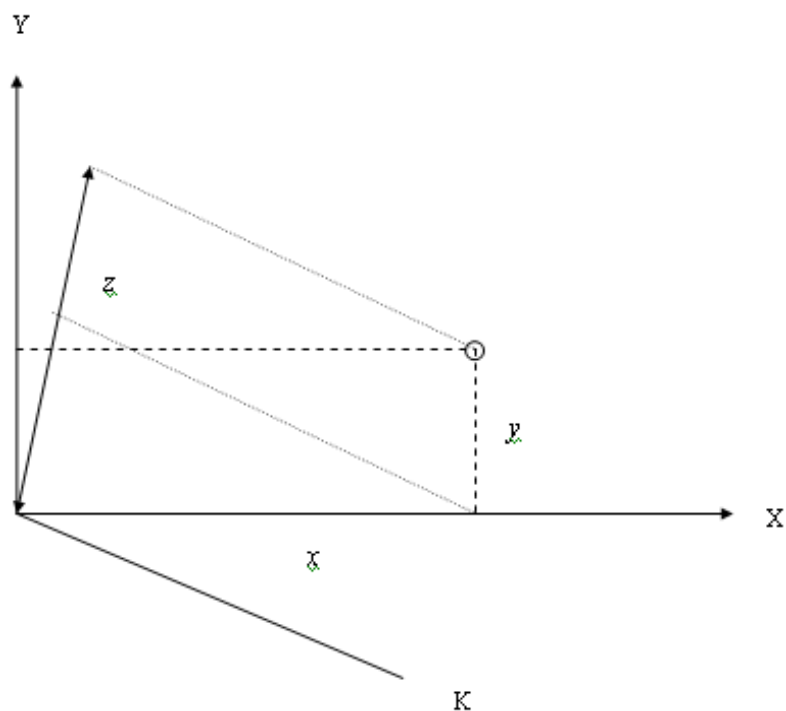


Рисунок 1 – Зависимость бокового отклонения z от составляющих x и y

Из рис. 1 следует:

$$z = x \sin\left(K - \frac{\pi}{2}\right) + y \cos\left(K - \frac{\pi}{2}\right),$$

или

$$z = y \sin K - x \cos K .$$

В этом случае боковое отклонение z также будет подчиняться нормальному закону с параметрами [5]:

$$m_z = m_y \sin K - m_x \cos K ,$$

$$\sigma_z^2 = \sigma_{x1}^2 \cos^2 K + \sigma_{y1}^2 \sin^2 K ,$$

где m_z и σ_z^2 – соответственно математическое ожидание и дисперсия бокового отклонения; m_x и m_y – математические ожидания составляющих x и y векториальной погрешности.

Поэтому:

$$f_b(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \exp\left[-\frac{(z - m_z)^2}{2\sigma_z^2}\right],$$

или

$$f_b(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_{x1}^2 \cos^2 K + \sigma_{y1}^2 \sin^2 K)}} \exp\left\{-\frac{[z - (m_y \sin K - m_x \cos K)]^2}{2(\sigma_{x1}^2 \cos^2 K + \sigma_{y1}^2 \sin^2 K)}\right\} .$$

Выводы. Таким образом, получена процедура преобразования двумерной плотности нормального распределения позиционной погрешности в одномерную плотность погрешности бокового отклонения от программной траектории движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. – М. : Транспорт, 1989. – 230с.
2. Мельник Е.Ф. Обоснование выбора критерия навигационной безопасности судовождения // Судовождение. – 2002. – № 5. – С. 65-73.
3. Ворохобин И.И. Эквивалентность оценки вероятности безаварийного плавания судна в стесненном районе / Ворохобин И.И., Северин В.В, Казак Ю.В. // Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА, Вып. 25. – Одесса : «ИздатИнформ», 2015 – С. 47-55.
4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике. – М.: Наука, 1984. – 832 с.
5. Вентцель Е.С. Теория вероятностей / Вентцель Е.С. – М.: Наука, 1969. – 576 с.

ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ ЭКСЦЕССА ОБОБЩЕННОГО ПУАССОНОВСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Сикирин В.Е.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Для получения эффективных оценок обсервованных координат судна требуется знание закона распределения погрешностей навигационных измерений, который может значительно отличаться от нормального закона более пологой кривой плотности распределения. Причем погрешности измерений навигационных параметров могут быть взаимозависимыми.

Поэтому выбор закона распределения с «утяжеленными хвостами», применение которого корректно при зависимых погрешностях, является актуальной задачей.

Актуальность исследования и анализ последних публикаций. Вопросам законов распределений погрешностей навигационных измерений, отличающихся от закона Гаусса «утяжеленными хвостами», посвящены работы [1–4]. В работе [1] анализируется возможность использования распределения Вейбулла в моделях смешанных распределений, а в работе [2] рассматривается математическая модель смешанного распределения и порождающий ее механизм. Плотностям смешанного распределения погрешностей навигационных измерений в явном виде посвящены публикации [3, 4]. Однако законы смешанных распределений могут использоваться только в случае независимых случайных величин, что обуславливает поиск законов распределения для случая, когда случайные величины взаимозависимы.

Формулировка целей статьи (постановка задачи). Цель доклада заключается в поиске законов распределения с «утяжеленными хвостами» в классе обобщенных пуассоновских распределений, которые могут быть использованы в случае взаимозависимых навигационных погрешностей

Изложение основного материала исследования с обоснованием полученных научных результатов. Рассмотрим ситуацию, когда погрешность навигационных измерений ξ равна случайной сумме элементарных погрешностей ζ_i , т.е. $\xi = \sum_{i=1}^N \zeta_i$, где N – случайная дискретная величина. Причем плотность распределения ξ будет N – кратной сверткой плотности $g(\zeta)$, которую обозначают $g^{N*}(\zeta)$.

Если вероятность появления каждого из факторов принять одинаковой и равной $\frac{c}{n}$, то вероятность одновременного влияния k факторов на точность измерения подчиняется распределению Пуассона, имеющего следующее аналитическое выражение:

$$P\{N = k\} = e^{-c} \frac{c^k}{k!}.$$

Так как число факторов может изменяться от 1 до $\infty (k = 1, \dots, \infty)$, то случайная погрешность измерения ξ принимает значения $\sum_{i=1}^k \zeta_i$ с вероятностью $\exp(-c) \frac{c^k}{k!}$, при этом ее плотность распределения $g^{k*}(\zeta)$ и, следовательно, для всего диапазона k плотность $f(\xi)$ определяется обобщенным пуассоновским распределением:

$$f(\xi) = \exp(-c) \sum_{k=0}^{\infty} \frac{c^k}{k!} g^{k*}(\xi). \quad (1)$$

Характеристическая функция плотности $f(\xi)$ обобщенного пуассоновского распределения, которую обозначим $\psi(t)$, полностью определяется характеристической функцией плотности $g(\zeta)$ (ее обозначим $\varphi(t)$) формулой [5]:

$$\psi(t) = \exp\{-c[1 - \varphi(t)]\}. \quad (2)$$

Раньше указывалось, что плотность $f(\xi)$ обладает «утяжеленным» хвостом при $\frac{\psi^{IV}(0)}{3[\psi^{II}(0)]^2} > 1$.

Поэтому найдем вторую и четвертую производные характеристической функции $\psi(t)$ из выражения (2) для значения $t = 0$, учитывая, что при $t = 0$ производные нечетного порядка характеристической функции $\varphi(t)$ обращаются в ноль, как и нечетные центральные моменты. Следовательно:

$$\begin{aligned} \psi^{IV}(0) &= c \frac{\partial^4}{\partial t^4} \varphi(0) + 3c^2 \left[\frac{\partial^2}{\partial t^2} \varphi(0) \right]^2, \\ \psi^{II}(0) &= c \frac{\partial^2}{\partial t^2} \varphi(0), \end{aligned} \quad (3)$$

Условие наличия «тяжелых хвостов» для обобщенного пуассоновского распределения принимает вид:

$$\frac{\psi^{IV}(0)}{3[\psi^{II}(0)]^2} = 1 + \frac{c \frac{\partial^4}{\partial t^4} \varphi(0)}{3c^2 \left[\frac{\partial^2}{\partial t^2} \varphi(0) \right]^2} > 1. \quad (4)$$

Обращаем внимание, что с ростом значения c выражение (4) уменьшается и при $c \rightarrow \infty$ справедливо $\frac{\psi^{IV}(0)}{3[\psi^{II}(0)]^2} \rightarrow 1$. Следовательно, при любой симметричной плотности $g(\zeta)$ обобщенное пуассоновское распределение $f(\xi)$ будет иметь эксцесс Ex :

$$Ex = \frac{\psi^{IV}(0)}{3[\psi^{II}(0)]^2} - 1 = \frac{c \frac{\partial^4}{\partial t^4} \varphi(0)}{3c^2 \left[\frac{\partial^2}{\partial t^2} \varphi(0) \right]^2} > 0,$$

что свидетельствует о наличии «утяжеленного хвоста».

Выводы. Таким образом, получено выражение для эксцесса обобщенного пуассоновского распределения, которое указывает на то, что «хвосты» плотности являются утяжеленными, и сам закон может быть использован для описания взаимозависимых погрешностей навигационных измерений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation // The Journal of Navigation. – Vol. 32. – № 3. – P. 426-429.
2. Кондрашихин В.Т. Определение места судна. – М.: Транспорт, 1989. – 250 с.
3. Ткаченко А.С. К вопросу формирования модели смешанного распределения погрешностей навигационных измерений // Судовождение. – 2005. – № 10 – С. 118-122.
4. Алексишин В.Г. Ткаченко А.С. Требования к плотности распределения среднего квадратического отклонения в модели смешанного распределения // Судовождение. – 2006. – № 11. – С. 9 – 13.
5. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т.2. – М.: Мир, 1984. – 752 с.

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

СИМПТОМЫ И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В СИСТЕМАХ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК

Горяинов А.Н.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко
(Украина)

Введение. Системы грузовых перевозок являются важной составляющей логистических систем. Контроль и диагностика работы систем грузовых перевозок призваны повышать их эффективность.

Актуальность исследования. Развитие инструментария транспортной диагностики необходимо для распространения методов диагностики в системах транспорта в технологическом аспекте. Ввиду своего недавнего формирования, транспортная диагностика требует проведения новых научных исследований [1]. Существующие подходы к оценке работы транспорта не позволяют всесторонне отразить особенности конкретных систем перевозок. Применение транспортной диагностики позволяет расширить возможности в этом вопросе.

Постановка задачи. Целью является выделить особенности определения симптомов и диагностических показателей в системах грузовых перевозок.

Результаты исследований. Будем отталкиваться от того, что симптомы разбиты на пять групп – рис.1. Разделение на группы проведено на основании групп технико-эксплуатационных показателей, которые используются на автомобильном транспорте.



Рисунок 1 – Группы симптомов в системах грузовых перевозок (ТС – транспортные средства)

Использование того или иного симптома предлагается сгруппировать в зависимости от элементов, которые входят в систему грузовых перевозок. Проиллюстрируем это в виде схемы – рис. 2. Поясним представленные данные. Например, симптом «изменение времени погрузки» (входит в группу симптомов «изменение времени работы транспортных средств»). Данный симптом предлагается определять по одной методике с учетом особенностей таких элементов систем: «транспортные технологии», «предметы производства (грузы)», «объекты обслуживаемых участников». Рассматриваемый симптом не применяется для характеристики элемента «объекты транспорта». Характеристика элементов детально рассмотрена в [1]. Другой пример. Симптом «эксплуатационная скорость» (входит в группу симптомов «изменение скорости движения транспортных средств»). Данный симптом предлагается определять: по одной методике с учетом особенностей таких элементов систем - «объекты транспорта», «транспортные технологии», по другой методике с учетом особенностей таких элементов систем - «предметы производства (грузы)», «объекты обслуживаемых участников».

В предлагаемом базовом варианте симптомы могут не определяться для отдельных элементов системы. Это связано с двумя причинами. Первая причина связана с отсутствием прямой связи между элементом системы и симптомом. Например, симптом «техническая скорость» не связан с элементом «объекты обслуживаемых участников» (подразумевается, что техническая скорость ТС не влияет на время нахождения в пунктах погрузки (разгрузки) или же влияние незначительно (можно пренебречь)). Вторая причина связана с нецелесообразностью определения симптома по отдельной методике. Например, симптом «время простоя» не рассчитывается для элемента «объекты обслуживаемых участников» (подразумевается, что все виды простоев для рассматриваемого элемента системы включены в симптомы «время погрузки» и «время разгрузки»).

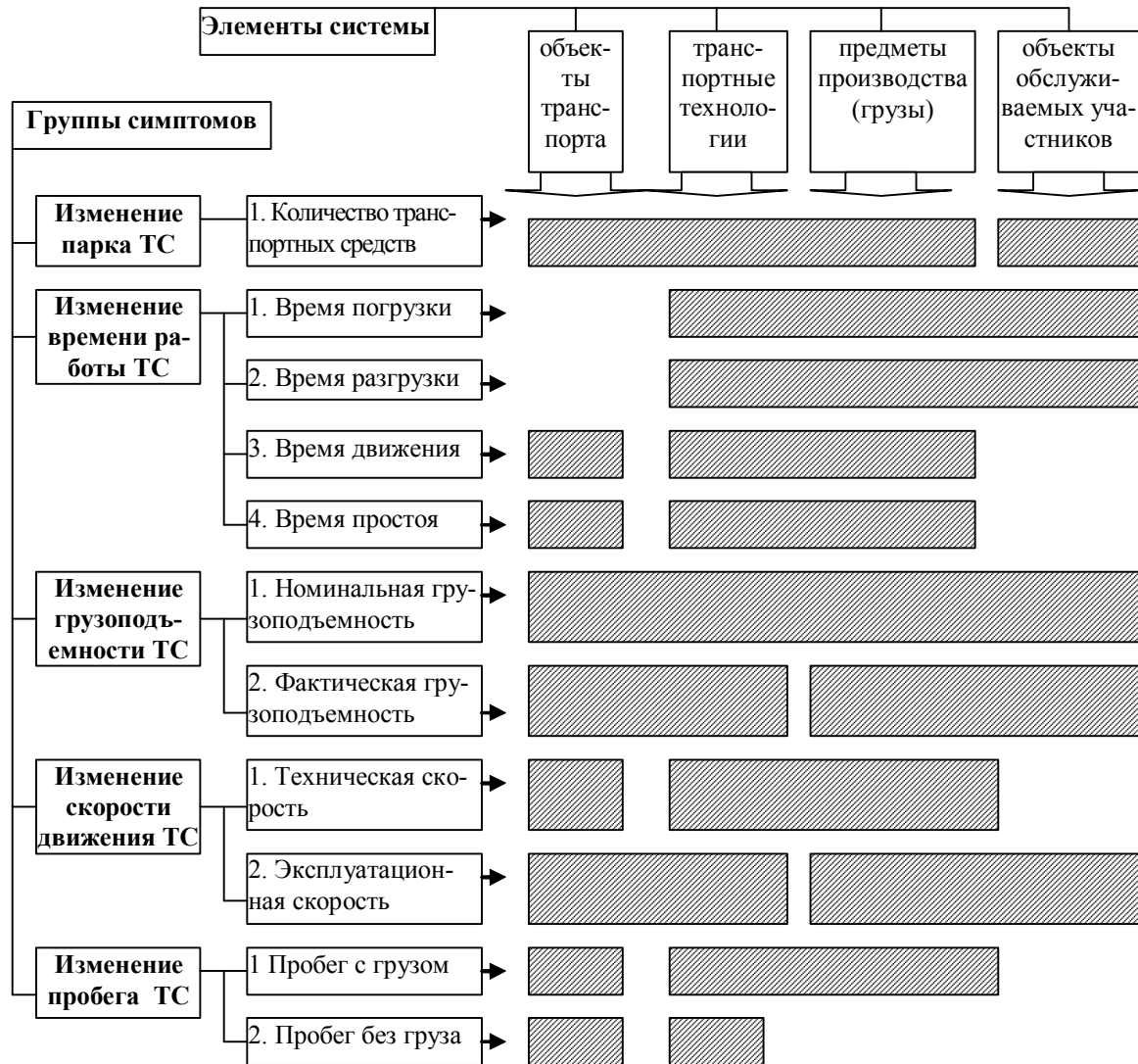


Рисунок 2 – Распределение симптомов по основным элементам системы грузовых перевозок (базовый вариант)

Представленный базовый вариант является отправным вариантом. По мере накопления информации о методиках определения отдельных симптомов, предложенный вариант следует трансформировать под нужды конкретных задач диагностирования систем перевозок.

Теперь более детально о предпосылках определения отдельных симптомов по различным методикам. Представим такую информацию в виде таблицы – табл. 1. Условно разделим всю информацию на группу 1 и группу 2. Согласно данным рис. 2 каждый симптом может определяться либо по одной методике, либо же двум методикам. Будем

использовать обозначения: ОТ – объекты транспорта, ТТ – транспортные технологии, ПП – предметы производства, ООУ – объекты обслуживаемых участников.

Таблица 1 – Предпосылки для определения отдельных симптомов

| <i>Симптом</i> | <i>Группа</i> | <i>Предпосылки</i> |
|----------------------------------|---------------|--|
| Количество транспортных средств | 1 | Отслеживание работы транспортных средств целесообразно проводить либо же в пунктах погрузки (разгрузки) (это элемент ООУ) либо же на трассе движения (это элементы – ОТ, ТТ, ПП). Например, по первой группе – это количество ТС, которые проехали через определенный участок маршрута за установленный период времени, а по второй группе – это количество ТС, которые погрузились (разгрузились) за установленный период времени |
| | 2 | |
| Время погрузки (время разгрузки) | 1 | Ввиду единства (равнозначности) выполнения операции, целесообразно использовать одну методику (элементы ТТ, ПП, ООУ). |
| Время движения (время простоя) | 1 | Объекты транспорта (прежде всего инфраструктура – участки маршрута, а также работа отдельных транспортных средств) могут требовать отдельной методики определения симптома. Элементы ТТ и ООУ объединены по параметру «груз» |
| | 2 | |
| Номинальная грузоподъемность | 1 | Единая основа реализации целей системы перевозок. |
| Фактическая грузоподъемность | 1 | Ввиду влияния на транспортные технологии и работу объектов транспорта элементов ПП и ООУ целесообразно методики определения симптомов соответственно и закрепить. Например, ТС используется со значительным перегрузом или недогрузом, но в среднем за рассматриваемый период нет отклонений в элементе ТТ. |
| | 2 | |
| Техническая скорость | 1 | Аналогично симптомам время движения (время простоя). Дополнительно – возможные особые условия перевозки груза (особенности груза) |
| | 2 | |
| Эксплуатационная скорость | 1 | В виду влияния времени погрузки (разгрузки) на данный вид скорости, детализация методик может быть разделена на группы «характеристика трассы маршрута» и «характеристика пунктов погрузки (разгрузки)» |
| | 2 | |
| Пробег с грузом | 1 | Выделение в отдельную группу элемента ОТ целесообразно при условии использования нескольких ТС (возможно несколько транспортных предприятий) |
| | 2 | |
| Пробег без груза | 1 | Аналогично симптому «пробег с грузом» |
| | 2 | |

Отдельно выделим такую группу симптомов «изменение времени работы ТС». Наряду с длительностью выполнения отдельных операций, важным является отклонение выполнения операций от запланированного времени. Например, элемент транспортного процесса «время погрузки» может иметь отклонение в самой длительности (например, запланирована длительность 30 мин, а потрачено 45 мин), а может иметь отклонение от начала (окончания) выполнения (например, запланировано начало погрузки в 8.00, а фактически начато в 8.35). Причем критическими отклонениями могут быть как отклонения в моменте начала погрузки, так и в моменте окончания погрузки. Например, с точки зрения грузоотправителя критическим может быть момент начала погрузки (например, из-за плана загрузки поста погрузки), а с точки зрения перевозчика (например, из-за сложностей на трассе маршрута – затор на дороге и др.) или грузополучателя (из-за графиков обслуживания потребителей) критическим может быть момент окончания погрузки. Дополним пример иллюстрацией – рис. 3.

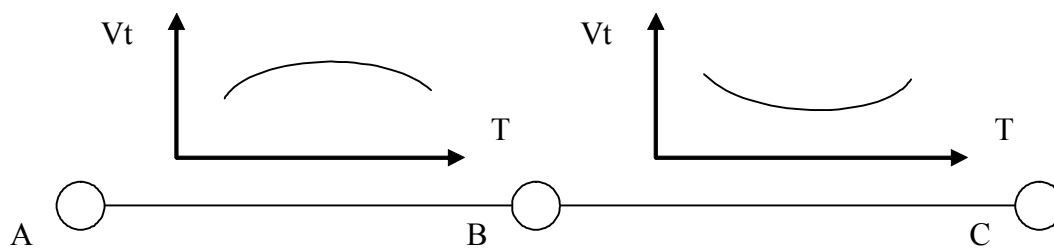


Рисунок 3 – Характеристика трассы маршрута по параметру техническая скорость (V_t – техническая скорость, T – время, AB и BC – участки маршрута)

На рис. 3 приведен пример (абстрактный) того, как может меняться техническая скорость на участках маршрута в зависимости от часа суток. Соответственно, смещение, например, времени погрузки от планового значения может привести к изменению скорости движения на маршруте.

Рассматривая вопрос использования диагностики в системах грузовых перевозок, отметим, что можно провести аналогию с диагностикой технических систем (например, двигателей). Основным отличием на сегодняшний день является отсутствие систем диагностирования систем перевозок (в классическом понимании теории диагностики). Не производится систематизация информации о сбоях в работе систем перевозок. Развитие теории транспортной диагностики должно способствовать созданию информационной базы о нюансах в работе транспорта.

Затрагивая вопрос использования диагностических показателей, предлагается рассмотреть направление формирования таких показателей на основании распределения симптомов по основным элементам системы грузовых перевозок (рис. 2). Суть в следующем – формировать диагностические показатели на основании отдельных симптомов по каждому элементу системы перевозок. Например, для элемента ООУ согласно рис.2 определяются симптомы «количество транспортных средств (методика 2)», «время погрузки», «время разгрузки», «номинальная грузоподъемность», «фактическая грузоподъемность (методика 2)», «эксплуатационная скорость (методика 2)». Из этих показателей и предлагается формировать диагностические показатели.

Если воспользоваться предлагаемым подходом, то можно обнаружить, что соотношение фактической грузоподъемности к номинальной грузоподъемности дает нам известный коэффициент использования статической грузоподъемности. Использование пробега с грузом и пробега без груза даст известный коэффициент использования пробега. Однако наряду с этими коэффициентами, предлагается использовать модернизированные варианты. Например, при расчете коэффициента использования статической грузоподъемности в числителе указывать изменение (дельту) фактической грузоподъемности.

Выводы. Предложенный базовый вариант распределения симптомов по основным элементам системы грузовых перевозок позволяет подойти к решению вопроса определения характеристик отдельных симптомов и диагностических показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горяинов А.Н. Транспортная диагностика. Книга 1. Научные основы транспортной диагностики (диагностический подход в системах транспорта) [Текст]: монография / А.Н. Горяинов. – Харьков: НТМТ, 2014. – 291 с. (http://www.logistics-gr.com/index.php?option=com_content&view=article&id=20294&catid=84&Itemid=197)

СТАБІЛІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ВЕРТОЛЬОТА ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ НАД РУХОМОЮ ПЛАТФОРМОЮ

Драгоєв А.М., Кияниця М.В., Яремчук О.О.

Національний авіаційний університет

(Україна, м. Київ)

Вступ. У наші дні об'єм вертольотних перевезень вантажів на зовнішньому підвісі та їх десантування на рухому платформу безперервно зростає. Вертолітне десантування – одне із найбільш складних видів авіаційних робіт, при виконанні яких вантаж опускається на рухому палубу корабля у важких погодних умовах. Крім того, такі роботи є не тільки складними, а й небезпечними. Передбачити все, що може статися при їх виконанні вкрай важко, але можна максимально знизити ступінь ризику. При виконанні таких робіт пілот зазнає психофізіологічних перенавантажень. Помітно полегшити роботу пілота можливо за допомогою включення в контур керування вертольотом.

Актуальність досліджень. Існуючі бортові системи керування вертольотом при виконанні робіт над рухомою платформою на даний момент не спроможні забезпечити прецизійну точність. Тому їх застосування при досягненні цієї цілі без удосконалення системи керування і стабілізації не може вважатися ефективним тому що можна стверджувати, що розробка технічного засобу, який дозволяє автоматично десантувати вантаж на задану точку, є досить актуальною задачею.

Постановка задачі. У залежності від задач, що виконує вертоліт, процес керування його польотом можна представити таким, що складається з різних етапів. Для здійснення десантування на рухому платформу потребується визначити оптимальну висоту десантування вантажу визначеного типу, оптимальний маршрут, що віртуально з'єднає вертоліт із рухомою платформою, наблизити вертоліт із платформою, узгодити швидкість польоту із швидкістю руху платформи й у подальшому жорстко стабілізувати її. Для забезпечення оптимальної стабілізації рекомендують використовувати систему «вертоліт-екіпаж-САК-погодні умови». Так як дана система швидко змінює свій стан, то для ефективної стабілізації вертольота параметри і структура САК повинні відповідно змінюватися. У даному випадку використання додатково до штатної інформації від давачів прискорень у трьох взаємно перпендикулярних площинах може значно прискорити реакцію САК на виникнення зовнішніх впливів та внутрішніх дестабілізуючих чинників. Це дозволить суттєво розвантажити екіпаж, звільнивши час для виконання інших завдань, а також жорстко стабілізувати вертоліт над рухомою платформою із високою точністю.

Метою дослідження є підвищення ефективності стабілізації вертольота при виконанні робіт над рухомою платформою у складних погодних умовах шляхом побудови високоточної системи стабілізації.

Об'єктом дослідження є процес автоматизованої стабілізації вертольота під час виконання робіт над рухомою платформою у складних погодних умовах.

Предмет дослідження: методи стабілізації вертольота при роботі над рухомою платформою у складних погодних умовах.

Аналіз раніше проведених досліджень і публікацій. Значні здобутки були досягнуті вітчизняними та зарубіжними вченими в галузі автоматизації керування рухомими об'єктами різного призначення. Вагомі наукові результати висвітлено в роботах Лебедева Г.М., Лі Хе Фонга, Казака В.М., Тимошенко Н.А., Чорнобровкіна Л.С., Цимбала М.М., Вагушенка Л.Л. та інші.

Оскільки для досягнення стабілізації вертольота над рухомою платформою необхідно попередньо наблизити ЛА до рухомої платформи, то для цього використовують, у залежності від умов, ряд методів самонаведення [4]. Серед яких є:

– метод прямого наведення. При русі вертольоту по напрямку до цілі лінія візування цілі займає цілком визначене положення відносно повздовжньої осі апарату, тобто, накладається зв'язок на зміну кута пеленгу.

– метод погоні, метод погоні з упередженням і метод пропорційного наведення. При цих методах лінія візування цілі в процесі руху літального апарату залежить від положення вектора швидкості. У випадку, коли $\eta = 0$ (кут упередження), тобто, вектор швидкості апарату завжди направлений на ціль. Якщо ж $\eta = \text{const}$ (рис.1), але може не бути рівним 0, то має місце метод погоні з упередженням. Оскільки ціль маневрує, то й кут упередження змінюється. Цю зміну можна описати за допомогою визначеного закону у часі або в залежності від деяких інших кінематичних параметрів руху. Тому такий метод можна реалізувати за допомогою пропорційного наведення.

– метод паралельного наближення. При цьому методі необхідною умовою є забезпечення цілком визначеного положення візування цілі відносно деякого фіксованого в просторі напрямку при управлінні рухом ЛА. Умовою цього методу є $\varphi = \text{const}$ (кут наближення).

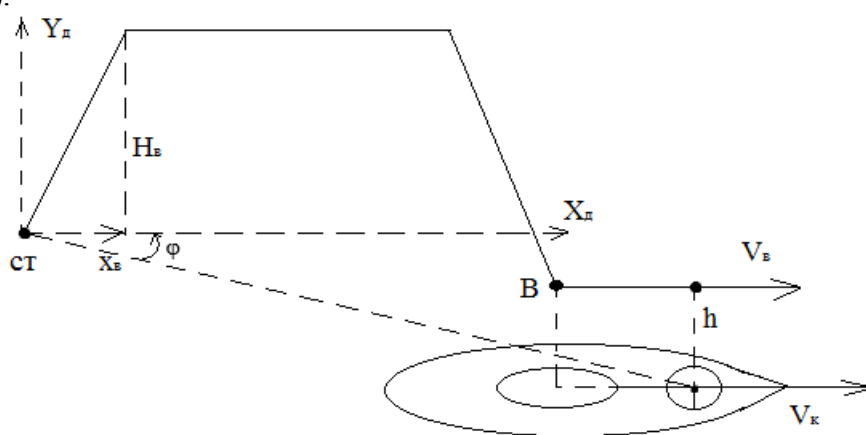


Рисунок 1 – Зближення та подальший спільний рух ЛА та рухомої платформи (корабля)

Перед проведенням досліджень були задані наступні початкові умови:

1. швидкості вертольота та рухомої платформи(палуба корабля) повинні бути рівними ($V_d = V_k, \dot{V}_k = 0$);
2. висота положення вертольота відносно палуби повинна бути постійною і зміна висоти повинна дорівнювати 0 ($h = \text{const}, \dot{h} = 0$);
3. кутові прискорення ЛА та рухомої платформи(корабля) повинні дорівнювати 0 та кутові швидкості рівні між собою ($\psi_d = \psi_k, \dot{\psi}_d = 0, \dot{\psi}_k = 0$).

Враховуючи вище зазначені умови, як оптимальний метод обираємо метод паралельного наближення.

Припустимо ЛА і палуба корабля рухаються рівномірно та прямолінійно ($\bar{V}_d = \text{const}, \bar{V}_k = \text{const}$). Кут упередження η обираємо так, щоб вертоліт при польоті по прямій зустрівся з кораблем. Нехай В – точка зустрічі (рис.2), тоді час руху корабля та вертольоту до зустрічі буде рівним - $t = \frac{CB}{V_k} = \frac{OB}{V_d}$. Звідси $\frac{V_k}{V_d} = \frac{CB}{OB} = \frac{\sin \eta}{\sin(\pi - \eta_d)} = \frac{\sin \eta}{\sin \eta_d}$. Відтак, $\sin \eta = \frac{V_k V_d \sin \eta_d}{CB}$. Через одну секунду ЛА та корабель будуть займати положення O_1 та C_1 , але як і раніше - $\frac{V_k}{V_d} = \frac{C_1 B}{O_1 B} \Rightarrow \frac{CB}{OB} = \frac{C_1 B}{O_1 B}$, тобто, $C_1 O_1$ та CO – паралельні. Отже, якщо рухома платформа та вертоліт рухаються прямолінійно і рівномірно, то для потрапляння ЛА в точку зустрічі необхідно, щоб лінія візування цілі переміщувалась паралельно сама собі, тобто, $\varphi = \text{const}$.

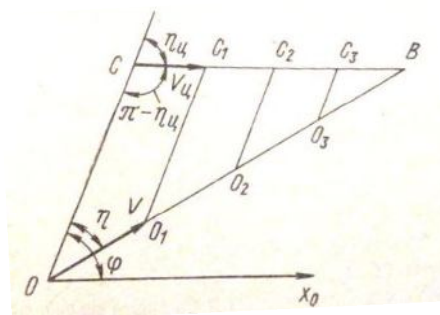


Рисунок 2 – Схема прямолінійного польоту в точку зустрічі з ціллю

Для створення системи стабілізації, перш за все розробимо математичні моделі відносно руху вертольота та рухомої платформи (у якості прикладу рухомої платформи використаємо корабель). Загальна математична модель корабля[1] відображає його поведінку при різних видах керування в різноманітних умовах експлуатації. До такої моделі висуваються наступні вимоги:

- наявність інформації про поведінку корабля при всіх режимах руху;
- можливість опису динаміки різних типів кораблів з різними комплексами керування;
- урахування впливів вітру, течій та мілководь;
- можливості оцінки параметрів за результатами стандартних випробувань маневрених якостей.

В загальному випадку на корпус корабля діють наступні сили та моменти (рис. 3) [1]:

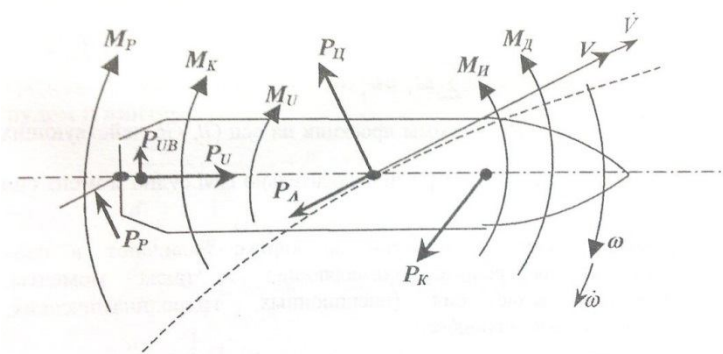


Рисунок 3 – Схема сил та моментів на корпусі корабля

- P_L, M_I – інерційні сила та момент, викликані прискореннями $\dot{V}, \dot{\omega}$ в процесі руху корабля;
- P_U – відцентрова сила;
- P_K, M_K – позиційна гідродинамічна сила та її момент;
- M_D – момент демпфуючої гідродинамічної сили;
- P_U, P_{UV}, M_U – упор гвинта, бокова сила гвинта та її момент;
- P_P, M_P – сила на кермі та її момент.

Якщо додати до системи рівнянь руху судна рівняння перехідного процесу енергетичної установки та рівняння, яке описує динаміку рульового пристрою, то отримаємо модель зміни стану корабля, який керується рулем та гвинтом:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dV_L}{dt} = \frac{1}{m_L} (P_{\zeta L} + P_{KL} + P_{UL} + P_{PL} + P_{aL} + P_{wL}) \\ \frac{dV_B}{dt} = \frac{1}{m_B} (P_{\zeta B} + P_{KB} + P_{UB} + P_{PB} + P_{aB} + P_{wB}) \\ \frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J_\omega} (M_K + M_D + M_U + M_P + M_D + M_W) \\ \frac{d\eta}{dt} = \frac{1}{T_\eta} [k_\eta (n_3 - n) - \eta] \\ \frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{T_\Omega} (k_\Omega \nabla \hat{\beta} - \Omega) \end{array} \right. , \quad (1)$$

Вхідними величинами цієї математичної моделі слугують: команди, які задають перекладку руля та частоту обертання гвинта; значення факторів, які збурюють рух судна.

Основними вихідними параметрами є: V_L , V_B , ω , η , Ω , які в сукупності утворюють вектор стану корабля.

Подану вище математичну модель можна показати у різнищевому вигляді:

$$Y = \begin{pmatrix} V_L \\ V_B \\ \omega \\ \eta \\ \Omega \end{pmatrix} \frac{dY}{dt} = \begin{pmatrix} \dot{V}_L \\ \dot{V}_B \\ \dot{\omega} \\ \dot{\eta} \\ \dot{\Omega} \end{pmatrix} U = \begin{pmatrix} \beta_3 \\ n_3 \end{pmatrix} Q = \begin{pmatrix} K_a \\ v_a \\ K_w \\ B_w \end{pmatrix}, \quad (2)$$

де B_w – бал хвилювання; Y – вектор стану корабля; dY/dt – похідна вектору стану корабля; U – вектор керування; Q – вектор збурень.

В свою чергу математична модель вертольоту [3р] являє собою таку систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d}{dt} x(t) = AX(t) + DU(t) + GW(t); \\ Y(t) = CX(t) + DU(t) + \Psi(t); \\ X(t_0) = X_0, \end{array} \right. \quad (3)$$

де $X(t)$ – n -мірний вектор стану системи; $Y(t)$ – m -мірний вектор спостереження; $U(t)$ – r -мірний вектор керування; $W(t)$ – g -мірний вектор зовнішніх збурень; $V(t)$ – випадковий s -мірний вектор гаусівських шумів; A, B, C, D, G, Ψ – перехідні матриці стану $n \times n$, керування розміру $n \times r$, спостереження системи розміром $m \times n$ та $m \times r$ відповідно, збурень i вимірів розміру $n \times g$ та $s \times m$ відповідно.

Стан вертольоту X як динамічної системи у кожний момент часу t характеризується компонентами $x_i(t), i = \overline{1, n}$ фазового вектору x , що однозначно визначається обраним керуванням та початковим станом.

Результати досліджень. Оскільки вертоліт є нестійкою системою керування та стабілізації, а випадок синхронізації його руху з рухом платформи (палуби корабля) є особливо важким випадком, то необхідно створити таку систему стабілізації, яка б могла забезпечити прецизійну точність виконуваних робіт. Швидкодія подібної штатної системи не здатна вчасно зреагувати на зміну швидкості дії збурень. Тому виникає необхідність у створенні стабілізатора, як частини системи автоматичного керування (САК), який володів би високою швидкістю реакції та прецизійною точністю. Застосування класичної теорії управління для розв'язання наведеного завдання не забезпечує необхідної точності та швидкодії. Тому рекомендується використати LQG теорію керування [2] з додаванням розширеного фільтра Калмана, що дасть можливість підвищити робастність САК та розділити її на дві підсистеми: лінійно-квадратичної оцінки (LQE) та лінійно-квадратичного регулятора (LQR). Для реалізації даного керування необхідна велика кількість інформації, яку можна отримати двома способами. Перший спосіб заключається у використанні допоміжних датчиків, але через збільшення вартості та габаритів цей спосіб не є доцільним. Інший метод – це корекція параметрів стану фільтру і ковариційної матриці помилок, котрі розраховані у відповідності з отриманими оцінками.

Керуючі дії формуються за допомогою двох паралельних каналів, один з яких є швидкодіючим на основі вектора прискорень, а другий – інерційним каналом на основі вектора швидкості, причому сигнал інерційного каналу віднімається від сигналу швидкодіючого каналу:

$$\begin{aligned} \Delta \dot{S}(t_k) &= \Delta V(t_k), \quad \Delta S = \{\Delta X, \Delta Y, \Delta Z\}, \quad \Delta V = \{\Delta V_x, \Delta V_y, \Delta V_z\}, \\ \Delta \dot{V}(t_k) &= -J_\epsilon(t_k) + \dot{W}_\epsilon, \quad J_\epsilon = \{j_x, j_y, j_z\}, \quad \dot{W}_\epsilon = \{\dot{W}_x, \dot{W}_y, \dot{W}_z\}, \end{aligned} \quad (4)$$

де $J_\epsilon = \{j_x, j_y, j_z\}$ – вектор прискорень; $\dot{W}_\epsilon = \{\dot{W}_x, \dot{W}_y, \dot{W}_z\}$ – вектор прискорень збурень.

Основну частину інформації можна отримати з датчиків висоти (барометричний та радіолокаційні), датчиків повітряної швидкості, доплеровського вимірювача шляхової швидкості і кута зносу та, на сам кінець, з супутникової системи навігації. Даних з наведених датчиків недостатньо для реалізації LQG керування, тому можна доповнити її інформацією з датчиків лінійних прискорень, які належать до складу стабілізованої гіроплатформи. На виході з цих датчиків отримуємо значення лінійних прискорень, тому для подальшого використання цієї інформації її необхідно проінтегрувати один раз і отримаємо значення швидкості зміни просторового положення ЛА по трьох положеннях – крен, тангаж та нишпорення.

Для відбору необхідних даних з загального нагромадження запропоновано використати розширений фільтр Калмана. Матрицю коефіцієнтів фільтру використовують для мінімізації діагональних елементів ковариційної матриці похибок. Кінцевим кроком є кореляція параметрів стану та ковариційної матриці похибок, при якій стають рівними нулю різниці між дійсними значеннями вимірів та значеннями вимірів, обчислених у відповідності з оцінками, отриманими за допомогою фільтра параметрів стану.

Висновки. Отже, з наведених досліджень можна зробити висновки, що для стабілізації вертольота при роботі над рухомою платформою (палубою корабля) достатньо штатних систем керування, але для забезпечення живучості та надійності інформаційного середовища необхідно задіяти й інші джерела інформації. Такими можуть слугувати датчики лінійних прискорень з гіростабілізованої платформи, дані з яких для подальшого використання необхідно дещо обробити, а саме проінтегрувати. Для отримання системи з високої точності, яку класична теорія управління забезпечити не може, пропонується використати LQG теорію управління з додаванням розширеного фільтру Калмана, що забезпечить прецизійну точність системи стабілізації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна: к – Одесса: «ЛАТСТАР», 2002. – 310 с.
2. Вергес П.Л., Лайфер Р.К. Моделирование ускорения цели для наведения тактических ракет // Аэрокосмическая техника. – 1985. – Т. 3.
3. Казак В.М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях у польоті. Монографія. / -К.:НАУ-друк, 2010. – 240с.
4. Лебедев А.А., Чернобровкин Л.С. Динамика полета: учебное пособие – Москва.: «Машиностроение», 1973. – 616 с.
5. Лэ Хи Фонг Нейросетевая система десантирования грузов с транспортного вертолета в сложных погодных условиях: дис. ...канд. техн. наук.: 05.12.01 – системный анализ, управление и обработка информации / Лэ Хи Фонг. – М., 2004. – 130 с.
6. Тимошенко Н. А. Автоматизация керування процесом стабілізації вертольота на режимі висіння над точковим об'єктом у складних погодних умовах : дис. ... канд. техн. наук. : 05.13.07 – автоматизация процесів керування / Н. А. Тимошенко. – К., 2015. – 184 с.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОМПАЖА В КОМПРЕССОРАХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ФУНКЦИЙ УОЛША

Енчев С.В.

Национальный авиационный университет

(Украина, г. Киев)

Введение. Современные авиационные газотурбинные двигатели (ГТД) – это сложные тепловые машины, которые состоят из большого количества связанных систем и устройств, к которым выдвигаются требования получения экстремальных значений параметров в заданных условиях эксплуатации (минимальный удельный расход топлива на номинальном режиме, максимальная тяга при взлете и т.д.).

Эти факторы приводят к постоянному осложнению конструкций современных ГТД, появления новых систем и устройств – регулируемых направляющих аппаратов, клапанов перепуска воздуха из компрессора, регулируемых систем охлаждения турбины и т.д. Такие осложнения конструкции вызывают возможность возникновения колебаний отдельных параметров, а также возможность влияния колебаний в одних системах на работу других систем и появление многочастотных колебаний в ГТД. Характерной особенностью всех этих режимов является наличие периодических составляющих.

Анализ последних исследований и публикаций. Как показывают результаты исследований представленных в [1–4], помпажные явления в ГТД приводят к потере тяги, сопровождаются ростом температуры газов перед турбиной и повышением уровня вибраций в результате больших амплитуд пульсаций давления и массовых затрат по тракту двигателя. Возможность появления этих явлений является серьезной преградой на пути увеличения надежности ГТД в частности и безопасности полетов в целом. Кратковременная потеря тяги в случае появления помпажа на одном из двигателей для многомоторного самолета или даже для одномоторного в случае достаточного для повторного запуска запасов высоты и скорости не приводит к катастрофической ситуации [1]. Однако рост температуры в турбине и увеличение уровня вибраций может привести к прогару сопловых аппаратов турбины и другим поломкам [2]. Опыт эксплуатации [2–4] показывает, что особенно опасным для двигателя является недопустимый рост температуры газов перед турбиной.

Постановка задачи исследования. Для увеличения запасов устойчивости ГТД используют: регулирование направляющих аппаратов компрессора, перепуск воздуха из отдельных ступеней компрессора, регулируемое дозирование подачи топлива на режимах запуска, приемистости дросселирования и т.д. Эти мероприятия уменьшают вероятность возникновения помпажных явлений, но не могут служить гарантией их устранения, так как помпаж может быть следствием отказов в самих системах, предназначенных для предупреждения срывов. Кроме этого, увеличение запасов устойчивости приводит к значительному снижению КПД компрессора и, соответственно, экономичности ГТД [4]. Поэтому целесообразно допустить небольшую вероятность возникновения помпажа, но оборудовать ГТД аварийными системами антипомпажной защиты и обеспечить максимальную экономичность двигателей [6].

Эффективность применения таких систем существенно зависит от метода идентификации заложенного в ее принцип действия. В этой связи особый интерес представляет метод идентификации, использующий ортогональное разложение импульсных переходных функций в ряд по функциям Уолша. В этом случае устраняется возможность ложного срабатывания сигнализаторов помпажа вследствие резких изменений режима работы ГТД, а также снизить размерность пространства диагностических признаков в сравнении с диагностированием на основе отсчетов исследуемого процесса [1]. Таким образом, сформулируем задачу исследований в виде –

обоснование применимости метода идентификации по разложениям функций Уолша в системах распознавания помпажных явлений в авиационных ГТД.

Идентификация по разложению импульсной переходной функции в ряд Уолша. Этот метод является методом пассивной идентификации. Здесь импульсная переходная функция (ИПФ) $\omega(\tau)$ ГТД представляется в виде:

$$\omega(\tau) = \sum_{i=0}^n a_i W_i(\tau), \tau \in [0; T], \quad (1)$$

где $\overline{0, n}$ – интервал определения функций Уолша.

Интервал определения функций Уолша T выбирается большим или равным эффективной длительности ИПФ. Выходной сигнал $y^*(t)$, рассчитанный по модели (1), определяется выражением свертки

$$y^*(t) = \sum_{i=0}^n a_i \int_0^T W_i(\tau) x(t - \tau) d\tau.$$

Определим среднеквадратическую ошибку ε^2 рассогласования измеренного $y(t)$ и модельного $y^*(t)$ сигналов:

$$\varepsilon^2 = \frac{1}{L} \int_0^L [y(t) - y^*(t)]^2 dt = \frac{1}{L} \int_0^L \left[y(t) - \sum_{i=0}^n a_i \int_0^T W_i(\tau) x(t - \tau) d\tau \right]^2 dt, \quad (2)$$

где L – длительность интервала наблюдения.

Определим коэффициенты разложения a_i из условия минимума выражения (2):

$$\frac{\partial \varepsilon^2}{\partial a_j} = 0, \quad j = \overline{0, n}. \quad (3)$$

Дифференцируя (2) и подставляя в (3) получим систему линейных уравнений для определения a_i :

$$\sum_{i=0}^n a_i \int_0^L K_j(t) K_i(t) dt = \int_0^L y(t) K_j(t) dt, \quad j = \overline{0, n}, \quad (4)$$

$$K_i(t) = \int_0^T W_i(\tau) x(t - \tau) d\tau; \quad K_j(t) = \int_0^T W_j(\theta) x(t - \theta) d\theta.$$

Для дискретных значений $x(t)$ и $y(t)$ измеряемых с частотой дискретизации Δ систему уравнений (4) можно привести к виду [1]:

$$\sum_{i=0}^n a_i c_{ij} = b_j, \quad j = \overline{0, n}. \quad (5)$$

Коэффициенты c_{ij} и b_j вычисляются за формулами ($j = \overline{0, n}$):

$$b_j = \Delta \sum_{k=1}^{L/\Delta} y^*(k\Delta) K_j(k\Delta); \quad c_{ij} = \Delta \sum_{k=1}^{L/\Delta} K_i(k\Delta) K_j(k\Delta); \quad i = \overline{0, n};$$

$$K_j(k\Delta) = \Delta \sum_{s=1}^{T/\Delta} W_j(s\Delta) x(k\Delta - s\Delta); \quad k = \overline{1, L/\Delta}. \quad (6)$$

Период дискретизации Δ согласно теореме Котельникова определяется граничной частотой пропускания ГТД, т.е. $\Delta = 1/f_{gp}$. На практике f_{gp} часто бывает неизвестна. В этом случае величину Δ можно ориентировочно оценить как [1]

$$\Delta = \frac{T_{min}}{(5...10)},$$

где T_{min} – ожидаемая минимальная постоянная времени объекта.

Выбор оптимальных решающих правил определяется прежде всего доступной априорной и апостериорной информацией. Доступной апостериорной информацией будем считать только идентифицируемые коэффициенты разложения ИПФ в ряд по функциям Уолша $\{a_j\}$. В реальных системах автоматического управления ГТД доступна и другая информация, которая зависит от конкретной системы. Обозначим необходимую в любом случае априорную информацию через алфавит ситуаций $\{D_i\}$. Рассмотрим различные варианты распознавания ситуации в ГТД в зависимости от объема априорной информации.

Проанализируем случай, когда известны лишь направления изменения величин коэффициентов разложения ИПФ при переходе от нормальной работы к помпажу. Тогда возможно применение весьма простой процедуры диагностирования, основанной на анализе знака отклонения контролируемого параметра от номинального значения. При этом для повышения надежности диагностирования целесообразно выделять интервалы $(a_j^0 - \varepsilon_j, a_j^0 + \varepsilon_j)$ для каждого коэффициента разложения a_j с номинальным значением a_j^0 и погрешностью определения ε_j . Закодируем случай $a_j \in (a_j^0 - \varepsilon_j, a_j^0 + \varepsilon_j)$ величиной 0, случай $a_j < a_j^0 - \varepsilon_j$ величиной -1, а случай $a_j > a_j^0 + \varepsilon_j$ – величиной +1.

Информация о поведении коэффициентов разложения в различных ситуациях сводится в таблицу ситуаций, в которой столбцы соответствуют всем возможным ситуациям, а строки – всем коэффициентам разложения. В соответствующих клетках по приведенному правилу проставляются 0, +1 или -1. В случае, когда известны значения коэффициентов разложения во всех ситуациях, каждое состояние диагностируемой системы можно представить в виде $(n+1)$ -мерного вектора A с компонентами $\{a_{j0}, a_{j1}, \dots, a_{jn}\}$.

Задача классификации ситуации $\{D_i\}$ в этом случае формулируется следующим образом: требуется отнести предъявляемую совокупность коэффициентов разложения к одному из заранее установленных ситуаций.

В случае, когда имеется достаточная статистическая информация: априорные вероятности ситуаций $P(D_i)$, условные плотности значений признаков $f(a_j/D_i)$, причем эти распределения одномодальны, целесообразно применение статистических методов распознавания, например статистического метода минимального риска [1].

Алгоритм и устройство идентификации помпажа. Принимая, в качестве диагностического признака помпажа коэффициенты разложения в ряд по функциям Уолша исследуемого процесса на фиксируемом интервале, можно сформулировать алгоритм идентификации в виде:

1. Вводится новое измеренное значение процесса y_j^* .
2. За этим значением и $(2^n - 1)$ предыдущим значениям процесса вычисляются текущие значения коэффициентов разложения по выражению (5).
3. Распознавание помпажа осуществляется путем сравнения текущих коэффициентов разложения с эталонными.

Ситуация считается выявленной, если модуль разности между текущими значениями коэффициентов разложения и соответствующими эталонными значениями не превосходит заданной величины – порога распознавания, определяемого на этапе формирования признаков по разбросу коэффициентов разложения для различных реализаций процессов в одной ситуации и погрешностям идентификации.

На рис. показана функциональная схема устройства идентификации помпажа, которое реализует приведенный алгоритм.

Для вычисления функций Уолша $W_i(t)$ в момент времени $t \in [0, 1]$ можно воспользоваться выражением [5]:

$$W_i(t) = \begin{cases} +1, & \text{если } S_{i1} \oplus S_{i2} \oplus \dots \oplus S_{ik} = 0, \\ -1, & \text{если } S_{i1} \oplus S_{i2} \oplus \dots \oplus S_{ik} = 1, \end{cases}$$

где S_{ir} – разряды, в которых при двоичном разложении i и t одновременно находятся единицы; знак \oplus означает сложение по модулю 2.

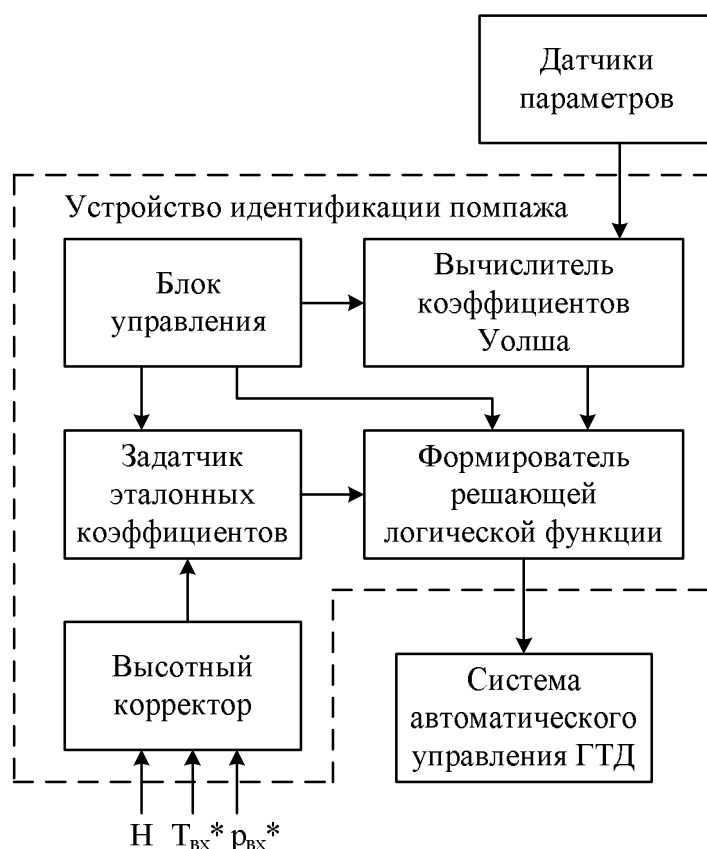


Рисунок 1 - Устройство идентификации помпажа

Процедура вычисления коэффициентов Уолша – Фурье довольно просто реализуется на элементах цифровой техники.

Выводы. В результате проведенных исследований показана возможность применения метода идентификации основанного на ортогональном разложении импульсной переходной функции в ряд по функциям Уолша. Разработан алгоритм и схема устройства идентификации помпажа, в котором в качестве диагностического признака приняты коэффициенты разложения по функциям Уолша. Формирование классов производится на основе анализа большого количества экспериментальных кривых изменения параметров рабочего процесса при помпаже и нормальной работе двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автоматический контроль и диагностика систем управления силовыми установками летательных аппаратов / В. И. Васильев и др. – М. : Машиностроение, 1989. – 240 с.
2. Волянська Л. Г. Методи і засоби підвищення газодинамічної стійкості компресорів газотурбінних двигунів : монографія / Л. Г. Волянська, В. В. Панін, С. Гаюн. – К. : НАУ, 2005. – 200 с.
3. Многоуровневое управление динамическими объектами : монография / В. И. Васильев [и др.]. – М. : Наука, 1987. – 309 с.
4. Панін В. В. Аналіз методів побудови систем протипомпажного захисту авіаційних газотурбінних двигунів / В. В. Панін, С. В. Єнчев // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту. ISDMCI'2010. – Херсон, 2010. – Т.2. – С. 502-505.
5. Использование ортогональных разложений в задачах идентификации помпажных явлений в компрессорах авиационных газотурбинных двигателей / В. В. Панин, С. В. Енчев, Л. Г. Волянская // Авиационно-космическая техника и технология. – 2010. – №8(75). – С.112-116.

PLC–ТЕХНОЛОГІЇ В СУДНОВИХ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ

Заїченко Є.Г., Тимофеев К.В.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Технологія передачі даних по електромережі PLC (Power Line Communication) є елементом автоматичних систем контролю та керування. Основною перевагою цієї технології є можливість автоматично отримувати інформацію з об'єктів, розташованих у віддалених та важкодоступних місцях. Основні сфери застосування узкополосної PLC-технології: автоматизовані системи управління технологічними процесами (SCADA); автоматизовані системи контролю та обліку енергоресурсів (AMM / AMI / AMR); системи контролю та управління доступом; системи відеоспостереження, безпеки, охоронної, пожежної та іншої сигналізації.

Актуальність досліджень. Широкому використанню в системах бездротових технологій в розгалужених автоматизованих перешкоджають обмеження через невелику відстань зв'язку, особливо в складних умовах комунікацій на судні

Істотним недоліком всіх дротових технологій (M-bus, Modbus, Ethernet, xDSL, CANopen / Device Net та інших) є необхідність прокладки ліній зв'язку та велика залежність швидкості передачі даних від параметрів кабелю та його стану.

В якості альтернативи PLC серед існуючих технологій можна розглядати, наприклад, бездротові технології GSM/GPRS, CDMA, Wi-MAX, Wi-Fi, 3G, LTE, а також більш низько швидкісні Wireless M-Bus і ZigBee (SE 1.0/2.0) або численні дротові, наприклад, M-bus, Modbus, Ethernet.

Постановка задачі. Існує два основних види протоколів передачі даних по електромережі LonWorks і KNX. Протокол LonWorks - набір протоколів, впроваджених компанією Echelon Corp. (США). Згодом на їх базі були розроблені європейський (EN 14908-3), американський (ANSI / CEA 709) і китайська (GB / Z 20177) стандарти. У протоколі LonWorks передбачається можливість використання в якості фізичного середовища ліній електропередач. Для PLC-зв'язку вимоги до фізичного рівня PHY (Physical Layer Protocol) наведені в стандарті CEA 709.2.

Комунікаційний протокол для автоматизації будівель (KNX) розроблений асоціацією виробників комплексних систем автоматизації з однойменною назвою (KNX Association). На основі специфікацій KNX були розроблені міжнародний (ISO / IEC 14543-3) і європейський стандарти (CENELEC EN 50090, EN 13321-1). У Китаї діє створений також на основі KNX-специфікацій стандарт GB/Z 20965. Для PLC-зв'язку передбачається використання двох профілів стандарту. Профіль PL110 регламентує використання модуляції виду S-FSK (частота несучої 110 кГц, максимальна швидкість передачі 1.2 Кбіт/с). У профілі PL132 використовується частотна маніпуляція з мінімальним зрушенням MFSK (Minimum Frequency Shift Keying), зі швидкістю передачі до 2.4 Кбіт/с. Оскільки в кожному профілі реалізована передача даних на одній несучій, передбачається тільки напівдуплексний режим роботи [1].

У процесі розвитку вузькосмугової PLC-технології використовувалися різні види модуляції сигналу, проте в даний час найбільш часто застосовуються:

- BPSK (Binary Phase Shift Keying) – двійкова фазова маніпуляція;
- FSK (Frequency Shift Keying) – частотна маніпуляція;
- S-FSK (Spread Frequency Shift Keying) - частотна маніпуляція з розширенням спектра;
- DCSK (Differential Code Shift Keying) – диференціальна кодова маніпуляція;
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – мультиплексування з ортогональним частотним поділом.

На рис. 1 показані частотні характеристики перерахованих модуляцій.

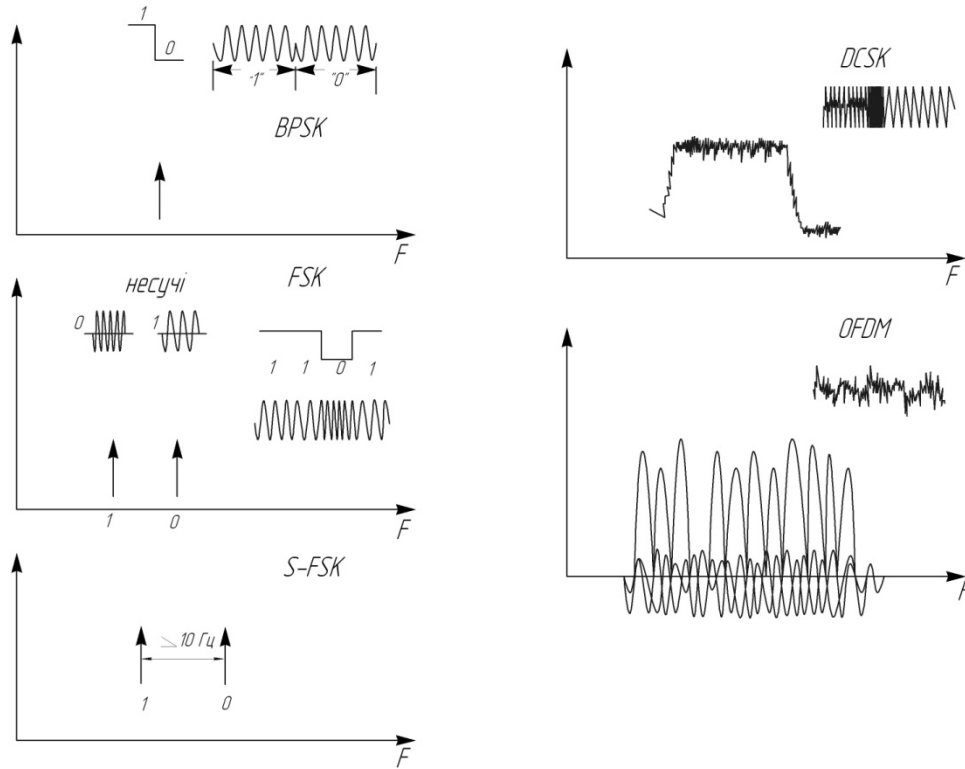


Рисунок 1 – Частотні характеристики PLC-модуляцій

BPSK – протокол цифрової модуляції, в якій сигнал має вигляд гармонійних коливань, фаза яких залежно від переданого символу +1 або -1 може мінятися стрибком на $\pm\pi$. Даний вид модуляції знайшов дуже широке застосування через високу завадостійкість та простоту модулятора і демодулятора.

Частотні FSK сигнали одні з найпоширеніших в сучасному цифровому зв'язку. Це зумовлено насамперед простотою їх генерування та прийому, завдяки нечутливості до початкової фази. При цьому типі модуляції корисний сигнал формується з відрізків двох синусоїд, які відрізняються частотою.

Модуляція з розширенням спектру (S-FSK) забезпечує надійну передачу даних в умовах нестабільності параметрів каналу зв'язку, що дозволяє досягти прийнятної достовірності інформації, однак, недолік цих видів модуляції - низька швидкість передачі даних. Саме така модуляція застосовується в PLC модемах, встановлених на рефрижераторних контейнерах.

Модуляція виду DCSK відноситься до класу модуляцій сигналів з розширенням спектру. Цей вид модуляції забезпечує можливість виділення сигналу навіть при негативному співвідношенні сигнал/перешкода, крім того, характеризується меншою сприйнятливістю до вузькосмугових і імпульсних перешкод, а також до спотворень, які викликані багатопроменевим поширенням і відображенням сигналу, змінами опорного навантаження і зникненням сигналу, що характерно для існуючих електромереж.

При пошуку більш ефективного виду модуляції для вузькосмугової PLC-технології необхідно було враховувати дозволений діапазон частот і характер специфічних перешкод, створених різним підключенням в електромережу обладнанням. В результаті, застосовувана в широкосмугової PLC-технології модуляція виду OFDM, була адаптована для більш вузького діапазону частот (9-500 і 9-148 кГц). Дана модуляція використовується специфікаціями PRIME і G3-PLC. В таблиці 1 наведені порівняльні характеристики PLC-технологій.

Переваги OFDM полягає в тому, що зі зміною виду модуляції кожної з піднесучих з'являється можливість адаптації до параметрів каналу зв'язку (при наявності перешкод

швидкість зменшується, а за їх відсутності – збільшується). Деякі з піднесучих можна відключати, якщо в цих частотних діапазонах мають місце перешкоди. Крім того, швидкість передачі істотно вище в порівнянні з методами FSK, S-FSK і DCSK.

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики PLC-технологій

| Стандарт або специфікація (протокол) | | Діапазон частот, кГц | Вид модуляції | Швидкість передачі даних, кбіт/с |
|--|--------|-------------------------|---------------|----------------------------------|
| IEC 61334 | | 3-95 (CEN A) | S-FSK | 2,4 |
| ANSI/CEA 709 (LonWorks) | | 75-132 | BPSK | 3,6-5,4 |
| ISO/IEC 14543-3 (KNX) | | 110-140 | S-FSK | 1,2-2,4 |
| DCSK | Yitran | 9-95 (CEN A) | DCSK | 0,625-2,5 |
| DCSK Turbo | | 3-490 (FCC/ ARIB) | | 1,25-500 |
| | | 9-95 (CEN A) | | 0,625-150 |
| | | 9-125 (CEN B) | | 0,625-75 |
| PRIME, G3-PLC, IEEE P1901.2, ITU G-hnem (G.9955/6) | | 42-89 или 35-89 (CEN A) | OFDM | до 123 |

Недоліки OFDM-методу полягають у низькій кількості піднесучих і високій вартості обладнання [2]. Перший недолік нівелюється гнучкістю вибору кількості піднесучих. При великому рівні перешкод в певній смузі частот деякі з піднесучих відключаються для адаптації до параметрів каналу зв'язку, що не доступно в інших технологіях.

Другий недолік полягає в тому, що в модемах не застосовується обидві технології S-FSK і OFDM. Це приводить до того, що в мережі моніторингу об'єктів керування на судні модеми різних PLC технологій не будуть взаємодіяти.

Існуючі PLC модеми використовують лише один вид модуляції, який відрізняється від інших. Це призводить до того, що в інформаційних вимірювальних системах можна спостерігати за обмеженою кількістю установок.

Результати досліджень. Пропонується застосувати універсальний модем, який в змозі зробити різні PLC технології доступними, завдяки простому змінненню програмного забезпечення.

Універсальний PLC модем поділяється на чотири блоки: контролер протоколів, цифровий сигнальний процесор, драйвер лінії та аналоговий інтерфейс. Також до складу модему входять менеджер електроживлення, детектор переходу через нуль та формувач тактових сигналів.

Для фізики OFDM модем використовує до 48 носіїв у CENELEC A стандарті для передачі даних зі швидкістю 76,8 кбіт в однофазній мережі (230,4 кбіт для трифазної мережі). Передача здійснюється за допомогою OFDM із FEC з використанням диференціальної фазової модуляції, з бітним чергуванням, автоматичним регулювання посилення, з циклічним префіксом в якості захисного інтервалу і 32-х бітної CRC для виявлення помилок [3].

Гнучкість програмного забезпечення дозволяє регулювати велику кількість параметрів - від кількості піднесучих до вибору ручного або автоматичного управління різними алгоритмами і використання модему, як аналізатор спектру або як аналізатор каналу.

Для S-FSK модем реалізує IEC 61334-5-1 стандарт (CENELEC A група). Також реалізована стандартна швидкість передачі даних 2,4 кбіт.

Універсальний модем поєднується з наступними блоками: хост контролер, кварцовий генератор, детектор нуля, комутатор, інтерфейс лінії електропередач та блок зворотного зв'язку підсилювача потужності.

На рис. 2 зображено схему підключення універсального PLC-модему.

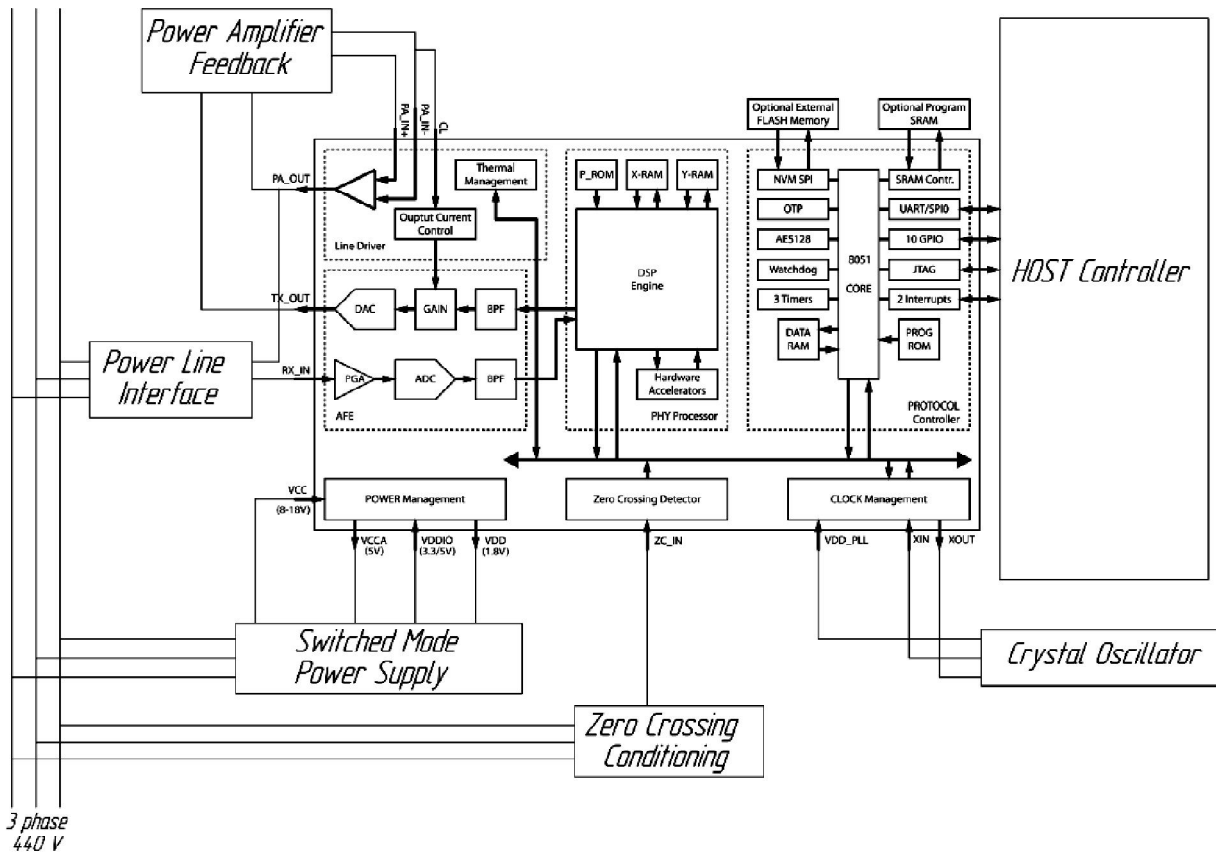


Рисунок 2 – Схема підключення універсального модему

Хост-контролер являє собою контролер об'єкту керування. Зв'язок з хост контролером здійснюється через інтерфейс UART або SPI. Кварцовий генератор - автогенератор електромагнітних коливань з коливальною системою. Кварцовий генератор з частотою 8 МГц підключений до внутрішнього формувача тактових сигналів через XIN і XOUT контакти.

Детектор нуля передає дані на аналоговий компаратор, який виявляє перехід через нуль. Комутатор є електронним джерелом живлення, що включає в себе імпульсний стабілізатор, який перетворює електричну енергію. Комутатор передає потужність від електромережі до модему, перетворюючи характеристики напруги і струму. Інтерфейс лінії електропередач забезпечує комунікацію модему з головним модемом через мережу живлення. Блок зворотного зв'язку підсилювача потужності забезпечує коректну роботу самого підсилювача.

Висновки. Для обміну даними в суднових інформаційних вимірювальних системах запропоновано новий PLC-модем, що дозволяє працювати з різними видами модуляцій (S-FSK, OFDM та ін.) завдяки зміні програмної конфігурації. Розроблено структуру модему, схему з'єднань PLC-модему з об'єктом керування та визначено функції підключених до нього блоків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Охрименко, В. PLC-технології: конкуренти и стандарти / В. Охрименко // Контроль и автоматизация. -2013. -№3. –С. 31-33.
2. Охрименко В. Модемы для PLC-связи: стандарты, производители, компоненты / В. Охрименко // Контроль и автоматизация. –2015. – №18. –С. 15-20.
3. Moose, P.H. A technique for orthogonal frequency division multiplexing frequency offset correction / P.H. Moose // IEEE Trans. Commun. – 1994. – Vol.42, № 10. – P. 2908-2914.

ДИАГНОСТИКА ВНЕШНИХ ОБВОДОВ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА В ПОЛЁТЕ

Казак В.Н., Лазарчук П.Г., Жарин И.С.
Национальный авиационный университет
(Украина, г. Киев)

Введение. В настоящее время во многих отраслях науки и техники возникает острая необходимость в определении момента, места и степени повреждения различного рода поверхностей. В авиационной отрасли является проблемой определение этих параметров в полёте – точность измерения которых во многом определяет безопасность полета и эффективность выполнения полетных задач. Сложность решения проблемы обеспечения заданного уровня безопасности полётов непосредственно возрастает в связи с повышением интенсивности использования авиационной техники, что кроме известных влияний, ведет к значительному увеличению вероятности столкновения в полете с механическими, биологическими и электрическими формированиями, а также расширением круга выполняемых летательными аппаратами (ЛА) задач. Развитие стратегии интенсивного использования авиации в локальных конфликтах заставило ведущие авиационные страны мира срочно заняться исследованиями, направленными на повышение уровня динамической живучести воздушных судов.

Поэтому разработка методов повышения живучести ЛА в условиях неопределенности внешних воздействий в полете является крайне необходимым и перспективным направлением.

Актуальность исследований и анализ последних публикаций. Анализ статистических данных международной организации гражданской авиации ИКАО показал, что более 30% авиационных происшествий (АП) происходит по причине потери ЛА управляемости в полёте, которая, в свою очередь, наступает, как правило, из-за нарушения целостности внешних обводов самолета. Такой же анализ данных Федерального управления гражданской авиации США (ФАА) показал, что ежегодно в гражданской авиации происходит до пяти больших АП, весомая часть которых приходится на столкновения самолетов в воздухе с механическими, биологическими или электрическими формированиями. Наличие своевременной, полной и достоверной информации о моменте, месте и степени повреждения внешних обводов самолета в полете позволит немедленно оценить характер сложившейся особой ситуации (ОС) и в соответствии с этим произвести необходимые управляющие действия, нейтрализующие возможность ее развития и перерастания в аварийную или катастрофическую ситуацию.

Таким образом, повышение безопасности полётов ЛА путем постоянного мониторинга, то есть диагностирования состояния внешних обводов самолета в полете становится первоочередным актуальным заданием.

Формирование целей статьи. Целью данной статьи является разработка концептуальных положений и теоретических основ диагностики состояния внешних обводов ЛА в полёте.

Изложение основного материала. Анализ публикаций, которые освещают современные подходы к диагностированию состояния внешних обводов самолета в полете показал, что это направление на сегодняшний день является достаточно новым и относительно мало развитым. На основании сравнительного анализа методологий и методов диагностирования состояния внешних обводов самолета в полете установлено, что наибольший интерес с точки зрения реализации и поддержания в постоянной готовности к использованию являются: методы диагностирования, построенные на основе регистрации изменений состояния аэродинамических сил и моментов (НАУ, Украина; NASA, USA); оптико-волоконные методы (группа под руководством профессора Н.

Такеды, Япония); емкостные методы (Boeing, USA); тепловые методы (НАУ, Украина); ионно-меточные методы (НАУ, Украина).

Метод диагностирования на основе регистрации аэродинамических сил и моментов. Внезапные повреждения внешних обводов ЛА вследствие столкновения с механическими, биологическими или электрическими формированиями приводят к мгновенным изменениям распределенных сил и моментов, и, как результат, к нарушению центровки самолета. Известно, что основным элементом, создающим подъемную силу ЛА, является крыло. Однако, одновременно с созданием подъемной силы Y , крыло всегда является источником силы лобового сопротивления X и дополнительных моментов, особенно после его повреждения.

$$\begin{aligned} X &= 0,5 C_x S_T \rho V^2; \\ Y &= 0,5 C_y S_{\Pi} \rho V^2; \\ Z &= 0,5 C_z S_6 \rho V^2, \end{aligned} \quad (1)$$

где C_x, C_y, C_z – безразмерные коэффициенты аэродинамических сил: тормозящей X , подъемной Y , боковой Z .

Аэродинамические коэффициенты сил и моментов при внезапном повреждении внешней поверхности планера являются функциями не только углов атаки α и скольжения β , числа M , высоты полета, центровки, близости земли, отклонения органов управления, конфигурации ЛА, а и функциями места, характера и степени повреждения.

Анализ зависимостей системы (1) показывает, что практически реализовать регистрацию изменений аэродинамических сил X, Y, Z можно, если непрерывно измерять изменения перегрузок.

$$\begin{bmatrix} n_x \\ n_y \\ n_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_{xa} \\ n_{ya} \\ n_{za} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \alpha & -\beta \\ -\alpha & 1 & 0 \\ \beta & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Если связать критерий оценки аэродинамического состояния ЛА с величиной среднеквадратических значений нормальной и поперечной перегрузки самолета, то по их значениям можно судить об аэродинамическом состоянии аппарата в полете. Это необходимое, но не достаточное условие диагностирования. Датчики линейных ускорений (перегрузок) $ДЛУ_X, ДЛУ_Y, ДЛУ_Z$ реагируют на момент мгновенного изменения аэродинамических сил X, Y, Z , но эти изменения могут произойти из-за турбулентности атмосферы и тогда это мгновенное изменение без повреждения внешних обводов. В работе предлагается дополнить этот набор датчиков датчиками угловых скоростей $ДУС_X, ДУС_Y, ДУС_Z$.

$$\begin{bmatrix} \dot{\omega}_x \\ \dot{\omega}_y \\ \dot{\omega}_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_x \omega_y \omega_z + K_{ax} m_x \\ K_y \omega_x \omega_z + K_{ay} m_y \\ K_z \omega_x \omega_y + K_{az} m_z \end{bmatrix} \quad (3)$$

Для определения мест размещения указанных датчиков, в работе разработана специальная матрица (Патент Украины №62925).

Диагностирование состояния внешних обводов ЛА в полете по их тепловым полям. Идея метода заключается в том, что при появлении внезапных повреждений внешних обводов мгновенно возрастает коэффициент аэродинамического сопротивления поврежденного участка поверхности, интенсификация теплообмена из-за турбулизации потока в области повреждения. Все это приводит к изменению температуры обшивки в месте появления повреждения на величину ΔT , относительно неповрежденной поверхности ЛА (Патент Украины №73709).

Предложена методология диагностирования состояния внешних обводов ЛА в полёте и на ее основе разработана математическая модель, связывающая измеренные тепловые поля неповрежденной и поврежденной части обшивки самолета:

- для неповрежденных внешних обводов:

$$Z = (X, Y_{\text{пов}}, t); \quad (4)$$

- для находящихся в i -том поврежденном состоянии:

$$Z^i = {}^i(X, Y_{\text{пов}}^i, t), \quad (5)$$

где X – n -мерный вектор, компонентами которого являются значения n входных переменных X_1, X_n ; Y – m -мерный вектор значений входных массовых переменных; Z – k -мерный вектор значений k выходных функций.

На основании формулы Сазерленда, формулы зависимости плотности сухого воздуха от температуры и формулы зависимости давления воздуха от высоты полета определено температурное число Рейнольдса, связывающее температуру невозмущенной среды с разницей температур между поврежденным и неповрежденным участками внешних обводов ЛА в полете:

$$R_{\text{ет}} = \rho b \left(\sqrt{\frac{-(T^* - T)2C_p}{r}} \right) \left(2,34 * 10^3 gh \frac{T+120}{T^{2,5}} \right), \quad (6)$$

где ρ – плотность среды; b – хорда крыла; T^* – температура внешних стенок внешних обводов крыла вследствие аэродинамического нагрева; T – температура воздуха на внешней границе пограничного слоя; r – коэффициент восстановления $r = Pr^n$, $n = 0,5$ для ламинарного потока и $n = 1/3$ для турбулентного потока; C_p – удельная теплоемкость воздуха; g – ускорение свободного падения; h – высота полета самолета.

Теоретически установлена и экспериментально подтверждена зависимость, связывающая изменение подъемной силы с разницей температур поврежденного и неповрежденного участков внешних обводов ЛА [1]:

$$\alpha = \frac{90Y * r}{\pi^2 \rho C_p (T_d^* - T) (S - \sum_{i=1}^n \iint_{S_{ai}} f(x, z) dS_{ai})}, \quad (7)$$

где $\pi = 3,14$; Y – полная подъемная сила; S – общая площадь обводов.

Таким образом, осуществляя непрерывный мониторинг температуры внешней обшивки ЛА можно определять момент, место и степень ее повреждения. Для этого разработаны методология измерения и конструкция датчика-заклепки (Патент Украины №78381).

Ионно-меточный метод определения момента, места и степени повреждения внешних обводов ЛА. Принцип действия времяпролетных ионно-меточных измерительных датчиков основан на определении времени пролета ионной меткой известных базовых расстояний. Для определения момента, места и степени повреждения обшивки крыла самолета могут использоваться одномерные и многомерные времяпролетные датчики. На данном этапе в работе экспериментально исследуется одномерный датчик повреждений. Для предложенной геометрической модели ионно-меточной электродной системы справедливы следующие соотношения:

- при отсутствии повреждений внешних обводов:

$$L_1 = V\tau_1; \quad (8)$$

- при появлении внезапных повреждений обшивки она меняет форму, а вместе с этим и зарядник смещается относительно первоначального положения:

$$L_2 = V\tau_2. \quad (9)$$

По измененному расстоянию можно судить о состоянии внешних обводов ЛА в воздухе:

$$\Delta L = L_1 - L_2 = V(\tau_1 - \tau_2), \quad (10)$$

где τ_1, τ_2 – интервалы времени пролета ионными метками базового и смещенного расстояния L_1, L_2 соответственно; V – скорость воздушного потока (воздушного судна).

Теоретически диапазон изменения критерия оценки параметров повреждения внешних обводов ЛА равен расстоянию между источниками меток и их приемниками, а также от характера повреждения.

Выводы. 1. Установлено, что существующие методы в полной мере не решают проблему диагностирования состояния внешних обводов ЛА в полёте. С точки зрения технической, экономической и эксплуатационной реализации наиболее привлекательными являются тепловой и ионно-меточный методы диагностирования состояния внешних обводов ЛА в полете. 2. Наличие своевременной и достоверной информации о состоянии внешних обводов ЛА в полёте позволит, в случае внезапного повреждения обшивки, организовать автоматическую реконфигурацию управляющих воздействий на рулевые органы и тем самым парировать последствия повреждения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Казак В. М. Системні методи відновлення живучості літальних апаратів в особливих ситуаціях в польоті : монографія. – К.: НАУ-Друк, 2010. – 284 с.
2. Казак В. М. Основи контролю та технічної діагностики : підручник. – К.: НАУ, 2013. – 300 с.
3. Патент на корисну модель : Система автоматичного діагностування аеродинамічного стану зовнішніх обводів ЛА у польоті. – №62925, опуб. 2011, бюл. №18.
4. Патент на корисну модель : Інформаційна система діагностування пошкоджень зовнішніх обводів літального апарату у польоті. – №78381, опуб. 2013, бюл. №5.
5. Патент на корисну модель : Спосіб діагностики зовнішнього обводу літального апарата на основі температурного поля площини літального апарата в польоті. – №73709, опуб. 2012, бюл. №19.

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ СХЕМ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМІНИ ТА ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАЖКОГО ОБЛАДНАННЯ ВСЕРЕДИНИ КОРПУСУ ПРОМИСЛОВИХ СУДЕН

Калнауз А.О.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова (Україна),

Терлич С.В., Гречко В.В.

Херсонське морехідне училище рибної промисловості (Україна)

Вступ. Під час докового ремонту суден рибної промисловості однією із найважливіших інженерних задач є переміщення енергетичного, технологічного та промислового обладнання всередині корпусу судна. Як доводить практика ремонту та модернізації промислових суден [1] штатних такелажних баз при цьому у схемах переміщення недостатньо, або вони можуть бути взагалі відсутніми. Існуючі методи переміщення вантажів у судноремонті, як правило, оснований на використанні приварних римів та обухів. В свою чергу це призводить до ряду недоліків, які впливають на збільшення остатніх деформацій конструкцій під час транспортування, необхідності додаткових технологічних операцій та зменшення загальної швидкості проведення технологічних процесів.

Враховуючи важливість чіткого дотримання часових параметрів у сучасному виробництві [2] виникає **актуальна** наукова задача, яка пов'язана із дослідженням прогресивних технологій, засобів технологічного оснащення у судноремонті та обґрунтуванням їх використання в умовах сьогодення.

Об'єкт та предмет дослідження. Об'єктами дослідження є рибпромислові, рибопереробні, транспортно-рефрижераторні та інші судна рибного господарства. Предметом дослідження є технології та засоби ремонту, переобладнання, модернізації та утилізації вищевказаних типів суден із урахуванням обмеженості підприємств суднобудівної та судноремонтної промисловості технологічним оснащенням [3].

Мета статті полягає у дослідженні та аналізі сучасного відновлення ресурсу суден рибної промисловості та виконання супутнього ремонту та/або переобладнання враховуючи обмеженість технологічного оснащення в сучасних умовах вітчизняних підприємств. В свою чергу поставлена мета вимагає вирішенню наступних **задач**:

- 1) проаналізувати існуючі судноремонтні бази, оцінити їх ресурси та технічний стан та обґрунтувати необхідність його відновлення за найкоротший період;
- 2) дослідити вплив остатніх та пружних деформацій та технологічних похибок виготовлення та монтажу опорних конструкцій у силових підвісках та його працездатності;
- 3) дослідити та визначити залежності вантажопідйомності обладнання та пружних деформацій від параметрів матеріалів для компенсації навантажень.

Методологічна основа дослідження полягає у теоретичних положеннях класичної механіки, теорії пружності, а також апробованих наукових методах досліджень, а саме системному підході, аналізу та методів математичної статистики, теорії ймовірності та інших.

Практична цінність дослідження полягає в тому, що отримані результати є одним із вкладів у науку, що вивчає технологію ремонту суден і організацію виробництва, а також доповнює та розвиває теоретичні знання про технологічні процеси заміни та транспортуванні всередині корпусу промислових суден обладнання, механізмів та важких виробів судового машинобудування.

Аналіз останніх публікацій за тематикою дослідження. Для здійснення вантажних операцій під час ремонту рибпромислового судна відомий ряд нетрадиційних методів переміщення обладнання без використання вантажних кранів. Перш за все це

стосується переміщення обладнання через технологічні вирізи у бортах суден. При цьому час таких технологічних операцій займає не більше двох тижнів [4]. Згідно закордонним джерелам [5] під час ремонту промислових та спеціальних суден вантажні операції, які пов'язані із технологічним та енергетичним обладнанням виконувалися за рахунок вирізів у подвійному борті під час докування.

Інший, не менш ефективний метод, який має місце в судноремонті є вивантаження та із подальшим завантаженням обладнання, яке вийшло з ладу через вирізи у днищі судна. Так на рис. 1 наведено схему технології вивантаження обладнання, яке вийшло з ладу (редуктор ГТЗА) для виконання його ремонту [4].

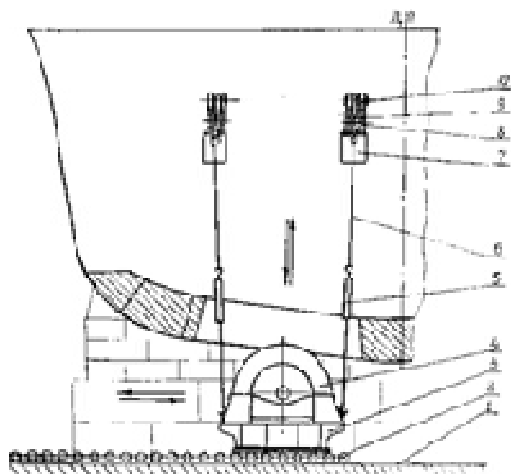


Рисунок 1 – Схема технології вивантаження та завантаження редуктора ГТЗА [4]:

1 – палуба дока; 2 – роликів доріжка; 3 – транспортувальна рама; 4 – редуктор ГТЗА; 5 – таль; 6 – строп; 7 – кронштейн; 8 – технологічна балка; 9 – проушина; 10 – ролик

До відомих та порівняльно-простих методів слід віднести також вантажні операції із судовим обладнанням із судна на судно, або з пірсу на палубу судна, що знаходиться на плаву.

Методи, які наведені вище мають ряд серйозних **недоліків**:

1) під час вивантаження та завантаження відремонтованого обладнання використовується складна операція – вертикальне переміщення вантажу на телях які практично неможливі на всьому діапазоні підіймання-опускання;

2) існує велика можливість перевантаження талей, їх розриву та обірванця вантажу. Через це в практиці виконання вантажних операцій під час ремонту суден використовуються різноманітні системи автоматизованого підтримування навантажень на пристроях.

Аналіз існуючих методів та систем автоматизованого регулювання та синхронізації навантажень у силових в'язях дозволяє прийняти до уваги ряд систем, які в значній мірі задовольняють умовам проведення ремонтних робіт на вітчизняних підприємствах. При ремонті суден, які мають специфічні обводи (особливо конструктивний диферент) – характерні для траулерів, сейнерів та промислових баз автори пропонують використовувати каткову саморегулюючу систему (рис. 2). Основна функція даної системи полягає в автоматизованому підтриманні встановлених навантажень на вантажних стопорах шляхом автоматичного переміщення парних катків або тельжок по довжині нахильних опор. Найважливішим параметром цієї системи є чуттєвість перевантажень у силових елементах при несинхронній роботі на телях. Відомо, що чуттєвість до різниці навантажень при оптимальних параметрах каткової системи не перевищує 3%. В той же час в реальних умовах досягнути оптимальних параметрів системи інколи неможливо враховуючи низьку якість її виготовлення та монтажу, якщо термін виготовлення обмежений, тобто чуттєвість такої системи буде нижче. Для обґрунтованого призначення основних параметрів системи та вибору талей було виконане

дослідження похибок виготовлення, монтажу та остатніх деформацій елементів оснащення на роботу каткової системи.

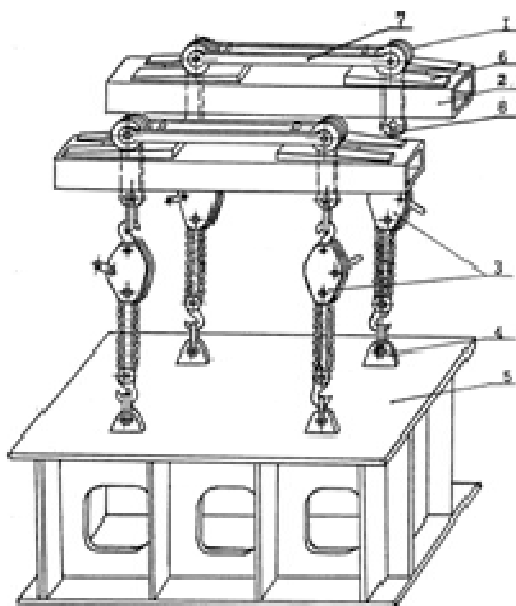


Рисунок 2 – Каткова саморегулююча механічна система : 1 – каток; 2 – технологічна балка; 3 – таль; 4 – проушина; 5 – секція корпусу; 6 – нахильна опора; 7 – в'язь; 8 – обух

При переміщенні енергетичного та промислового обладнання риболовних суден за рахунок їх масо-габаритних характеристик технологічні балки (рис. 2) пружно деформуються, що в окремих випадках може призвести до суттєвих кутових змін нахильних опор. Авторами з'ясовано, що розташування нахильних опор, встановлених симетрично відносно центру балки змінюється та призводить до однакового зменшення кутів нахилу для симетричного навантаження (рис. 3а).

Проте у випадку несиметричного навантаження має місце розвертання нахильних опор (наприклад при транспортуванні порталної щогли). Розрахункова схема технологічної балки для даного випадку показана на рис. 3б.

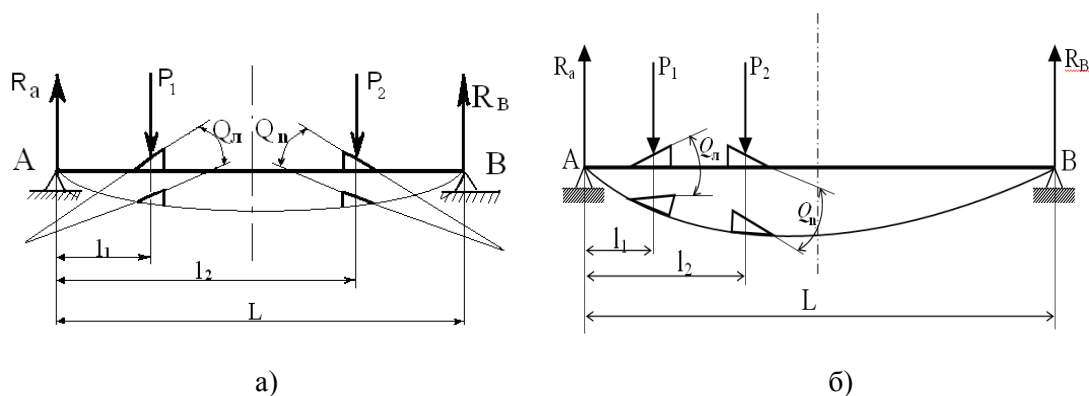


Рисунок 3 – Схема змінення кутів нахилу симетрично (а) та несиметрично (б) розташованих опор відносно центру технологічної балки

Для симетричного навантаження балок (рис. 3а) ймовірні кути нахилу опор зменшаться на одну й ту саму величину та складатимуть:

$$\alpha_{\text{ил}} = \alpha - \gamma = \alpha - \left(\eta_T \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2 + \gamma_4^2} + Q \right)$$

де η_T – коефіцієнт запасу міцності, в дослідженні прийнято 1,3; γ_1 – кутове відхилення площини балки від горизонтальної площини для встановлення нахильних опор; γ_2 – відхилення куту нахилу опори при її виготовленні від заданого кресленням значення; γ_3 – кутові відхилення при монтажі технологічних балок від заданого кресленням

положення; γ_4 – кутове переміщення нахильної опори від заданого положення враховуючи спосіб кріплення.

У результаті дослідження встановлено, що чутність каткової системи знижується із зменшенням кутів нахилу опор, при цьому визначено оптимальний діапазон цих кутів, який лежить межах $10^0 \dots 25^0$.

Авторами зроблено висновок про те, що з метою недопущення небезпечних навантажень існує необхідність підвищити жорсткість вже існуючих технологічних балок або збільшити кути нахильних опор на розрахункову величину, яка дорівнює зміненню їх положення від виготовлення, пружної деформації та умов монтажу.

В роботі досліджено вплив жорсткості балки із конкретними розмірами та навантаженнями на змінення кутів нахильних опор. На основі виконаних розрахунків змінення кутів нахилу опор на балці при симетричному її навантаженні побудовано залежності (1л та 1п) куту повороту нахильної опори від моменту інерції поперечного перетин технологічної балки (рис. 4).

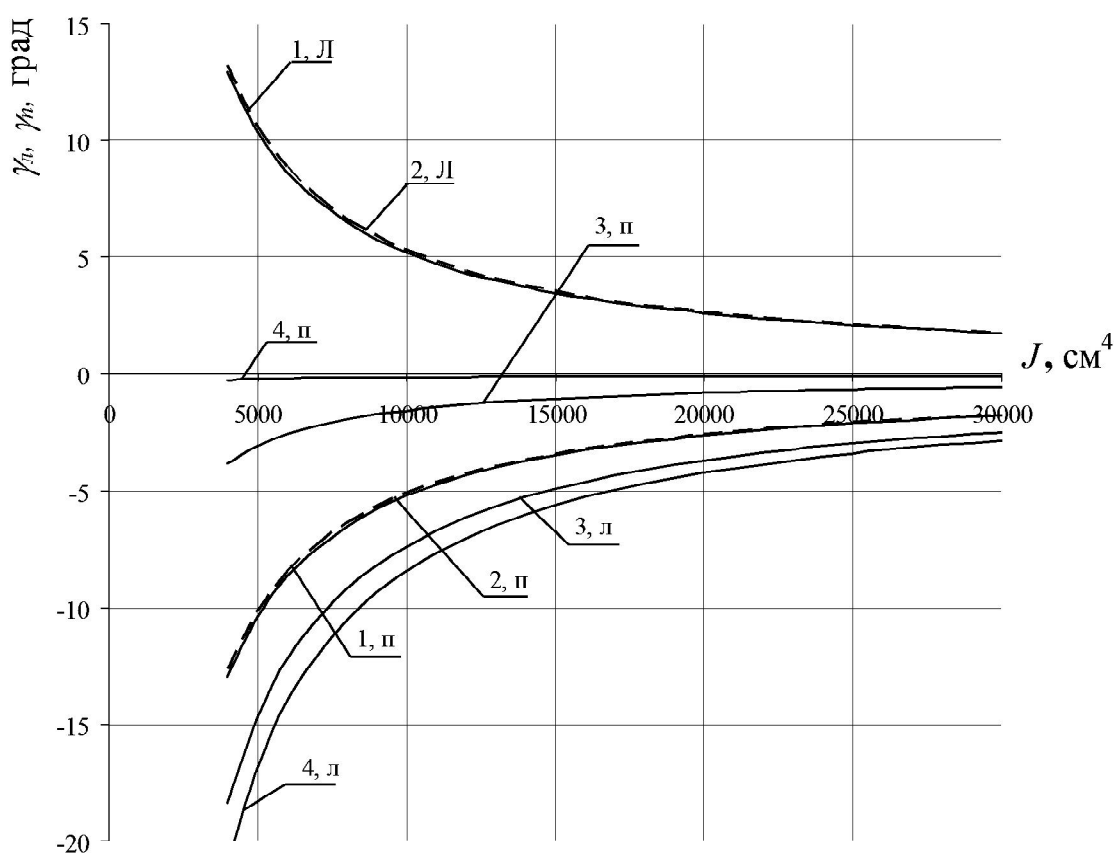


Рисунок 4 – Залежність сумарного кута нахилу лівої та правої опори від моменту інерції поперечного перетину технологічної балки:

1 – симетрично прикладене навантаження $P_1 = P_2 = 300$ кН; 2 – симетрично прикладене навантаження $P_1 = 200$ кН, $P_2 = 400$ кН; 3 – несиметрично прикладене навантаження $P_1 = P_2 = 300$ кН; 4- несиметрично прикладене навантаження $P_1 = 200$ кН, $P_2 = 400$ кН

Аналіз результатів розрахунків доводить, що при несиметричному навантаженні технологічних балок при вертикальному переміщенні симетричних та несиметричних конструкцій при розвороті опор в одну сторону із утворенням загального куту повороту більше 8^0 виникає повне розбалансування системи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Концедаева, Ж.Г. Конструктивное обоснование обеспечения эксплуатационной безопасности корпусов кораблей при восприятии интенсивных локальных нагрузок [Текст]: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.08.03) / Концедаева Жанна Григорьевна; КГТУ. – Калининград, 2010. – 159 с.
2. Про економію державних коштів та недопущення втрат бюджету. Постанова Кабінету міністрів України № 65 від 1 березня 2014 р [Електроний ресурс] <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/65-2014-%D0%BF> (останнє посилення 36 лютого 2016).
3. Цикало Н.В., Рашковський О.С., Перов В.М. Основи автоматизованого проектування технологічних процесів : навчальний посібник / Н.В. Цикало, О.С. Рашковський, В.М. Перов. – Миколаїв : НУК, 2012. – 69 с.
4. Выборгский судостроительный завод. Официальный сайт [Электронный ресурс]. – <http://vyborgshipyard.ru> / (последнее послание 23 февраля 2016).
5. Соловьёв, А.С. Оценка технического уровня и качества судового оборудования, комплектующих и материалов [Текст] / А.С. Соловьёв, Г.В. Тарица, А.В. Филимонов // Журнал «Морской вестник». – № 4(56). – СПб.: – 2015. – С. 49-50.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ МОДИФІКОВАНИХ АЛГОРИТМІВ ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ

Крупіца П.О., Лебеденко Ю.О., Рожков С.О.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Застосування двигунів змінного струму у суднових виконавчих механізмах часто пов'язане з певними труднощами, які обумовлені особливостями навантаження та режимами роботи суднової електроенергетичної системи. Наприклад, до приводу підрулюючого пристрою пред'являються наступні вимоги [1]: широкий діапазон регулювання швидкості обертання, висока плавність ходу і регулювання швидкості для запобігання виникнення ударних навантажень. При цьому ступінь впливу на судову електромережу повинна бути мінімальною. Вдосконалення процесів перетворення енергії є одним з напрямків підвищення ефективності генерації електричної енергії в автономних енергетичних системах.

Застосування частотних перетворювачів у системах електроприводів з асинхронними двигунами, що представляють собою нелінійні навантаження, приводить до підвищення рівня вищих гармонік в системах електропостачання [2]. Це викликає збільшення повного споживаного струму та втрат в живильних кабелях і трансформаторах, додаткового нагрівання трансформаторів, відхилення параметрів живильної напруги від державних стандартів, що спричиняє можливі проблеми в роботі інших пристроїв, підключених до цієї мережі. Крім того, комутаційна апаратура повинна бути розрахована на струм з урахуванням гармонійних спотворень, щоб уникнути необґрунтованих спрацьовувань захистів. У випадку використання автономних джерел живлення, їхня потужність та повний струм повинні обиратися з урахуванням гармонійних складових. Цей факт обмежує використання перетворювачів для живлення судового обладнання.

Актуальність досліджень. Таким чином, розробка силових перетворювачів для асинхронних приводів, у яких виконуються умови забезпечення високих енергетичних показників, вимагає особливих та принципово нових підходів до побудови таких перетворювачів.

Постановка задачі. Задачею дослідження є аналіз можливостей удосконалення систем керування процесами перетворення електричної енергії на основі матричних структур [3,4] для визначення шляхів подальшого підвищення їх ефективності.

Результати досліджень. Поліпшення якості перетворення електричної енергії можливо за допомогою модифікованих алгоритмів ШІМ [51]. Інвертори з безпосереднім зв'язком у таких системах відрізняються значно великими можливостями, оскільки можлива комутація не тільки нульового проводу, але і також перекомутація навантаження між окремими фазами. Математична модель навантаження при комутації нульового дроту змінюється, що еквівалентно збільшенню у два рази потужності множини допустимих конфігурацій $|S|$, внаслідок чого збільшується кількість ступенів свободи системи керування перетворенням електричної енергії. На рис. 1 наведена функціональна схема трифазного перетворювача частоти із комутацією нульового дроту; на рис. 2 – векторні діаграми напруг в системі координат, що обертається із кутовою частотою ω_{BX} .

Трифазний матричний перетворювач частоти здійснений на ключах $S_{1j}S_{3j}$, $j = \overline{1,3}$, комутація нульового дроту здійснюється за допомогою ключа S_0 . На кресленнях прийняті такі позначення: $U_{оп}$ – опорна трикутна напруга ШІМ – модулятору; U_{yj} – напруги

відповідних фаз, що модулюють, $j = \overline{1,3}$; U_{Y0} – сигнал керування ключем нульового дроту; $U_{ВНХ 12}$, $U_{ВНХ 23}$, $U_{ВНХ 32}$ – лінійні напруги на навантаженні; $U_{ВНХ i}$ – фазні напруги на навантаженні, $i = \overline{1,3}$; $U_{Нi}$, – напруги на навантаженні відповідних фаз; $U_{ВХj}$ – напруги джерела живлення. Часова діаграма роботи перетворювача представлена на рис. 3.

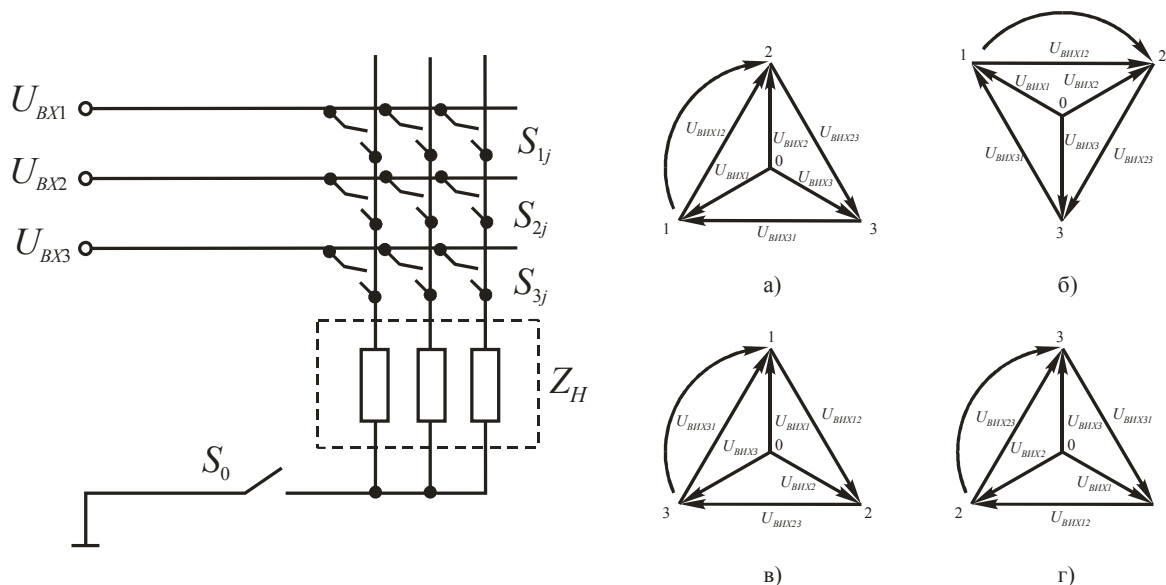


Рисунок 1 – Функціональна схема перетворювача частоти з комутацією нульового дроту

Рисунок 2 – Векторні діаграми роботи перетворювача

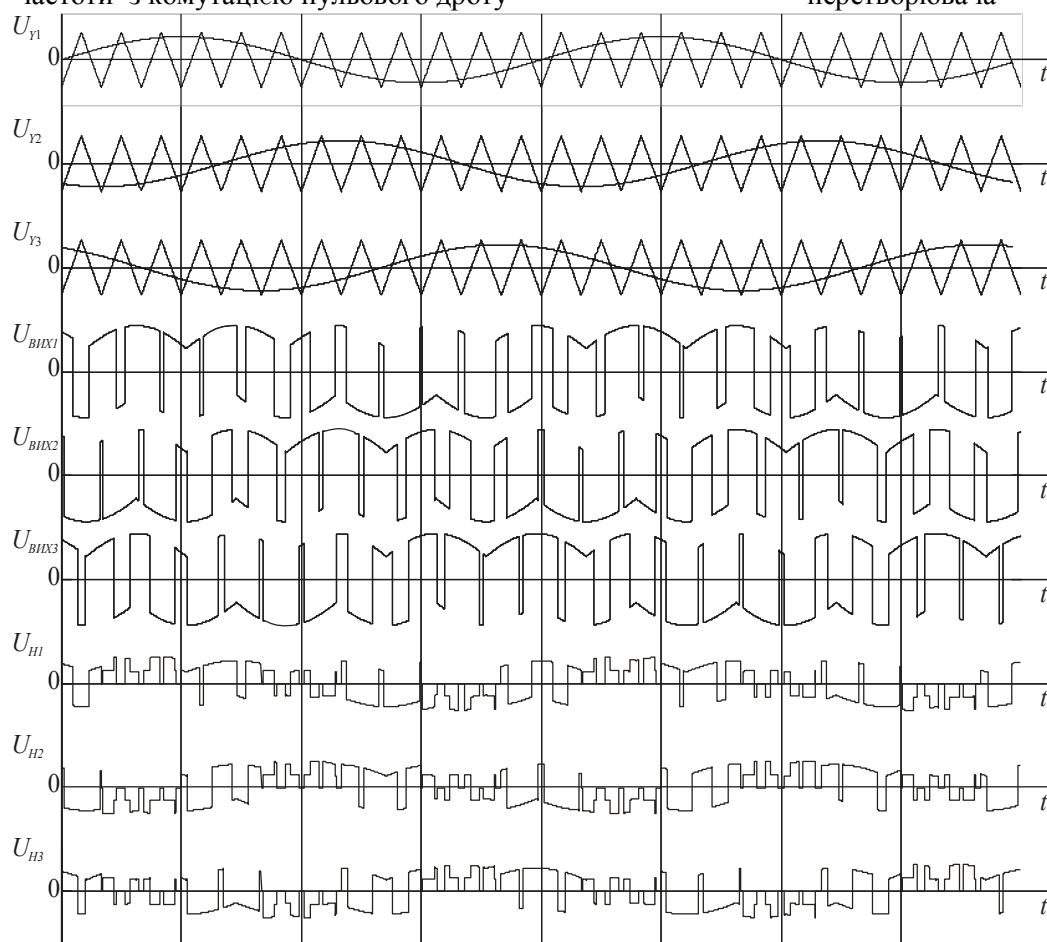


Рисунок 3 – Часові діаграми роботи перетворювача з комутацією нульового дроту

Період вихідної напруги розбивається на три інтервали по 120 електричних градусів. Протягом цих інтервалів часу силові ключі фаз перетворювача перемикаються від вхідної фази джерела живлення з максимальним значенням напруги до фази з мінімальним значенням, і навпаки, здійснюючи широтно-імпульсну модуляцію вихідної напруги.

Якщо ключ S_0 розімкнений, то навантаження увімкнуте у зірку без нульового дроту, і тоді процес формування трифазної симетричної вихідної напруги можна зобразити у вигляді системи векторів лінійних та фазних напруг, що обертаються відносно однієї точки (рис. 2,а), що відповідає фазі, відімкнутій в даний момент від мережі.

Відповідні напруги на симетричному навантаженні визначаються зі співвідношення:

$$U_{Hi} = U_{VIXi} - \sum_{l=1}^3 \frac{U_{VIXl}}{3}.$$

Якщо ключ S_0 замкнений, то навантаження увімкнуте у зірку з нейтраллю, і тоді процес формування трифазної симетричної напруги можна зобразити у вигляді системи векторів лінійних та фазних напруг, що обертаються відносно точки 0 (рис. 2б). Тоді відповідні фазні напруги визначаються як $U_{Hi} = U_{VIXi}$.

Ключ S_0 розмикається у інтервалі часу від 30 до 90 електричних градусів, (на першому інтервалі часу, коли неперервно замкнений ключ S_0).

Перший інтервал тривалістю 120 електричних градусів, закінчується тоді, коли вектори лінійних та фазних напруг при обертанні займають положення, вказане на рис. 2,в. Ключ S_0 на цьому інтервалі розмикається в період від 150 до 210 електричних градусів. Процес формування вихідних напруг в цьому випадку можна зобразити як подальше обертання системи векторів відносно точки 2 (коли ключ S_0 розімкнений) чи точки 0 (коли ключ S_0 замкнений), причому обертання векторів на другому інтервалі здійснюється від положення векторів, вказаного на рис. 2,в, до положення, вказаного на рис. 2,г. В цей момент часу розпочинається третій інтервал (формування вихідних, напруг (теж тривалістю 120 електричних градусів.). Якщо навантаження перетворювача симетричне, то на виході формується симетрична система лінійних та фазних напруг.

Висновки. Збільшення кількості можливих рівнів вихідної напруги та вхідного струму позитивно впливає на якість як перетвореної напруги, так і вхідного струму системи перетворення електричної енергії. Застосування модифікованих алгоритмів ШІМ в матричних структурах із адаптивним керуванням для живлення керованих асинхронних приводів суднових механізмів і машин дає можливість забезпечувати високу плавність ходу, регулювання частоти в широких межах та електромагнітну сумісність приводу із судновою мережею.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бабаев М.А., Ягодкин В.Я. Автоматизированные судовые электроприводы. — М.: Транспорт, 1986. — 448 с.
2. Фираго Б.И. Регулируемые электроприводы переменного тока / Б.И. Фираго, Л.Б. Павлячик. — Мн.: Техноперспектива, 2006. — 363 с.
3. Джюджи Л. Силовые полупроводниковые преобразователи частоты / Л. Джюджи, Б. Пелли. — М.: Энергоатомиздат, 1983. — 400 с.
4. Alesina A. Solid-State Power Conversion: A Fourier Analysis Approach to Generalized Transformer Synthesis / A. Alesina, M. Venturini // G.B., IEEE Transactions on Circuits and Systems. — April, 1981. — Vol. Cas-28. No.4, - pp. 319-330.
5. Пат. № 36105А, Україна, МПК H02M5/12. Спосіб керування трифазним перетворювачем частоти / Аркадьєв В.Ю., Лебеденко Ю.О.; заявник і патентовласник Херс. держ. технічний ун-тет. — № 99115993; заявл. 02.11.1999; опубл. 16.04.2001, Бюл. №3. — 5 с.

ПРИЧИНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСА ПОВОРОТА

Товстокорый О.Н.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Постановка проблемы в общем виде. При обзорно-сравнительном способе управления судном оператору кажется, что вращение происходит вокруг него, в то время когда фактически происходит вокруг полюса поворота (ПП). В большинстве случаев при таком маневрировании судна судоводитель прибегает к глазомерной оценке и руководит приложением управляющих воздействий на основании своего опыта по управлению конкретным судном и интуиции.

Это приводит к неверной оценке расстояний до ориентиров и создает предпосылки для возникновения аварийной ситуации. Вокруг ПП происходит вращение и угол дрейфа в нем равен 0° . При изменении точки приложения поперечных сил положение ПП изменяется, что существенно влияет на характер маневрирования. Особенно это проявляется при маневрировании больших парусных судов (БПС), для которых точку приложения поперечных сил корректно определить расчетным способом не представляется возможным. Знание причин и закономерностей перемещения положения полюса поворота позволит предопределить положение ПП заранее, до маневра, что зачастую является крайне важным, особенно при маневрировании больших парусных судов.

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

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

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

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

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

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

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

В работе [8] приведена методика и практическое исполнение определения ПП по тангенциальным скоростям носа и кормы.

Однако ни в одном из источников не указаны причины и закономерности изменения положения полюса поворота.

Постановка задачи. Целью данной статьи является попытка теоретического обоснования причин и закономерностей изменения положения полюса поворота.

Изложение материала исследования. Для выяснения задачи исследования рассмотрим действие сил и моментов на судно.

Вариант 1. Судно неподвижно относительно воды. На него начинает действовать боковая сила F_b . Под ее действием судно начинает совершать сложное движение: боковое

смещение в сторону действия силы и вращательное движение относительно какого-то неподвижного центра – полюса поворота (ПП) [4]. Рассмотрим это движение. Вращательное движение происходит благодаря паре сил: боковой F_b и силе сопротивления воды или гидродинамической силе F_c . Эта сила приложена в центре бокового сопротивления (ЦБС). Его положение зависит от положения ЦТ, положения ЦВ и полей давления в носу и в корме судна [6]. Мы не будем детально останавливаться на определении положения ЦБС, так как это уже было сделано в [6], а только лишь заметим, что ЦБС обычно находится недалеко от ЦТ, а при загрузке на ровный киль – недалеко от миделя. Согласно [2] можно определить положение ПП по графику зависимости от точки приложения боковой силы, а с помощью [5] – рассчитать положение ПП по формулам в зависимости опять же от положения точки приложения боковой силы. При расположении точки приложения боковой силы вблизи оконечностей судна ПП находится с другой стороны миделя на небольшом удалении. При приближении точки приложения боковой силы к миделю ПП удаляется, а при приближении боковой силы к миделю на расстояние, меньшее 23% от длины судна выходит за пределы корпуса. Также следует заметить, что при приближении точки приложения к миделю плечо момента сил, разворачивающих судно (F_b и F_c), уменьшается. Следовательно, уменьшается и вращательный момент, действующий на судно. Из этого можно сделать вывод, что при уменьшении вращающего момента ПП отодвигается дальше от миделя, а при увеличении момента – приближается к миделю.

Теперь рассмотрим вариант 2: действие сил и моментов на движущееся судно. Для упрощения задачи возьмем случай, когда судно движется с выключенными двигателями по инерции со скоростью V с рулем в положении «прямо». На него действуют силы инерции F_{in} , приложенная в центре тяжести ЦТ и сила сопротивления воды F_c . Так как на судно не действуют боковые силы, дрейф равен 0° , то положение плеча гидродинамической силы [2] можно определить согласно формуле (1)

$$\bar{l}_z = 0,5 + \frac{l_{bc}}{L} - \frac{\alpha^0}{180^0}. \quad (1)$$

где l_{bc} – расстояние от центра бокового сопротивления (ЦБС) до миделя; α^0 – угол дрейфа.

Так как дрейфа нет, точка приложения F_c будет находиться на форштевне (рис. 1).



Рисунок 1 – Судно движется прямолинейно по инерции

Теперь рассмотрим случай, когда на судно действует боковая сила F_b (подруливающее устройство, буксир, парус и т.д). В случае нескольких боковых сил рассматриваем их равнодействующую. Точка приложения силы инерции не изменится. А точка приложения силы сопротивления воды или гидродинамической силы изменится. Появится угол дрейфа α , и согласно формуле (1) плечо силы F_c изменится. Точка приложения будет находиться ближе к миделю. Направление силы тоже изменится, так как она будет параллельна направлению набегающего потока воды. Кроме того сила сопротивления воды будет приложена не к точке на ДП, а к точке на поверхности обшивки корпуса. Силу F_c можно разложить на продольную составляющую F_{cx} и поперечную составляющую F_{cy} (рис 2).

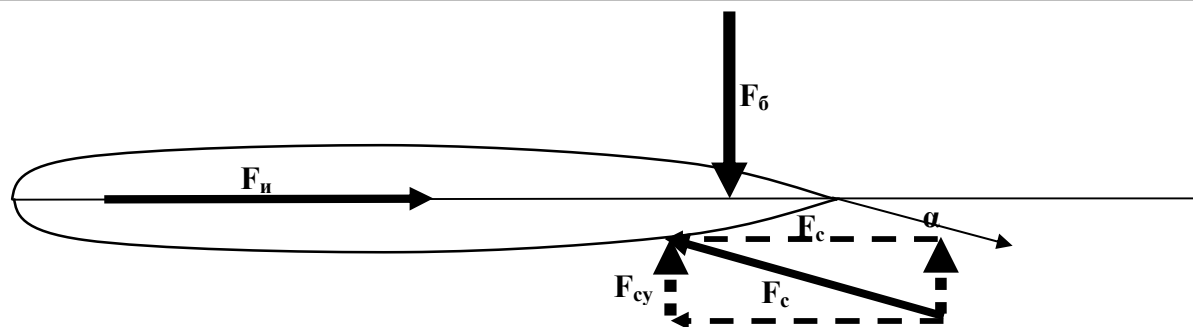


Рис. 2. Судно движется по инерции с приложением боковой силы F_b

Таким образом образуются 2 пары сил: пара $F_{и}$ и $F_{сх}$, действующих в продольном направлении и пара F_b и $F_{сy}$, действующих в поперечном направлении.

Рассмотрим, каким образом эти пары сил влияют на поведение судна. Момент пары $F_{и}$ и $F_{сх}$ всегда пытается развернуть судно в сторону действия поперечной силы (в нашем случае – по часовой стрелке). Пара F_b и $F_{сy}$ может действовать по-разному. Это зависит от взаимного положения сил. В случае, когда F_b будет находиться ближе к оконечности судна, чем $F_{сy}$, момент этой пара сил будет пытаться развернуть судно в том же направлении, что и пара продольных сил (рис. 3).

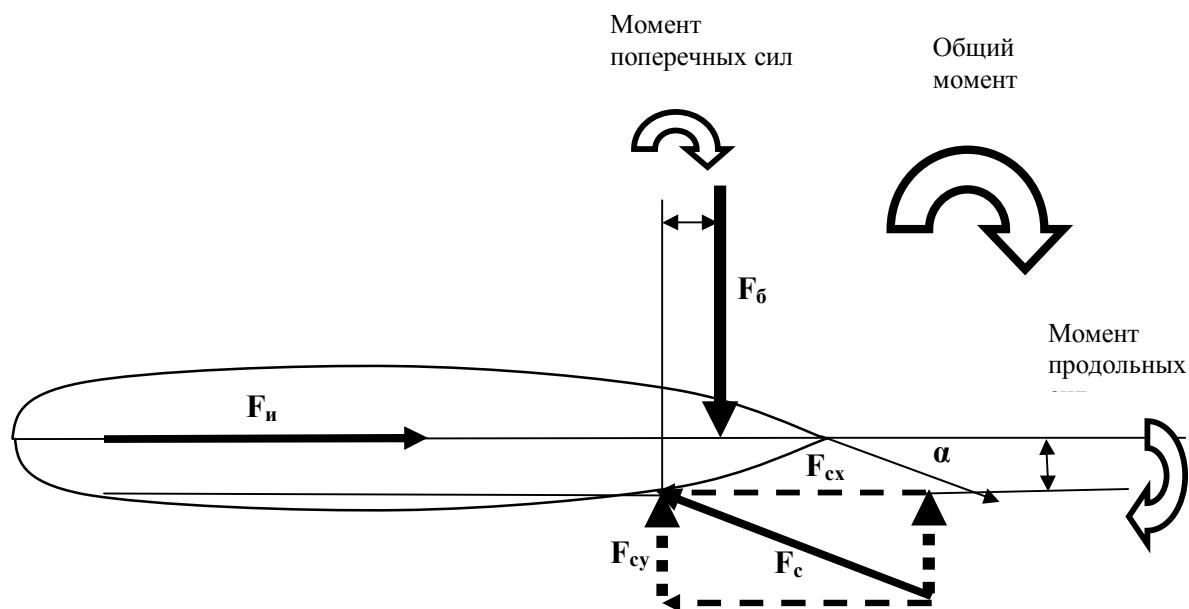


Рисунок 3 – Судно движется по инерции с приложением боковой силы F_b , точка приложения которой находится ближе к оконечности судна, чем точка приложения гидродинамической силы сопротивления F_c

В случае же, когда F_b будет находиться дальше от оконечности судна, чем $F_{сy}$, момент этой пары будет пытаться развернуть судно в противоположном направлении (в нашем случае против часовой стрелки) (рис. 4).

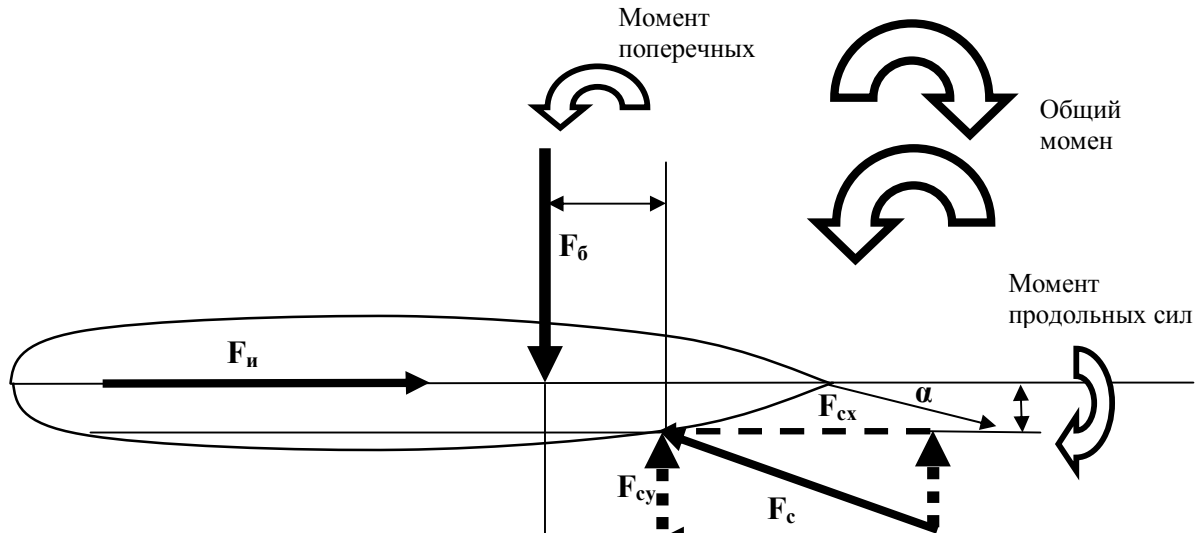


Рисунок 4 – Судно движется по инерции с приложением боковой силы F_6 , точка приложения которой находится дальше от оконечности судна, чем точка приложения гидродинамической силы сопротивления F_c

Куда будет пытаться развернуться судно, то есть, куда направлен общий вращательный момент, будет зависеть от суммы (в случае одинакового направления) или разности (в случае противоположно направленных) моментов продольных и поперечных сил. А эти моменты уже будут зависеть от соотношения сил и положения точки приложения боковой силы. В общем случае вместо силы инерции следует рассматривать равнодействующую всех продольных сил, направленных в сторону движения судна, вместо боковой силы – равнодействующую всех боковых сил.

Что касается положения ПП, то оно так же, как и при неподвижном судне, будет зависеть от общего вращающего момента. При большом вращающем моменте ПП будет находиться недалеко от миделя, а при малом моменте – на большом от него расстоянии со стороны миделя, противоположной от точки приложения боковой силы. Это все происходит в соответствии с предлагаемой теорией.

Это можно проиллюстрировать примерами. Так, следует рассмотреть примеры маневров ППС «Running on waves» под парусами [8]. Некоторые из них плохо объясняются классической теорией.

Выводы. 1. Гидродинамическая сила сопротивления воды приложена к точке на обшивке корпуса и в общем случае продольная составляющая силы сопротивления воды направлена не вдоль ДП, а параллельно ей.

2. Положение полюса поворота зависит от величины вращательного момента судна: чем момент больше, тем ПП ближе к миделю и наоборот.

3. При движении судна общий вращательный момент судна зависит от суммы или разности моментов продольных и поперечных сил, действующих на судно.

4. При движении парусного судна вперед для поворота судна под ветер необходимо приложить сильное воздействие для того, чтобы судно увалилось.

ЛИТЕРАТУРА

1. Генри Г.Хойер. Управление судами при маневрировании./ Генри Г.Хойер. Перевод с английского. – М. :Транспорт, 1992. – 101 с.
2. Демин С.И. Управление судном / Демин С.И., Жуков Е.И. и др. – М. : Транспорт, 1991. – 359 с.
3. Шарлай Г.Н. Управление морским судном./ Шарлай Г.Н. – Владивосток : Мор. Гос.ун-т, 2009. – 503 с.
4. Павельев А.Д. Определение положения полюса поворота и его учет при

маневрировании судна. Диссертация кандидата технических наук. Режим доступа к источнику: <http://www.dissercat.com/content/opredelenie-polozheniya-polyusa-povorota-i-ego-uchet-pri-manevrirovanii-sudna-0>

5. Голиков В.В., Мальцев С.Э. Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Випуск №1(8). – Херсон: Видавництво ХДМА, 2013. – С. 21-27.

6. Capt. Hugues Cauvier. The Pivot Point/ The PILOT №295. October 2008. The official organ of the United Kingdom Maritime Pilot Association.

7. G.Andy Chase. Sailing Vessel Handling and Seamanship-The Moving Pivot Point/ The Northern Mariner/Le Marin du nord, IX, No. 3 (July 1999), 53-59.

8. Товстокорый О.Н Экспериментальное определение положения полюса поворота по тангенциальным скоростям носа и кормы. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Випуск №1(10). – Херсон : Видавництво ХДМА, 2014. – С. 57-63.

ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СУДОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С УЧЕТОМ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

Худяков И.В.

ГВУЗ «Херсонское мореходное училище рыбной промышленности»
(Украина)

К одной из наиболее ответственных областей автоматизации на флоте относятся автоматизированные системы управления судовыми энергетическими установками, объединяющие системы управления главными и вспомогательными механизмами судна.

Интенсивное развитие микропроцессорных систем позволило децентрализовать процесс управления и расширить области применения локальных систем управления с сохранением «интеллектуального» уровня, доступного ранее только компьютерам центрального поста управления. Основным направлением исследований в этой области является создание способа оптимизации управления технологическими процессами энергетических установок, который обеспечивал бы получение технического результата, состоящего в улучшении эксплуатационных характеристик оборудования, а также уменьшение числа обслуживающего персонала при высокой надежности функционирования [1].

В настоящее время существует множество средств, методов и систем получения информации о техническом состоянии судовых двигателей внутреннего сгорания (СДВС) путём контроля и диагностики [2–4]. Вместе с тем необходимы совершенствование и разработка новых технологий и способов эффективного технического обслуживания и ремонта по текущему состоянию СДВС.

Зачастую для осуществления процесса управления и диагностики СДВС используются одни и те же модели, методы и технологии. Но их реализация выражается в совершенно различных аппаратных средствах. Объединение аппаратной среды управления и диагностирования позволит сделать еще один шаг вперед в сфере оптимизации и совершенствования эксплуатации СДВС.

Принимая во внимание ужесточение экологических норм, проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов, а также проблемы безопасности транспорта, связанные с отказоустойчивостью СДВС и, особенно, систем их управления, можно сказать, что задача интеллектуального управления этим объектом с учетом диагностики его состояния является актуальной.

Разработка интеллектуальных систем с использованием нечетких нейронных сетей (ННС) позволяет оптимизировать и упростить процесс управления при изменении мощности СДВС [5–8].

Судовой двигатель внутреннего сгорания является нелинейным нестационарным стохастическим объектом. Многие процессы, проходящие в нем, не поддаются математическому анализу и описанию, носят случайный характер, поэтому даже самые совершенные системы управления не способны полностью оптимизировать работу двигателя или добиться высокой точности и экономичности одновременно.

С другой стороны, СДВС в процессе эксплуатации могут подвергаться воздействиям вибрации, ударных нагрузок, влаги, соли, изменениям температуры окружающей среды в широком диапазоне и т. д. Такие воздействия ускоряют процесс деградации деталей и узлов СДВС и уменьшают их надежность. В результате параметры объекта существенно изменяются. Система управления получает лишь ограниченное количество данных о состоянии ОУ, не анализируя их, поэтому просто не способна адекватно реагировать на все вышеперечисленные изменения, бесконечно корректируя свой алгоритм, внося поправочные коэффициенты и т. д. Надежность работы двигателя падает, что недопустимо во время автономного плавания судов.

В настоящее время все, даже новейшие системы в сфере управления СДВС, в том числе на базе ННС, не используют диагностику объекта в должной мере и, как следствие, не способны выявлять, устранять и прогнозировать ресурс, дефекты и неисправности ОУ. Такие системы могут лишь автоматически защищать двигатели от аварий путем перевода в режим с меньшей нагрузкой или прекращения их работы при превышении каким-либо из параметров критического значения. Это является существенным недостатком, т. к. потенциал современных систем управления СДВС на базе ННС не используется в полной мере, а диагностика осуществляется другими отдельными программными и аппаратными средствами. Отметим, что поставленная задача выполнима для данных систем, благодаря чему одна система сможет объединить в себе вышеперечисленные качества.

Для внедрения функции диагностирования в систему управления СДВС целесообразно применять алгоритм интеллектуального управления частотой вращения СДВС с учетом диагностики состояния оборудования.

Алгоритм системы совмещает в себе две функции. Вначале система осуществляет анализ степени работоспособности, затем переходит в режим управления. Далее эти два процесса протекают параллельно.

Шаг 1. Оператор с поста управления задает нужную скорость хода судна, и, если не произведен останов двигателя, этот сигнал впоследствии преобразуется в скорость вращения коленчатого вала с поправкой на внешние факторы, препятствующие его движению. С поста управления осуществляются также пуск и останов двигателя. Датчики, установленные непосредственно в СДВС, снимают ряд характеристик ОУ для последующей обработки и использования в управлении. Все данные с поста управления и датчиков преобразуются АЦП и на их основе производится расчет работоспособности двигателя, который протекает в соответствии с моделями нейронечеткого вывода. Далее регистрируется текущее состояние СДВС, пополняется база знаний для прогнозирования состояния ОУ. Система диагностики (блок «Работать можно?») принимает решение о работоспособности СДВС. Двигатель либо пригоден для эксплуатации, либо неисправен.

Шаг 2. Если текущее состояние оборудования находится в области критических значений, т. е. оценивается как «Аварийное» или «Неисправное», то при выборе ручного режима на экран монитора выводятся рекомендации по устранению причины неполадки на основе полученных данных. Оператор сам принимает решение о дальнейшем управлении (останов, смена режима работы и т. д.). При автоматическом режиме работы система запрашивает останов оборудования у оператора. Диагностика оборудования осуществляется до полной остановки двигателя.

Рассмотрим нормальный режим работы оборудования. Здесь возможны следующие случаи: 1) оборудование полностью работоспособно; 2) оборудование исчерпало свой ресурс.

Шаг 3. В первом случае состояние оборудования оценивается как нормальное. В работу включается подсистема управления, которая производит сравнение заданной и существующей скорости вращения. До тех пор пока указанные скорости вращения равны, система находится в режиме ожидания и самодиагностики. Как только произошло отклонение скорости вращения СДВС от заданной, происходит формирование сигнала управления с использованием ННС. Далее сигнал поступает на исполнительный механизм, регулирующий подачу топлива и угол опережения зажигания. После отработки сигнала происходит повторное сравнение скоростей, и цикл диагностика – управление возобновляется.

Шаг 4. Второй случай является наиболее сложным, поскольку оборудование, с одной стороны, работоспособно, а с другой, при его дальнейшей эксплуатации, возможен аварийный останов (важную роль здесь играет период опроса датчиков). Далее вычисляется оставшееся время работы оборудования по данным из памяти и его индикация. Поведение системы в области предкритических значений на стадии внедрения системы полностью определяет оператор, поскольку именно на этих этапах происходит

формирование базы знаний и, как следствие, «ширины» области. Следует запрос о выборе режима работы. При ручном управлении выдается сообщение на останов двигателя. Самодиагностика продолжается до полного останова двигателя.

При автоматическом режиме микропроцессор сам задает оптимальную скорость вращения двигателя, отменяя установленную оператором с возможностью перехода вновь на ручной режим задания скорости. В работу вступает подсистема управления – как и в случае, когда система полностью работоспособна.

Выводы. Объединение систем управления и диагностирования:

- благоприятно отразится на экономических и экологических показателях эксплуатации СДВС;
- сократит расходы на приобретение специальных средств диагностики;
- уменьшит затраты на привлечение дополнительного экспертного персонала, ремонтное обслуживание и время простоя оборудования, а значит, и судна в ремонте;
- обеспечит безотказную, долговременную и оптимальную работу СДВС;
- поможет избежать непредвиденных и аварийных ситуаций;
- уменьшит информационную нагрузку на оператора за счет уменьшения количества обращений к состоянию и параметрам подсистемы диагностики;
- снизит возможные ложные аварийные ситуации;
- позволит получать данные о состоянии объекта управления в режиме реального времени, исключая его остановку и (или) необходимость простоя в порту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щеглов А. А. Регулирование частоты вращения судового двигателя внутреннего сгорания // Вестн. Мурман. гос. техн. ун-та. – 2006. – Т. 9, № 2. – С. 312–317.
2. Ле Ван Дием. Модели и алгоритмы технического диагностирования судовых дизельных установок в процессе эксплуатации: дис. ... канд. техн. наук. – СПб., 2006. – 177 с.
3. Ker-Wei Yu. An Intelligent Fault Diagnostic Tool for Marine Diesel Engine system by Neural Network with Fuzzy Modification. Associate Prof., Dept. of Marine Engineering, National Kaohsiung Institute of Marine Technology, Taiwan.
4. Надеев А. И., Головкин С. В., Вахромеев О. С. Интеллектуальное управление судовыми электромеханическими системами с учетом диагностики состояния оборудования по комплексному критерию качества: моногр. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2009.
5. Хрящев Ю. Е., Кирик В. В., Третьяков А. А. Использование аппарата нечеткой логики в управлении дизелем // 20 Междунар. науч. конф. «Математические методы в технологиях» (ММТТ-20), Ярославль, 28–31 мая 2007 г.: сб. тр. – Т. 7. – Ярославль: ЯГТУ, 2007. – С. 310–312.
6. Бендарик О. Б. Интеллектуальная система управления энергетической установкой. Лаборатория искусственного интеллекта / http://www.intellsoftservice.ru/energo_upr.htm.
7. Осетров А. Д. Совершенствование управления ДВС с использованием методов нечетких нейронных сетей / Старооскол. технолог. ин-т // stqwer@mail.ru.
8. Lee S. H., Howlett R. J., Crua C., Walters S. D. Intelligent Systems & Signal Processing Laboratories, Engineering Research Centre, University of Brighton, Moulsecoomb, Brighton, BN2 4GJ, UK. Fuzzy Logic and Neuro-fuzzy Modelling of Diesel Spray Penetration: a comparative study.

СЕКЦІЯ:
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА МАТЕМАТИЧНЕ
МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ОБ'ЄКТІВ

УПРОЩЕННЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОГО ПОЛИНОМА ДЛЯ СЕРЕНДИПОВЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Астионенко И.А., Давиденко П.А., Литвиненко Е.И.

Херсонский национальный технический университет (Украина),

Хомченко А.Н.

Черноморский государственный университет им. П. Могилы
(Украина, г. Николаев)

При расчете прочностных и аэродинамических свойств конструкций транспортных средств в методе конечных элементов используется серендипов конечный элемент с бикубической интерполяцией (рис. 1) [1]. Двенадцатиузловой элемент серендипова семейства относится к элементам высокого порядка и представляет особый интерес для геометрического моделирования полиномиальных базисов. Интерес к этому элементу вызван тем, что с помощью вероятностно-геометрического подхода впервые были получены альтернативные модели на данном элементе [2].

При геометрическом моделировании базисной функции достаточно воспользоваться подходящей композицией уравнений кривых и прямых, чтобы эти линии проходили через все узлы, кроме исследуемого, причем, на границе должен сохраняться соответствующий порядок интерполяции и элемент должны быть согласованным.

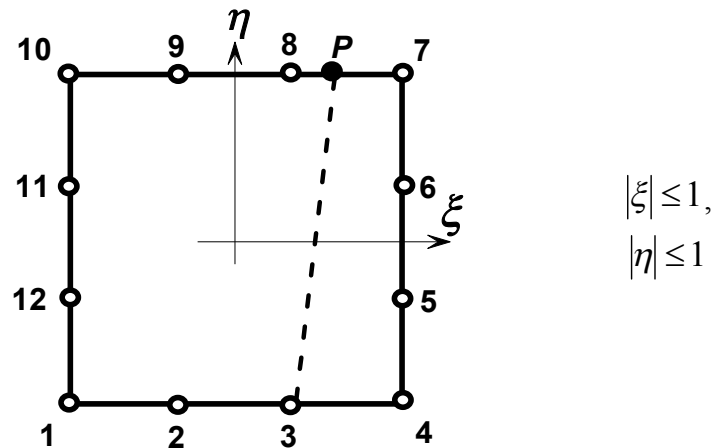


Рисунок 1 – Бикубический серендипов конечный элемент

Рассмотрим один из альтернативных базисов на этом элементе, построенный геометрическим методом. Для узла 1 возможна композиция прямых 4-7, 7-10 и параболы, ветви которой проходят через узлы 2-3 и 11-12:

$$N_1 = \frac{1}{32}(1-\xi)(1-\eta)(9\xi^2 + 9\eta^2 - 18\xi\eta - 18\xi - 18\eta - 28) . \quad (1)$$

На примере функции N_2 для альтернативного базиса покажем процедуру определения коэффициентов интерполяционного полинома при построении базисных функций для промежуточных узлов. При составлении N_2 используются всегда четыре линии: 4-7 ($1-\xi = 0$), 7-10 ($1-\eta = 0$), 10-1 ($1+\xi = 0$) и прямая, которая проходит через узел $3 \left(\frac{1}{3}; -1\right)$ и точку P на стороне 7-10 четырехугольника. Определение положения этой точки вызывает трудности, так как оно меняется в различных базисах бикубического конечного элемента.

Предложим следующий алгоритм построения базисной функции для промежуточного узла:

- 1) запишем функцию формы для узла 2 в следующем виде:

$$N_2 = k_2(1 - \xi^2)(1 - \eta)(A\xi + B\eta + 1); \quad (2)$$

2) нормировочный коэффициент промежуточной функции $k_2 = \frac{18}{32}$ определяем из условия:

$$\sum_{i=1}^{12} N_i(0;0) = 1 \text{ или } 4k_1 + 8k_2 = 1, \text{ где } k_1 = -\frac{28}{32}; \quad (3)$$

3) коэффициенты A и B в уравнении прямой 3- P вычисляем из системы двух линейных уравнений, используя свойство базисных функций, что функция N_2 равна единице в узле 2 и нулю в остальных узлах:

$$\begin{cases} N_2(2) = \frac{18}{32}(1 - \xi^2)(1 - \eta)(A\xi + B\eta + 1) = 1, \\ N_2(3) = \frac{18}{32}(1 - \xi^2)(1 - \eta)(A\xi + B\eta + 1) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Подставляя в соответствующие уравнения координаты точек $2\left(-\frac{1}{3}, -1\right)$ и $3\left(\frac{1}{3}, -1\right)$, получаем:

$$\begin{cases} -\frac{1}{3}A - B + 1 = 1, \\ \frac{1}{3}A - B + 1 = 0, \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = -\frac{3}{2}, \\ B = \frac{1}{2}. \end{cases}$$

Окончательно:

$$N_2 = \frac{9}{32}(1 - \xi^2)(1 - \eta)(2 - 3\xi + \eta). \quad (5)$$

Координаты точки $P(1;1)$ находим из следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} -3\xi + \eta + 2 = 0, \\ \eta - 1 = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Обобщенные базисные функции в альтернативном базисе, который получил название *базис с параболой*, имеют вид:

$$N_i = \frac{1}{32}(1 + \xi_i\xi)(1 + \eta_i\eta)(9\xi^2 + 9\eta^2 - 18\xi_i\eta_i\xi\eta + 18\xi_i\xi + 18\eta_i\eta - 28), \quad (7)$$

$$i = 1, 4, 7, 10, \quad \xi_i; \eta_i = \pm 1.$$

$$N_i = \frac{9}{32}(1 - \xi^2)(1 + \eta_i\eta)(9\xi_i\xi - \eta_i\eta + 2), \quad i = 2, 3, 8, 9; \quad \xi_i = \pm \frac{1}{3}; \quad \eta_i = \pm 1.$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике / О. Зенкевич. – М.: Мир, 1975. – 541 с.
2. Хомченко А.Н. Некоторые вероятностные аспекты МКЭ / А.Н.Хомченко. – Ивано-Франк. ин-т нефти и газа. – Ивано-Франковск, 1982. – 9 с. – Деп. в ВИНТИ 18.03.82, № 1213.

ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ МОРСКОГО ПОРТА ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЕГО ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ

Берестовой А.М.

Азовский морской институт

Национального университета «Одесская морская академия» (Украина),

Зинченко С.Г.

Государственное предприятие «Мариупольский морской торговый порт»

(Украина)

Введение. В современных условиях развития промышленно-транспортного региона Восточной Украины с перспективой повышения производительности, увеличения номенклатуры и объемов производства аграрного сектора требуется совершенствование работы объектов морского транспорта, в частности морского порта и особенно его инфраструктуры. Развитие морского порта должно учитывать также оборонную и энергетическую стратегии Украины. Морской порт сам по себе является сложной промышленно-транспортной системой, которая постоянно развивается и взаимодействует с другими промышленно-транспортными системами, в том числе смежными портами, производственными, внешними транспортными и другими системами.

Эффективность работы морского порта оценивается в основном эффективностью функционирования его транспортной инфраструктуры, составом и техническим состоянием ее объектов. Промышленность и транспорт Восточного региона Украины активно развиваются в силу технико-экономического развития страны и ее вхождения в мировые промышленно-транспортные системы [1]. При развитии промышленно-аграрного региона увеличивается номенклатура грузов и объемы их транспортировки через порт.

При этом транспортную инфраструктуру порта составляют процессы и объекты различных видов транспорта, в том числе автомобильного, железнодорожного, водного, объекты портофлота, погрузо-разгрузочные и складские средства, непрерывные виды транспорта и другие, которые также развиваются.

Постановка проблемы. Развитие процессов и объектов промышленно-транспортной системы порта требует значительного увеличения расходов природных, энергетических и трудовых ресурсов, поэтому необходимо принять решение, в каком направлении, какие процессы и объекты развивать с учетом повышения эффективности работы всей системы. В этих условиях возникает необходимость разработки метода адекватной оценки использования природных, энергетических и трудовых ресурсов транспортно-технологической системы (ТТС) морского порта, что позволит определить приоритетность совершенствования объектов и процессов, и на этой основе выявить направления, а также резервы экономии названных ресурсов. Синтез внутренних и внешних транспортных процессов перемещения материальных потоков между производителями и потребителями, связанными с транспортировкой грузов, описан в [3].

Предложенная схема логистически-пирамидальной транспортной системы (рис. 1) связывает в единое целое транспортные, материальные, информационные и другие логистические потоки Восточного региона Украины. Она является сложной, самодостаточной, замкнутой и одновременно взаимодействует с системами других регионов, исследована с позиций расхода природно-энергетических ресурсов (ПЭР) в ТТС порта из расчета на единицу транспортируемой продукции.

Каждый элемент системы потребляет ресурсы и производит полезно используемые в дальнейшем и неиспользуемые (вредные) отходы, загрязняющие окружающую среду. На взаимодействие транспортных систем морского порта влияют факторы: технико-технологические, природно-климатические, социально-экономические, экологические [1].

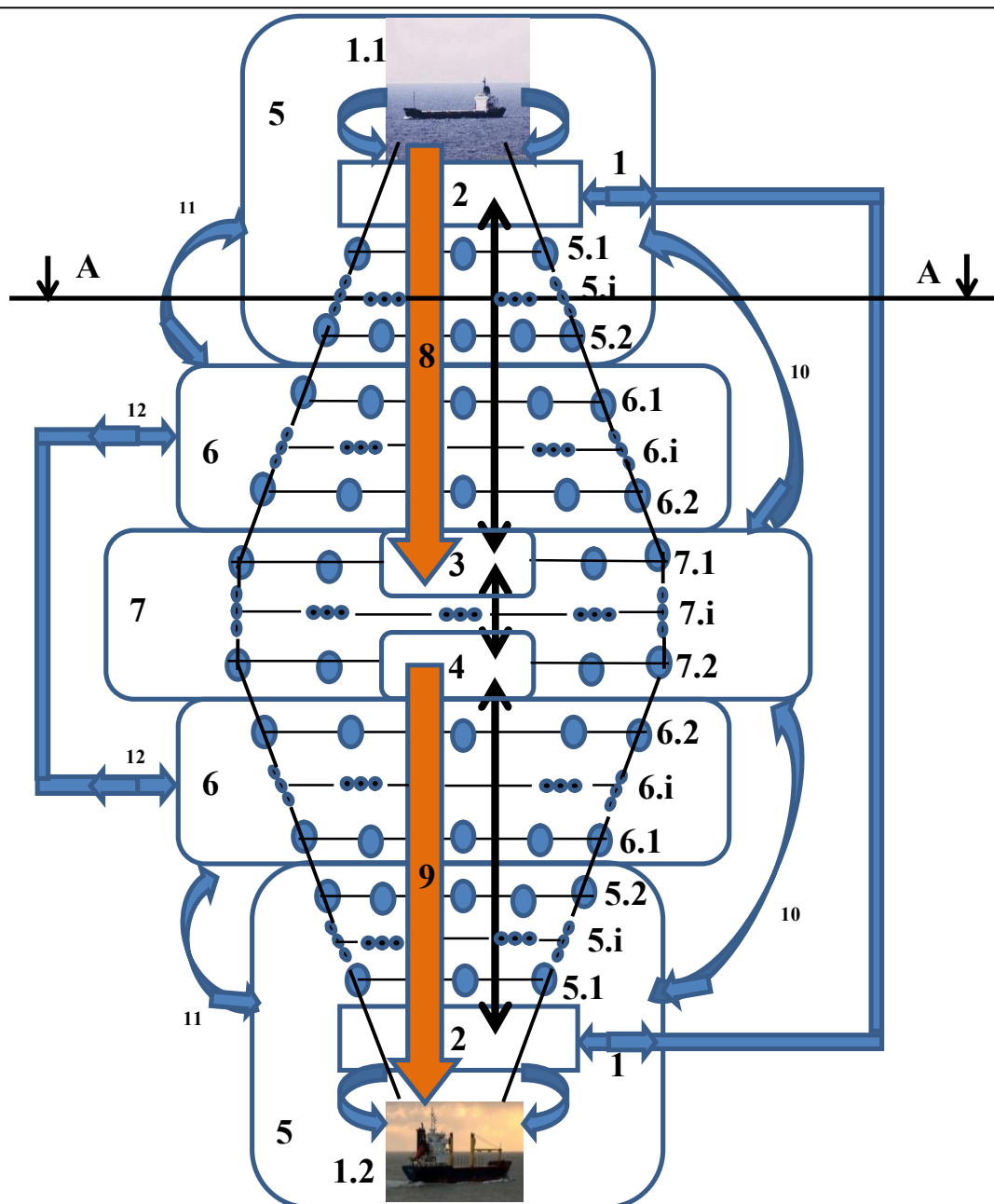


Рисунок 1 – Логистически-пирамидальная транспортная система обеспечения работы морского порта в промышленно-аграрном регионе:

1 – судно у морского порта: 1.1 – прибытие судна, 1.2 – отправление судна, 2 – причал морского порта, 3 – потребители, 4 – поставщики, 5 – транспортно-технологическая система (ТТС) порта: 5.1 – система ж/д транспорта, 5.2 – система автотранспорта, 5.i – прочие системы, 6 – внешние (для порта) ТТС: 6.1, 6.2, 6.i – системы специального, промышленного транспорта и др., 7 – ТТС производителей и потребителей: 7.1, 7.2, 7.i – магистральный транспорт, складские и другие системы, 8 – выгрузка груза с судна, 9 – погрузка груза на судно, 10 – взаимосвязи ТТС порта и ТТС производителей (потребителей), 11 – взаимосвязи ТТС порта с внешними ТТС, 12 – реверсивные связи внутри ТТС порта; сечение по АА – составляющие (рис. 2а и 2б) конкретной ТТС, отдельного вида транспорта в ТТС морского порта

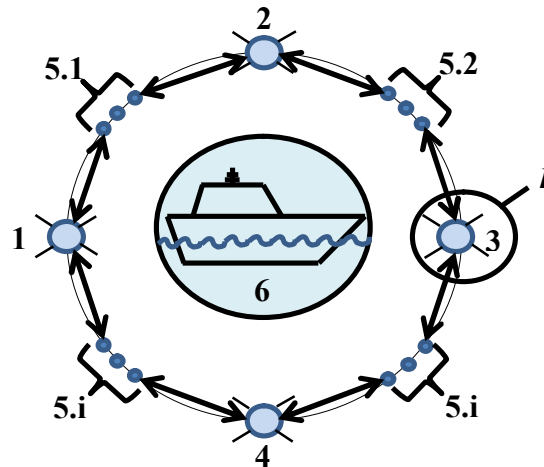


Рисунок 2 – Схема составляющих отдельных процессов и объектов ТТС порта:
 1 – причал, 2 – погрузочно-разгрузочные средства, 3 – средства транспортировки и перемещения груза (*I*, выделен в рис. 3), 4 – склад, 5 – объекты и процессы управления: 5.1 – механизации и автоматизации, 5.2 – хранения, доработки и подготовки груза, 5.i – техобслуживания и ремонта транспортной подсистемы и др., 6 – судно под грузовыми операциями в порту

Составляющие систему процессы и объекты показаны на рис. 2, который представляет собой структуру разреза по А-А рис. 1, а именно – взаимные связи составляющих процессов и объектов конкретной ТТС морского порта.

На рис. 3 представлена схема потребляемых ресурсов отдельным (*I*-м) объектом ТТС порта.

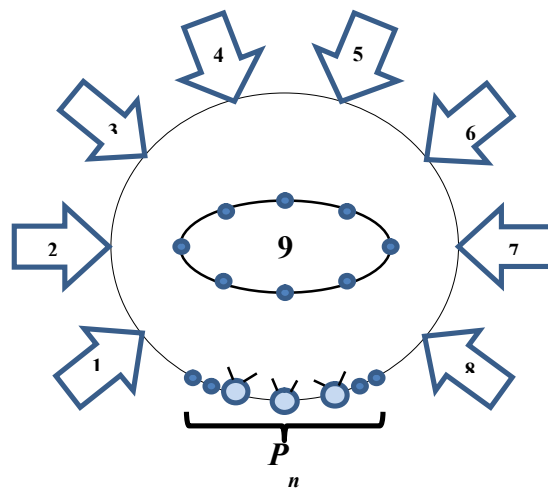


Рисунок 3 (объект (*I*) рис. 2.) – Схема потребления природно-энергетических и трудовых ресурсов отдельными объектами и процессами одной из ТТС порта:
 1 – атмосфера, 2 – гидросфера, 3 – литосфера, 4 – фитосфера, 5 – биосфера, 6 – территории, 7 – трудовые ресурсы, 8 – энергоресурсы, 9 – отдельный объект ТТС порта, P_n – расходные ресурсы ТТС порта (кроме рассматриваемых в пп. 1-8)

Взаимосвязь между узлами системы, а также количественные характеристики ее связей могут быть представлены с помощью матриц смежности и потоков [2].

Поскольку логистически-пирамидальная система (рис. 1) объединяет несколько ТТС: поставщиков, внешнего транспорта, порта и потребителей, соответственно имеются несколько уровней переменных на уровне ТТС порта (рис. 1, поз. 5). При этом рассматривается отдельный объект ТТС порта (рис. 2, поз. 3), где учитывается количество и интенсивность потребления ресурсов, объемы перевозок грузов от поставщиков в порт и из порта потребителям, вид транспорта.

Математическая модель решения данной многокритериальной задачи может иметь цель найти значения переменных x_i^r , Y_{ijk}^t , $Y_{\varphi i \psi}^t$, при которых минимизируется величина целевой функции [4]:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^{R_i} G_{um.mi}^r x_i^r + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l S_{ijk}^t (1+E)^{T-t} Y_{ijk}^t + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^m \sum_{\psi=1}^{\Phi_{\psi}} S_{\varphi i \psi}^t (1+T)^{T-t} Y_{\varphi i \psi}^t \quad (1)$$

В современных условиях оценки в ТТС использования природно-энергетических и трудовых ресурсов иногда недостаточно верно определяется и учитывается ценность ПЭР.

На основании исследований [3] использование ПЭР в ТТС в стоимостном выражении представлено на диаграмме рис. 4, из которой видно, что литосфера и фитосфера являются наиболее дорогостоящими составляющими по затратам на 1 тонну транспортируемого груза. В то же время, такие затраты, как гидросфера, энергетические и трудовые ресурсы являются наименее ценными.

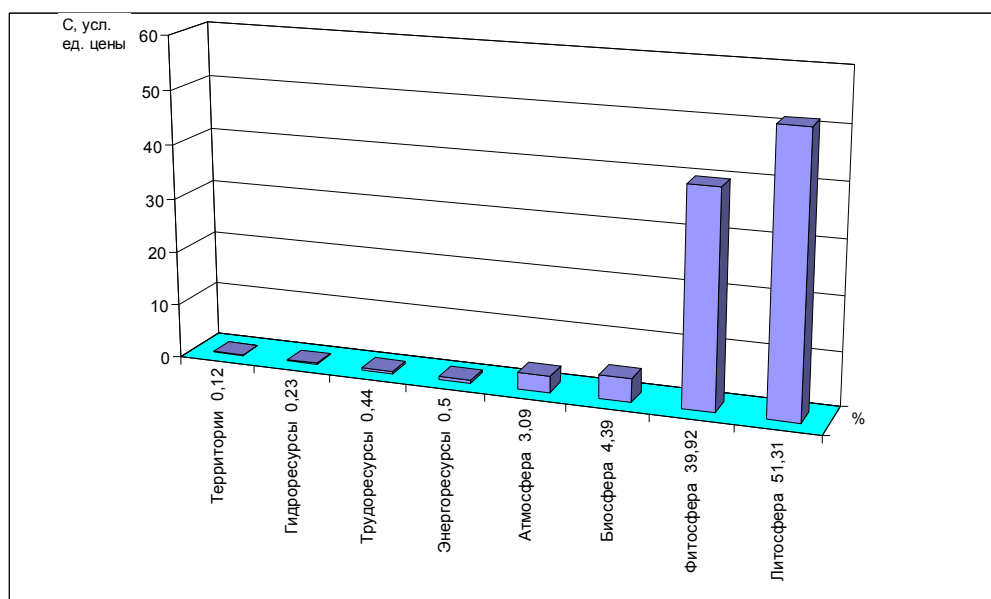


Рисунок 4 – Гистограмма распределения затрат ПЭР в стоимостном выражении на одну тонну транспортируемого груза в ТТС

При этом, интересы каждой отдельной системы транспорта, даже в конкретной системе, между ее составляющими, создают противоречивые ситуации по приоритетам развития и взаимоувязки значительного количества, порой взаимоисключающих, отдельных технологий и объектов. В этом случае оценочные критерии также могут быть противоречивыми. Из методов многокритериальной оптимизации для данных условий развития ТТС наиболее приемлемыми являются человеко-машинные процедуры, в которых применим диалог лица, принимающего решение и ЭВМ. При этом не требуется задавать функцию предпочтения в явном виде. Для реализации алгоритма требуется минимум информации лица, принимающего решение о функции, который необходим для проведения вычислений [5].

Выводы. Анализ процессов и объектов ТТС морского порта показал, что при значительном уровне ресурсосбережения не существует соответствующих методов их оценки, позволяющих выбрать рациональное направление повышения эффективности работы транспортных объектов порта. Классификация систем, их взаимодействие, а также внутренние связи между их элементами представляет собой сложную проблему, которая еще не полностью разрешена в науке, в частности, оценки многокритериальных транспортных систем с учетом затрат ПЭР, и поэтому данная проблема требует дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берестовой А. М., Зинченко С. Г., Хлопецкая Л. Ф. Проблемы эксплуатации и ремонта объектов транспортно-технологической системы морского порта в условиях его развития // Судовождение: Сб. науч. трудов / НУ ОМА, Вып. 26. – Одесса: «ИздатИнформ», 2016. – С. 175-182.
2. Сай В.М. Планетарные системы управления на железнодорожном транспорте. – М.: ВИНТИ, 2003. – 336 с.
3. Берестовой А. М. Синтез процессов и объектов в материальных потоках транспорта затвердевающих жидкостей: Дисс. доктора техн.наук. // Мариуполь, ПГТУ. – 2002. – 528 с.
4. А. И. Семененко, В. И. Сергеев // Логистика. Основы теории: Учебник для вузов. – СПб.: Издательство «Союз», 2001. – 544 с.
5. Вопросы анализа и процедуры принятия решений. // Сборник переводов. Под редакцией И.Ф.Шахова. (пер. с англ.) – М.: Мир, 1976. – 232 с.

ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННЫХ САУ СУДНА НА ОСНОВЕ ПЯТИ ПАРАМЕТРОВ

Богданов А.В.

Каспийский институт морского и речного транспорта – филиал Волжского государственного университета водного транспорта
(Российская Федерация)

Введение. Современное судно характеризуется наличием многоуровневых интегрированных систем автоматического управления (САУ) [1, С. 38-44]. Математическая модель интегрированных САУ включает постановку задачи, выделение отдельных структурных единиц, каждая из которых предназначена для выполнения определённой цели. Каждая из подсистем интегрированных САУ связана с другими подсистемами вертикальными и горизонтальными, прямыми и обратными связями. Между структурными единицами должна быть конструктивная, информационная, программная, метрологическая, энергетическая и другие совместимости. Структурные единицы модульно-иерархической интегрированной САУ располагаются по их значимости. В структурных единицах или в отдельных подсистемах, для возможности расширения функций, модернизации, дальнейшей автоматизации и так далее используется так называемый принцип открытости, позволяющий делать замену отдельных структурных единиц.

Актуальность работы. Развитие САУ в настоящее время является одной из наиболее прогрессирующих областей техники. На создание программного обеспечения САУ, использующего методы математического программирования, тратится значительная часть финансов и времени при создании современного судна.

Для интегрированных САУ имеет значение определение границ и условий выделения структурных единиц, которые до настоящего времени не определены. Структурные единицы, условия их выделения и связи между ними, включая обратные связи, играющие ключевую роль в образовании любой структурной единицы, во всех перечисленных характеристиках интегрированных САУ в значительной степени опирается на интуицию, опыт разработчиков и другие показатели, которые трудно моделировать при создании реальных систем автоматизации.

В связи с возрастанием уровня автоматизации условия выделения структурных единиц, исследования связей между ними, в частности, обратных связей, приобретает первостепенное значение. Актуальность предлагаемой работы состоит в предложении новой модели на основе пяти параметров, позволяющей найти новые закономерности между перечисленными выше характеристиками интегрированных САУ, что существенным образом упрощает их моделирование.

Постановка задачи. В предыдущих работах нами строились экономические модели судовых энергетических установок на основе математики с четырьмя параметрами [2]. Отличительной особенностью предлагаемой модели интегрированной САУ является наличие новой независимой переменной величины - времени, которую мы предлагаем ввести в качестве нового параметра. Невозможно представить автоматические системы без учёта времени, как параметра. Модели, в которых в качестве параметра выступает время, будем называть не математическими, а физическими моделями. В работе [3] нами была предложена модель САУ с пятью параметрами, включающими время, на основании которой проанализирован механизм обратных связей, его роль в системах автоматического управления судовыми дизелями.

Целью настоящей работы является интерпретации некоторых понятий интегрированных САУ в терминах физической модели с пятью параметрами. В работе определены новые закономерности между перечисленными выше характеристиками

интегрированной САУ, что исключают в какой-то мере влияние интуиции и опыт разработчиков и упрощает тем самым её моделирование.

Результаты исследований. Рассмотрим основные определения САУ судна в интерпретации её физической модели на основе пяти параметров, четыре из которых могут соответствовать, например, аксиоматике геометрии [4].

Система управления – систематизированный набор средств воздействия на подконтрольный объект для достижения этим объектом определенной цели. Если объектами управления являются люди, то данные системы называют менеджментом. Если САУ работают с частичным участием человека, то они называются автоматизированными. Если САУ работают без участия человека, по составленной им программе, то они называются системами автоматического управления.

Отсюда, первый из пяти параметров предлагаемой физической модели интегрированных САУ определяет вид структурной единицы – мерности соответствующего пространства. Если расстояние от него до следующего параметра соответствует геометрическому расстоянию, то система относится к геометрии. Если денежной единице, то к экономике и так далее.

Два параметра могут представлять собой датчики (например, температуры, влажности, давления атмосферного воздуха) или управляющие сигналы командной системы. Показания датчиков и сделанные, согласно этим показаниям управляющие сигналы (множества чисел) относятся к случайным (мнимым) величинам, соответствующим мнимым точкам на отрезке. Показания датчиков представляются с учётом их погрешности измерения, определяемой вероятностными методами. Отрезок в геометрии однозначно определяется двумя параметрами, длина которого представляется с определённой погрешностью, определяемой вероятностными методами.

Задачу математического, в частности, линейного программирования можно представить в виде четырёх параметров: троих параметров, определяющих систему ограничений и целевой функции, играющей роль обратной связи. Система ограничений в САУ определяет воздействие внешних воздействий на объект управления. Одним из троих параметров системы ограничений является множество чисел – коэффициентов в соответствующих выражениях, определяющих коэффициенты в целевой функции и осуществляющих таким образом обратную связь.

5. Четвёртым параметром является время, наличие которого разделяет характеристики САУ на статические и динамические характеристики. Для связи статических и динамических характеристик используют понятие установившегося или стационарного процесса, при котором время условно равно бесконечности. Переход с неравновесного процесса в стационарный режим называется **релаксацией** или **переходной характеристикой**, зависящей от времени.

6. Пятым параметром САУ является значения коэффициентов в целевой функции. Если эти коэффициенты совпадают с характеристиками самого человека, то система относится к субъектам – не автоматическим системам. Если этим структурным параметром является программа, созданная человеком, то система относится к объектам, которые управляются человеком. Программа включает целевую функцию, обратную связь и датчики, с помощью которых осуществляется обратная связь. Автоматические системы, содержащие обратную связь относятся к замкнутым САУ, не содержащие обратной связи – к разомкнутым САУ, действующие по заданной программе.

Целевая функция обуславливает с одной стороны образование обратной связи, а с другой стороны – структурной единицы. Новая структурная единица, содержащая пять параметров, может представлять один параметр при образовании структур более высокого ранга. Представленный с помощью математики с четырьмя параметрами механизм образования обратных связей и его роль в любой структурной единицы является универсальным и относится к общей теории систем.

Предлагаемые нами модели на основе четырёх или пяти параметров относятся к общей теории систем, носят универсальный характер и могут быть использованы в различных областях познания. Например, не существует строгого разделения между математическими и физическими понятиями. Мы предлагаем, понятия с четырьмя параметрами относить к математическим понятиям, а с пятью – к физическим.

Рассмотренные зависимости между структурными единицами широко используются в природе и технике. При учёте дополнительного четвёртого параметра может нарушаться однозначная зависимость между входящим и выходящим сигналом (гистерезис) в полупроводнике и возникнуть отрицательное дифференциальное сопротивление (ОДС) S - или N – типа [5, с.16-21]. Например, воздействие нагрева полупроводника протекающим током, как четвёртым параметром, может приводить к образованию обратной положительной связи по току и ОДС S – типа.

Воздействие донорно-акцепторной рекомбинации неравновесных носителей заряда может приводить к образованию обратной положительной связи по напряжению и ОДС N – типа. В результате гистерезиса возникает новая структурная единица. В случае с ОДС могут возникнуть колебания тока или напряжения. Аналогичный процесс происходит в цикле Карно или гистерезисе ферромагнетика [6], в результате изменения параметров, в которых, выполняется работа или запасается энергия электромагнитного взаимодействия между доменами, соответственно. Причём площадь данного гистерезиса равна – отдельной структурной единицы, соответственно работе или запасённой энергии.

В автоматизированных системах управления обратные связи являются неотъемлемой частью, приводящие к образованию новых структурных единиц, например, блоков управления. Аналогичные модели с использованием четырёх параметров, обратных связей и образованием новых структурных единиц возникают и в живой природе.

Выводы. Использование физической модели интегрированных АСУ судна с пятью параметрами позволяет глубже понять их структуру и назначение, связать с аналогичными структурами в других областях техники, использовать разработанный нами аппарат математики с четырьмя параметрами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вагущенко Л.Л., Цымбал Н.Н. Системы автоматического управления движением судна. – 3-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Фенікс, 2007. – 328 с.
2. Богданов А.В., Радин В.К. Формальная вероятностная модель технического потенциала судовой энергетической установки // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон: Вид-во ХДМА, 2012. – №1 (6) – С. 191-197.
3. Богданов А.В. Механизм возникновения обратных связей и его роль в системах автоматического управления судовыми дизелями. - Научная дискуссия: Инновации в современном мире. Сб. ст. по материалам XLIII международной заочной научно-практической конференции - № 11 (42). Часть 1. – М.: Изд. «Интернаука», 2015. - с.24-28.
4. Богданов А.В. От аксиоматики Евклида к вероятностной аксиоматики геометрии. – «Научная дискуссия: вопросы физики, математики, информатики»: материалы VII международной заочной научно-практической конференции. Часть 1. (05 декабря 2012 г.) – Москва: Изд. «Международный центр науки и образования», 2012. – С. 25-40.
5. Богданов А.В., Викулин И.М. Приборы на основе полупроводниковых алмазов : Монография: Москва: ЦНИИ «Электроника». – Обзоры по электронной технике. Сер.2. - Полупроводниковые приборы, 1987, вып.3 (1274). – С. 56.
6. Богданов А.В. Модель магнитного гистерезиса ферромагнетиков на основе донорно-акцепторной рекомбинации неравновесных носителей заряда. // Вестник Дагестанского государственного университета. 2015. Вып. 6. – С. 42-49.

ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ИРРАЦИОНАЛЬНЫХ И МНИМЫХ ЧИСЕЛ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЙ В ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Богданов А.В.

Каспийский институт морского и речного транспорта – филиал Волжского государственного университета водного транспорта
(Российская Федерация)

Введение. Дифференциальное и операционное исчисление, оптимизационные и другие методы решения физических задач часто используют иррациональное число e и комплексные числа, приписывая им свойства обычных чисел. В вероятностной математике с четырьмя независимыми переменными (параметрами) трактовка и свойства данных чисел существенно отличаются от принятой в известной математике [1].

В известной математике числовая ось содержит все действительные числа, включая иррациональные числа. Иррациональные числа нельзя интерпретировать в классическом понимании числа, как некоторого расстояния между точками. Согласно известной задаче о квадратуре круга, не существует отрезка, длина которого определяется иррациональным числом. В вероятностной математике числовая ось содержит только рациональные числа. Математические операции между числами возможны только при одинаковом эталоне их измерения. Например, умножение бесконечно малого числа на целое число не изменяет его величины. Добавление до целого числа бесконечно малого числа, также не изменяет его величины.

Введение иррациональных чисел необходимо для проведения математических операций между числами с разными эталонами измерения. Иррациональное число e , например, позволяет проводить математические операции с выражениями, содержащими как рациональные, так и бесконечно малые числа, так как равно отношению эталонов их измерения.

В вероятностной математике с четырьмя параметрами предполагается, что человек может представить предметы, которые определяются только тремя параметрами. Если для описания предметов (чисел или геометрических фигур) используется больше переменных, чем три, то только три из них относятся к действительным величинам, а остальные – к мнимым величинам. Смысл решения любой математической задачи сводится к уменьшению числа переменных до трёх.

В данной работе анализируется необходимость использования данного аппарата при решении соответствующих уравнений теории автоматических систем управления (АСУ) судовых энергетических установок (СЭУ) и физический смысл, получаемых в результате используемого данного математического аппарата иррационального числа e и мнимых чисел.

Актуальность работы. Автоматизация, программное обеспечение технических изделий являются на сегодня наиболее востребованными в обществе. Программное обеспечение наиболее современных технических изделий сегодня достигает половины стоимости всего изделия. Теория АСУ при моделировании сложных объектов, включая живых существ, в первую очередь нуждается в понимании физического и математического смысла величин и символов, используемых в теории. Поэтому предлагаемые в настоящей работе исследования физического смысла иррациональных и мнимых чисел является актуальной задачей.

Постановка задачи. Для нахождения физического смысла иррационального числа e и мнимых чисел в работе сравниваются результаты их исследований в математике с четырьмя параметрами и результатов их использования в теории АСУ СЭУ. Результаты таких исследований могут быть использованы в дифференциальном и операционном

исчислениях, при решении оптимизационных задач, то есть они имеют универсальный характер [2].

Целью данной работы является подтверждение математического смысла иррационального числа e и мнимых чисел с их физическим смыслом в уравнениях, используемых при моделировании процессов в моделях АСУ СЭУ.

Результаты исследований. Примером физического прибора, преобразующим непрерывные величины внешнего воздействия на объект управления в дискретные величины (сигналы), направляемые от командной системы (КС) на объект управления (ОУ) может служить, например, в системах автоматического регулирования (САР) уровня жидкости, поплавков. Управляющий сигнал с КС системы подаётся дискретно, только при наперёд заданной величине отклонения уровня жидкости от заданного уровня.

Связь между приращением регулируемого параметра y (уровня жидкости) и приращением координаты регулирующего органа (сигнала КС) x определяется дифференциальным уравнением:

$$T_0 \frac{dy}{dt} + y = k_1 x,$$

Решением данного уравнения является переходная функция, зависящая от времени t :

$$y = k_1 x_c \left(1 - e^{-\frac{t}{T_0}} \right)$$

где T_0 называется постоянной времени объекта, а k_1 - коэффициентом усиления.

В течение бесконечно большого промежутка времени t установившееся значение регулируемого параметра y равно $k_1 x_c$.

Иррациональное число e в переходной функции используется для связи двух множеств чисел, имеющих разные эталоны измерения: дискретного приращения координаты регулирующего органа x и непрерывного регулируемого параметра y . Эталон измерения дискретных величин, согласно вероятностной математике, является отрезок, однозначно определяемый двумя точками (параметрами), а эталон измерения непрерывных величин y – бесконечно малая величина, определяемая одним параметром. Физический смысл использования числа e в данных выражениях заключается в объединении математических операций над числовыми множествами с разными эталонами измерения.

Аналогичную роль играет число e в преобразовании Лапласа, которое используются при операционном исчислении. Операционное исчисление интегро-дифференциальных уравнений основано на преобразовании Лапласа, которое изображает функцию действительной переменной $f(t)$ в виде функции $F(s)$ комплексной переменной $s = \sigma + iw$ [3]:

$$F(s) = L[f(t)] = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt$$

То, что в преобразовании Лапласа (L) с действительной функции $f(t)$, называемой *оригиналом* следует новая функция $F(s)$, называемая *изображением* удобно представить в виде:

$$f(t) \Rightarrow F(s)$$

Процесс нахождения изображения для заданного оригинала и обратно, нахождение оригинала по известному изображению называется *операционным исчислением*.

Переход от интегро-дифференциальных уравнений к алгебраическим уравнениям происходит согласно выражениям:

$$\int_0^t f(t) dt \Rightarrow \frac{1}{s} F(s)$$

$$\frac{f(t)}{t} \Rightarrow \int_s^{\infty} F(s) ds$$

Представленные выражения перехода от оригинала к его изображению и наоборот в преобразованиях Лапласа получены при их дифференцировании или интегрировании. Связь между оригиналом $f(t)$ и его изображением – функции $F(s)$ комплексной переменной $s = \sigma + iw$ представлена в виде показательной функции, то есть, с использованием иррационального числа e .

Одним из условий использования преобразования Лапласа являются требования, чтобы функция $f(t)$ была кусочно-непрерывной и на каждом конечном промежутке имела конечное число точек разрыва первого рода. Данное условие необходимо для выполнения роли числа e , описанной выше.

Появление мнимых величин обусловлено четвёртым параметром на плоскости [4]. Например, использование преобразований Лапласа и операционного исчисления в теории цепей переменного тока обусловлено необходимостью учитывать дополнительный четвёртый параметр.

Смысл иррационального числа e и мнимых чисел имеет универсальный характер и используется, например, в квантовой механике (волновая функция) для выделения структурной единицы – элементарной частицы (известный дуализм волна-частица), которая также должна определяться пятью выделенными нами в данной работе параметрами.

Выводы.

1. Математический смысл иррационального числа e , полученный в математике с четырьмя параметрами, как отношение эталонов измерения рациональных и бесконечно малых чисел, подтверждается в моделировании АСУ.

2. Математический смысл мнимого числа, как числа зависящего от действительных чисел, может быть использован для интерпретации выделения структурных единиц в теории АСУ.

3. Особенно важным является использование предлагаемой в работе трактовки физического смысла иррационального числа e и мнимых чисел в квантовой механике. Волновые функции в квантовой механике содержат иррациональное число e и мнимые числа, а проблема непрерывного пространства и структурной единицы – элементарной частицы является центральной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов А.В. Вероятностная аксиоматика действительных чисел. - «Научная дискуссия: вопросы физики, математики, информатики»: материалы V международной заочной научно-практической конференции. (19 декабря 2012 г.) – Москва: Изд. «Международный центр науки и образования», 2012.– С. 12-21

2. Богданов А.В. Использование свойств иррациональных чисел при операционном исчислении. - Научная дискуссия: Инновации в современном мире. Сб. ст. по материалам XLIV международной заочной научно-практической конференции – № 11 (42). Часть 1. – М.: Изд. «Интернаука», 2015. – С.7-11.

3. Макусинский Ян. Операторное исчисление. Перевод с польского А.И. Плеснера – Москва : Изд-во иностранной литературы, 1956. – 364 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДЕФОРМАЦИЙ СТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Борисова В.А., Рожков С.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Для придания материалу специальных свойств широко используется нанесение различных покрытий, пропиток, в том числе и металлов. В зависимости от исходного состояния материалов и конструкции устройств для нанесения металлизированных покрытий различают следующие методы: электрохимический, гальванический, газофазный, плазменный, лазерный, вакуум-термического испарения, магнетронного распыления, импрегнирования, клеевого дублирования и др.

Указанными методами можно наносить металлы (например, Ni, Zn, Al, Ag, Cr, Cu, Au, Pt и др.), сплавы (сталь, бронзу и др.), химические соединения (силициды, бориды, карбиды, окислы и др.), неметаллические материалы (пластмассы). При этом толщина напыляемого слоя зависит от метода и режима напыления и требуемых свойств.

В настоящее время используется большое количество тканей, изготовленных из синтетических материалов, например, ткани из арамидных волокон (англ. aramid аббр. aromatic polyamide – ароматический полиамид) [3]. Данный материал обладает уникальными свойствами и применяется в различных областях техники для армирования автомобильных шин, изготовления сверхпрочных тросов и тканей, оплётки кабелей, в авиационной и космической техники, специальных защитных костюмов (для пожарных) и т. д.

Для нанесения металлизированного покрытия на структурированные материалы существуем множество технологических методов поверхностной обработки материалов. Однако электрохимические методы металлизации материалов экологически вредны т.к. при их производстве используются агрессивные и токсичные вещества, требующие утилизации. Текстильные материалы из растворов электролитов, металлизированные таким образом, имеют плохой товарный вид, жесткий гриф, покрытие обладает недостаточной адгезией к субстрату. Кроме того, данный способ не позволяет с достаточной точностью контролировать электропроводность ткани и другие ее свойства, имеющие большое значение для дальнейшего применения.

Металлическое напыление методом магнетронного распыления реализуется в достаточно глубоком вакууме (порядка 5×10^{-5} мм рт.ст.), что позволяет наносить на материалы тонкие пленки серебра, меди, латуни, алюминия, нержавеющей стали, титана, бронзы и других металлов и их сплавов. Также можно наносить на материалы соединения некоторых металлов с кислородом или азотом [5].

Особое преимущество имеет метод магнетронного распыления. Он практически не загрязняет окружающую среду, а следовательно, отпадает потребность в очистке сточных вод. При этом отсутствие необходимости в использовании каких-либо химических материалов уменьшает затраты, связанные с повышенным энергопотреблением оборудования в связи с необходимостью достаточно глубокого вакуумирования и использованием магнетрона. Для установки оборудования не требуются специальные инженерные коммуникации: станции очистки сточных вод, парогенераторы и паропроводы, химстанции и т.п.

Обработка материалов низкотемпературной плазмы происходит в условиях, которые позволяют ткани сохранять драпируемость, воздухо- и влагопроницаемость, мягкий гриф, прочностные характеристики, у ткани появляется электрическая проводимость.

Метод магнетронного распыления позволяет достаточно тонко регулировать толщину металлического слоя, следовательно, и его сопротивление, создавая структуру с

определенной проводимостью. С появлением проводимости в материалах появляются свойства экранирования электромагнитных излучений, что может быть использовано при создании легких, прочных, долговечных и декоративно привлекательных радиоэкранирующих и маскирующих в широком диапазоне частот (от ИК до СВЧ) материалов.

Использование магнетронного способа напыления дает возможность нанесение сверхмалых количеств металлов, что весьма полезно при напылении дорогостоящих металлов и сплавов. Так напыление небольшого количества серебра придает материалам бактерицидные свойства или металлов платиновой группы, используемых в качестве катализаторов. За счет этого магнетронный способ напыления является весьма экономичным [4].

На рис. 1 показана классификация основных областей применения структурированных материалов.



Рисунок 1 – Области применения структурированных материалов

Современное производство углеродных волокон является очень эффективным, что позволяет получать большое количество компонентов с новыми механическими свойствами. При этом диаметр углеродных волокон мал в соотношении к их длине (для углерода 5-7 мкм). Следовательно, для математического описания волокон можно представить как напряженное растяжения в направлении волокна h_1 (рис. 2).

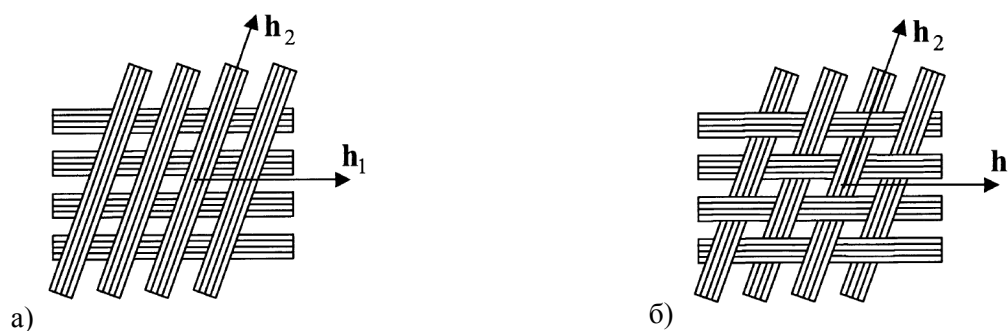


Рисунок 2 – Область ткани состоит из двух переплетений пряжи: а) нетканые; б) ткани простого переплетения с деформацией типа «сдвиг»

В зависимости от расположения нитей в материале, различают разные типы: нетканые, ткани простого переплетения, ткани специальные. Напряженное состояние в нитях можно представить в виде (1) [1]:

$$\sigma = \sigma^{11} \mathbf{h}_1 \otimes \mathbf{h}_1, \quad \sigma^{11} \geq 0. \quad (1)$$

Напряженное состояние в ткани может быть определено как (2):

$$T^{11} = \int_A \sigma^{11} dS, \quad T = T^{11} h_1 \otimes h_1, \quad (2)$$

где A – сумма разделов поверхности волокон, составляющих пряжу.

В случае, когда ткань образована из двух (или более) переплетений в направлениях h_1 и h_2 (рис. 2, а), напряженное состояние определяется только этими двумя состояниями.

Опишем переплетение пряжи в виде :

$$\sigma = \sigma^{11} h_1 \otimes h_1 + \sigma^{22} h_2 \otimes h_2, \quad (3)$$

и тензором напряженности, который может быть записан как:

$$T = T^{11} h_1 \otimes h_1 + T^{22} h_2 \otimes h_2 \quad (4)$$

Рассмотрим случай, когда основа T_{11} и уток нити T_{22} ткани связаны между собой и зависят от осевых деформаций ε_{11} , ε_{22} в направлениях пряжи (рис. 2, б) [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**].

$$T^{11} = \int_{A_1} \sigma^{11} dS, \quad T^{22} = \int_{A_2} \sigma^{22} dS, \quad T^{11} \geq 0, \quad T^{22} \geq 0. \quad (5)$$

Выводы. В данной работе выполнен анализ существующих методов нанесения металлизированных покрытий на специальные структурированные материалы. Рассмотрен метод деформации ткани типа «сдвиг», который позволяет прогнозировать деформационные процессы в текстильных материалах относительно простого макростроения (монокитей, волокон и т.п.). Для автоматизации нанесения специальных покрытий на текстильных материалов более сложного макростроения (тканей, жгутов, лент и т.п.) наиболее целесообразно использование информационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горберг Б.Л. Металлизация текстильных материалов из плазмы. Новые методы и новые возможности. Режим доступа: http://www.ivtechnomash.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=54:2010-11-16-18-32-17&catid=31:general&Itemid=37
2. Катц Н.В. Металлизация распылением / Н.В.Катц, Е.В.Антошин, Д.Г.Вадивасов, Г.Д. Вольперт, Л.М. Камионский. – М.: Машиностроение, 1966. – 200 с.
3. Пул Ч., Оуэнс Ф. Нанотехнологии. –М.:Техносфера, 2005. – 336 с.
4. Boisse P., Gasser A., Hivet G. Analyses of fabric tensile behaviour: determination of the biaxial tension-strain surfaces and their use in forming simulations//Composites: Part A: applied science and manufacturing, № 32, 2001. –P.1395-1414.
5. Champion Y., Bigot J. Preparation and characterization of nanocrystalline copper powders // Scr. Met., 1996. V.35. №4. P.517-522.

ВИЗУАЛИЗАЦІЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕСА В СИСТЕМАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СДВС

Браиловский А.О.

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Давление газов в цилиндрах двигателя и визуализация данного параметра в зависимости от угла поворота коленчатого вала является, пожалуй, наиболее информативным показателем, определяющим его техническое состояние, а также качество рабочего цикла. По этой причине наиболее распространенным методом диагностирования двигателей является метод параметрической диагностики, связанный с получением и обработкой индикаторных диаграмм в цилиндрах двигателя.

Актуальность исследований. Базовыми тенденциями эксплуатации ДВС в условиях нарастающего кризиса остаются повышение топливной эффективности и эксплуатационной надежности двигателей, а также их экологическая безопасность, связанная главным образом с жесткими требованиями по эмиссии выпускных газов. Удовлетворить эти требования может обеспечение качественного рабочего процесса в цилиндре ДВС, основанное на применении надежной, точной и, что немаловажно, информативной системы диагностики. Надежная и эффективная система может быть реализована при максимальной информативности средств визуализации параметров рабочего процесса.

Постановка задачи. Выполнить анализ существующих современных методов параметрической диагностики и средств визуализации рабочего процесса.

Результаты исследований. Анализ структурирован по принципу: фирма производитель двигателей, бренд системы диагностики – краткий обзор и графическое представление результатов.

MAN B&W, PMI System. Алгоритм работы системы: графическое представление измеренного давления – табличное представление считанных P_{comp} , P_{max} , P_{scav} , RPM и вычисленных параметров P_i и N_e – определение ВМТ – коррекция торсионного смещения коленвала – идентификация цилиндра.

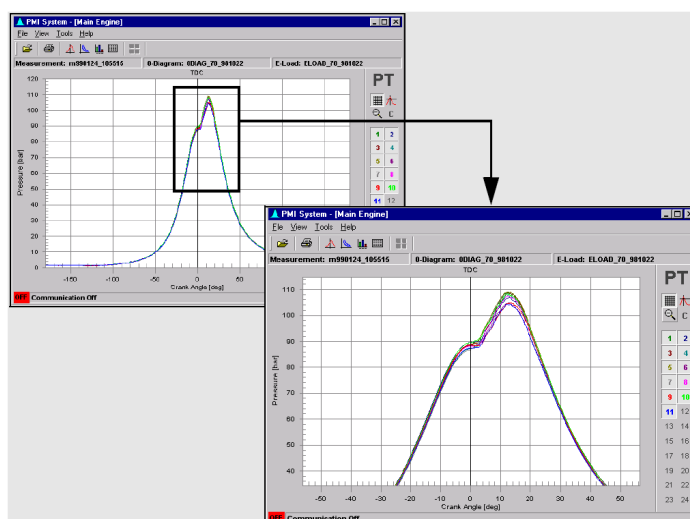


Рисунок 1 – Диаграмма $P\varphi$ с масштабированием системы PMI (MAN B&W)

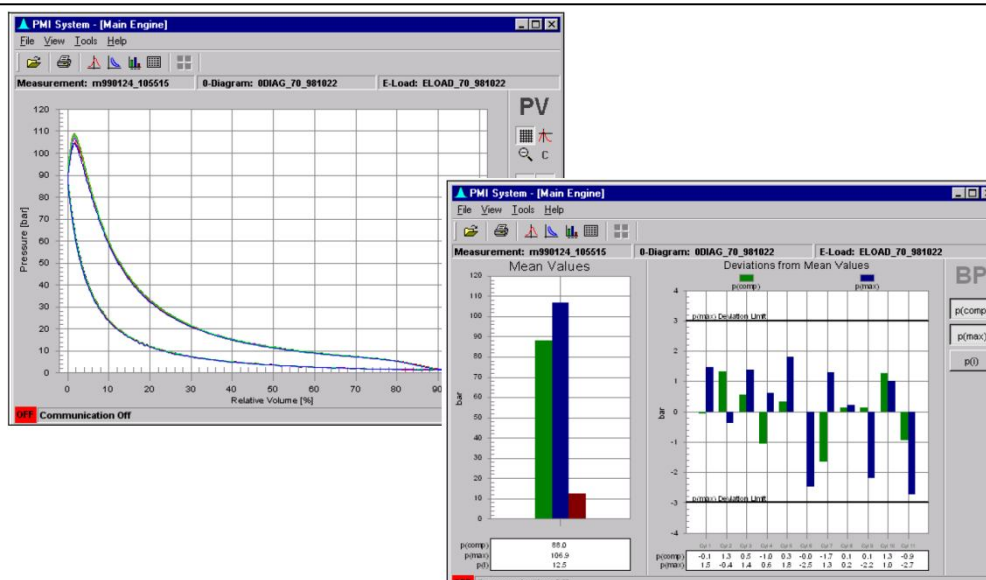


Рисунок 2 – PV діаграма і діаграма балансу тиску в системі PMI (MAN B&W) KONGSBERG, NK-600 MIP Calculator. Графічно представлені наступні параметри: P_{max} , AP_{max} (кут досягнення P_{max} відносно ВМТ), MIP (середнє індикаторне тиску), P_{EXP} (тиску в точці 36° після ВМТ), P_{TDC} (тиску в ВМТ), Power Calculation (рахунок потужностей по циліндрам і сумарної потужності) і діаграма $P\phi$.

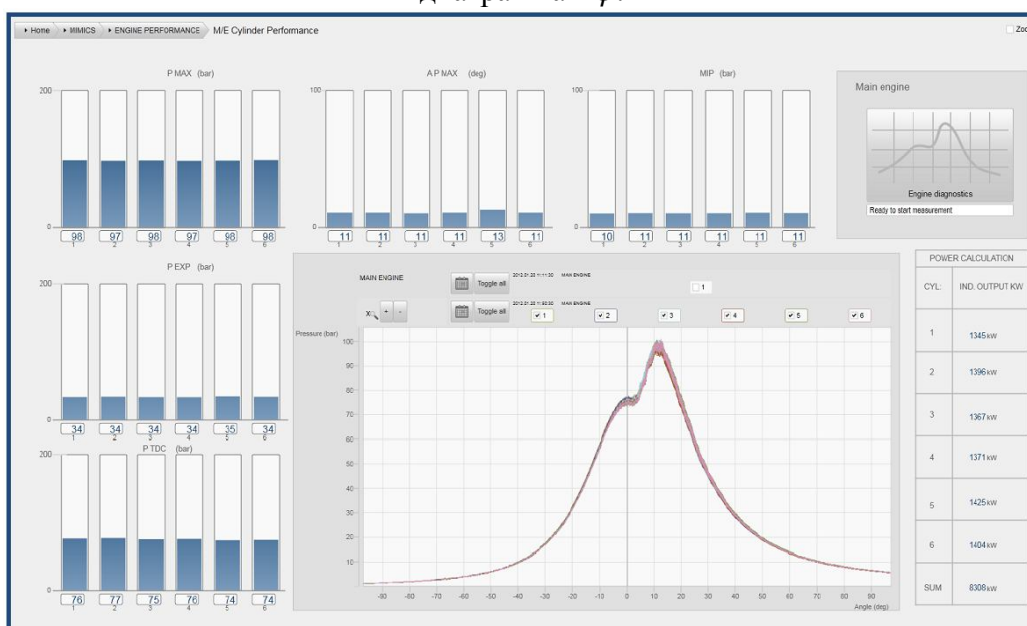


Рисунок 3 – Графічне представлення робочого процесу в системі NK-600 MIP Calculator (KONGSBERG) IMES, EPM-XP Electronic Indicator. Графічно представлені наступні параметри: P_{comp} , P_{max} , MIP (середнє індикаторне тиску), діаграма $P\phi$, PV діаграма і діаграма балансу тиску.

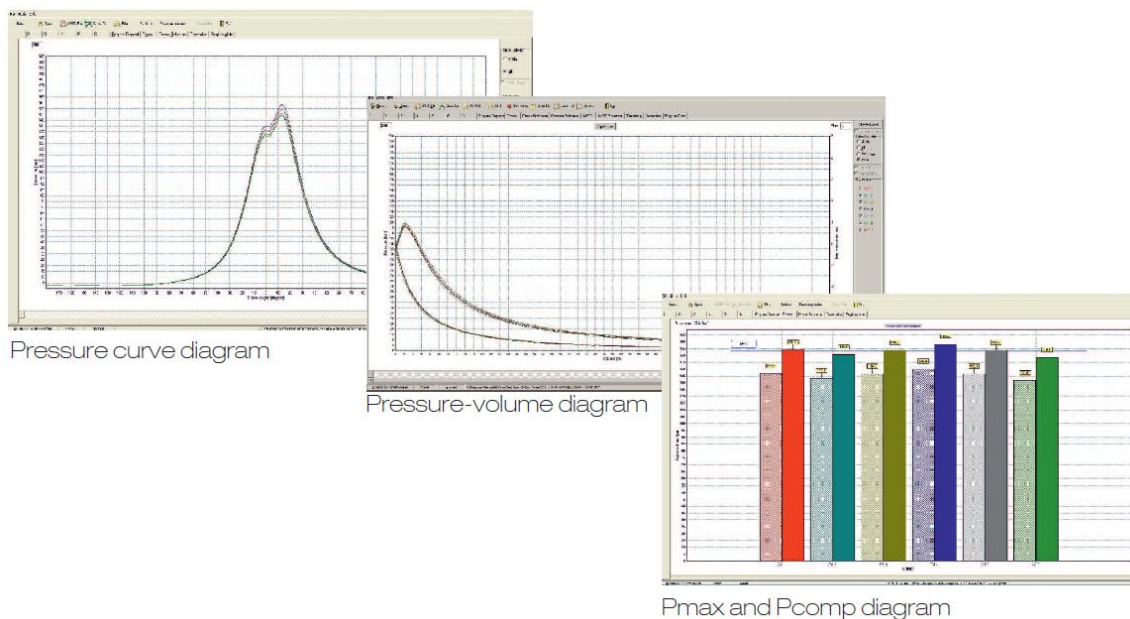


Рисунок 4 – Графическое представление рабочего процесса в системе EPM-XP (IMES) LEMAG, PREMET Online. Графически представлены следующие параметры: P_{comp} , P_{max} , MIP (среднее индикаторное давление), $P\phi$ диаграммы отдельных цилиндров, консолидированная $P\phi$ диаграмма, PV диаграмма, диаграмма баланса давлений, спектр торсионных колебаний и диаграмма динамических характеристик.

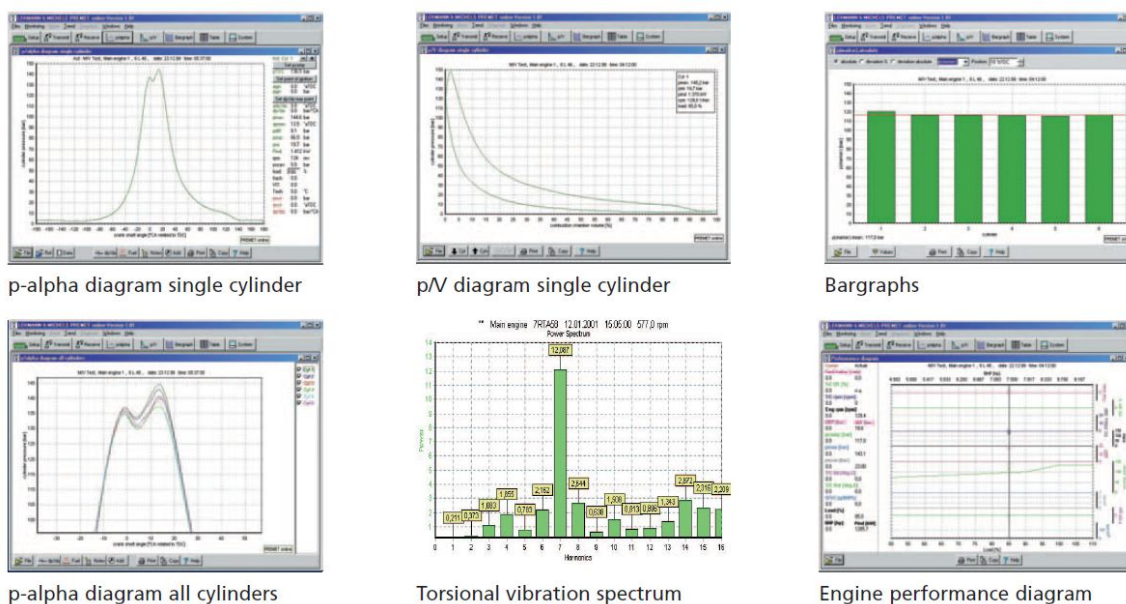


Рисунок 5 – Графический интерфейс системы PREMET Online (LEMAG) DIGITEC, Dieseltune IV. Графически представлены: Диаграммы давления сгорания и давления топлива по цилиндрам, измеренные параметры в сравнении с параметрами ходовые испытания (с коррекцией на действительные показатели состояния окружающей среды), «Light Spring Диаграмма» работы клапанов и турбокомпрессора для двух- и четырехтактных двигателей.

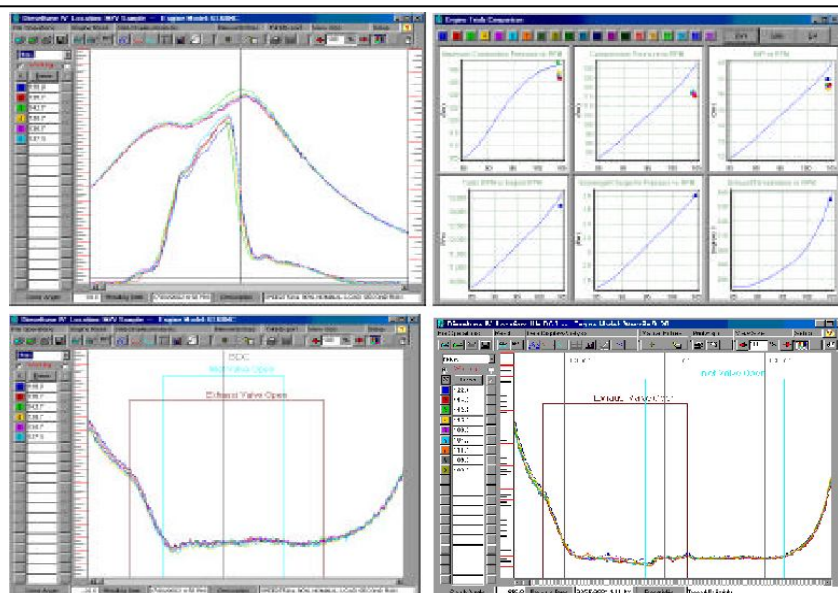


Рисунок 6 – Визуалізація робочих процесів в системі Dieseltune IV (DIGITEC)

Кроме того рассмотрены системы Кума Diesel Analyzer MIP (Кума AS), DOCTOR DK-2 и DK-20 (ICON Research), Malin 6000 (MALIN) и др.

Заключение. В ходе исследования рассмотрены и проанализированы различные современные системы параметрической диагностики СДВС, изучены способы визуализации рабочего процесса в них. Наряду с традиционными, предлагается ввести способ визуализации рабочего процесса в координатах TS (температура-энтропия), обеспечивающий более эффективный контроль теплонапряженности цилиндров двигателя.

ЛИТЕРАТУРА

1. Varbanets R. Analyse of marine diesel engine performance / R. Varbanets, A. Karianskiy // Journal of Polish CIMAC. Energetic Aspects. Gdansk: Faculty of Ocean Engineering and Ship Technology Gdansk University of Technology. 2012. Vol. 7. No. 1. P. 269–275.
2. MAN Off-line Cylinder Pressure Analyzer PMI System. // URL: marengine.com/ufiles/MAN-PMI_off.pdf.
3. NK-600 MIP® calculator // URL: www.simrad.com/ks/web/...nsf/.../370788-Datasheet-NK-600-MIP.pdf.
4. EPM-XP - IMES GmbH // URL: www.imes.de/download/epm-xp.pdf.
5. CMS Marine 2-stroke performance // URL: www.imes.de/download/cms-marine_2-stroke_performance.pdf.
6. PREMETS® online - LEMAG LEHMANN & MICHELS GmbH // URL: www.lemag.de/fileadmin/media/Brochures/LEMAG_PREMETonline.pdf.
7. Dieseltune IV Brochure // URL: <http://www.dieseltune.com/Dieseltune%20Info.PDF>.
8. Kyma Diesel Analyzer (MIP) // URL: <http://www.kyma.no/kyma-diesel-analyzer>.
9. Portable Doctor Brochure.pdf - Icon Research // URL: www.iconresearch.co.uk/assets/Brochures/Doctor-Portable-Brochure.pdf.
10. TRITON CPM 500 System // URL: www.heinzmann.com/en/.../1589-triton-cpm-cylinder-pressure-monitoring.
11. Malin 6000 Brochure // URL: http://www.malin.co.uk/malin6000/malin6000_more.html.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА И ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ

*Варбанец Р.А., Кучеренко Ю.Н., Кырнац В.И., Жолтиков Е.И., Александровская Н.И.,
Браиловский А.О.*

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Технология научных исследований – это совокупность знаний о процессах исследований и о методике их выполнения. Процесс исследований включает в себя выбор темы, информационный поиск, решение главных и вспомогательных задач и этап внедрения. Графическое изображение этого процесса называется технологической картой научных исследований [1]. Такое определение из книги И. И. Кринецкого отражает суть задачи построения технологической карты научных исследований в задачах мониторинга и параметрической диагностики судовых и железнодорожных дизелей.

Выдающийся ученый своего времени, член-корреспондент Академии Наук СССР доктор технических наук профессор Иван Иванович Кринецкий был руководителем более 130 научных работников – докторов и кандидатов наук. В 90-е годы Иван Иванович руководил кафедрой теории автоматического управления Одесского высшего инженерного морского училища. В одной из своих книг он описал методы организации научной деятельности своих учеников. Интересно, что как специалист в области теории автоматического управления И. И. Кринецкий спроектировал схему технологической карты научных исследований по аналогии с функциональной схемой системы автоматического регулирования, т. е. с отрицательной обратной связью. Завершающая научное исследование, обратная связь подразумевает окончательное сопоставление результатов работы с целями главных задач.

Существует много как сторонников, так и критиков [2] такой формы представления общей структуры и задач научного исследования. Авторы статьи относят себя к сторонникам не только потому, что являются учениками и последователями профессора И. И. Кринецкого, но и по ряду объективных причин.

Во-первых, логическое представление взаимосвязей исследовательского процесса при решении большой комплексной научной задачи помогает структурировать научную деятельность и упорядочить действия по решению поставленной задачи.

Во-вторых, четкое структурирование и логические взаимосвязи позволяют избежать ряда ошибок и повторений, неизбежно возникающих при решении комплексной задачи «со многими неизвестными», состоящей из множества частных задач с заранее неизвестной глубиной вложения этих задач.

В-третьих, в настоящее время на самом современном уровне рассматривается концепция графического или виртуального представления научной и организационной деятельности. Примерами тому служат проекты крупнейших IT-компаний: Microsoft MindMap©, ConceptDraw MindMap©, Microsoft Project©, ConceptDraw Project© [3, 4] и др. В настоящее время существуют и успешно развиваются целые направления виртуального программирования, такие как Project management, Flow Chart drawing и многие другие, которые с помощью современных средств on-line программирования решают задачи, аналогичные поставленным в свое время профессором И. И. Кринецким.

Описанный метод получил развитие в работах аспирантов и соискателей кафедры судовых энергетических установок и технической эксплуатации Одесского национального морского университета (СЭУ и ТЭ ОНМУ). Сотрудники кафедры ведут разработки в области мониторинга и параметрической диагностики судовых и железнодорожных дизелей, представляя структуру научных исследований в виде технологических карт. Это позволяет организовать научную деятельность, планировать доклады на конференциях и

конгрессах, а также существенно упростить отношения с заказчиками от производства, рецензентами, консультантами и оппонентами научных работ.

Технологическая карта исследований в задаче определения эффективных параметров судовой дизельной энергетической установки

Определение эффективных параметров судовых дизелей является проблемой в связи с трудностью осуществления точной количественной оценки механических потерь.

Изначально при эксплуатации судовых дизельных установок (СДУ) сложилась противоречивая ситуация, связанная с представлением паспортных данных судовых дизелей и возможностями их контроля. В паспортах указаны значения эффективной мощности, момента, среднего эффективного давления и удельного эффективного расхода топлива. При этом на практике можно определить лишь среднее индикаторное давление и, соответственно, рассчитать индикаторную мощность, момент и удельный индикаторный расход топлива. То есть в распоряжении экипажа имеются средства контроля индикаторных параметров [5, 6], при этом отчетные формы необходимо вести в эффективных параметрах, приблизительно оценивая величину механического коэффициента полезного действия на текущем нагрузочном режиме [7].

В качестве основного документа, предписывающего контроль в эффективных параметрах, можно указать Резолюцию ИМО МЕРС.214(63) (IMO Resolution MERC) по поводу определения коэффициента энергоэффективности судов [8] и письмо Главного управления Российского Речного Регистра от 16.10.2014 г., в котором судовладельцев обязывают проводить испытания судовых дизелей с обязательным измерением эффективных крутящих моментов на валу.

Такие измерения можно проводить с помощью электронных торсиометров (Siemens, Datum Elektronik, MARIDIS и др. [9–11]). Установка и калибровка таких устройств производится исключительно силами внешних метрологических фирм и связана с материальными и временными затратами.

В некоторых случаях управляющие компании прямо указывают судовым специалистам, какие значения механических потерь следует применять в расчетах. Например, в сервисных письмах MAN (MAN Diesel & Turbo) для главных дизелей типа MC указывается величина $\text{mechanical efficiency} = 0,9\text{--}0,93$, а для дизелей типа ME $\text{mechanical efficiency} = 0,95\text{--}0,98$ на номинальных режимах [12]. Эксплуатация СЭУ обычно происходит на экономичных режимах 40–80 % от номинальной мощности и ниже. Значение механического КПД на этих режимах существенно меньше, и его оценка, производимая без специальных средств и методов, осуществляется весьма приблизительно.

Анализ характеристик систем торсиографирования [9–11] показал, что на практике погрешность определения эффективного крутящего момента находится в пределах 3 %. Согласно [13], оценка механического КПД тоже может быть произведена с аналогичной точностью при имеющихся значениях механического КПД на номинальном режиме и мощности текущего эксплуатационного режима. Согласно формуле профессора Г. А. Конакова механический КПД на частичных режимах

$$\eta_m = 1 - \left(1 + 2 \frac{n}{n_H}\right) \frac{n}{3n_H} \frac{Ni_H}{Ni} (1 - \eta_{mH}), \quad (1)$$

где H – индекс номинального эксплуатационного режима MCR (maximum continuous rating), n – обороты эксплуатационного режима, Ni – индикаторная мощность эксплуатационного режима.

Мощность номинального режима и номинальный механический КПД указан в паспортной документации. Мощность эксплуатационного режима может быть определена с помощью систем мониторинга [5, 6].

В [14] показана связь эффективной мощности дизеля (на примере малооборотного главного дизеля MAN) с частотными характеристиками газотурбонагнетателя (ГТН). Исходя из того, что для большинства судовых дизелей коэффициент корреляции между мощностью, давлением наддувочного воздуха и частотой вращения ГТН близок к

единице, предлагается модифицировать формулу (1) таким образом, чтобы использовать точно контролируемую на практике величину частоты вращения ротора ГТН:

$$\eta_m = f\left(\frac{TURrpm_H}{TURrpm}\right).$$

Пример определения частоты вращения ГТН (TURrpm) на эксплуатационном режиме с помощью методов спектрального анализа показан на рис. 1. Необходимо отметить, что для большинства ГТН лопаточная частота компрессора находится в пределах 3–7 КГц и может быть определена с погрешностью менее 10 Гц, что сводит погрешность определения TURrpm в среднем к величине менее 1 %.

$$TURrpm = \frac{2948 \text{ Гц (лопаточная частота компрессора ГТН)}}{20 \text{ (лопаток компрессора)}} \cdot 60 = 8844 \text{ мин}^{-1}$$



Рисунок 1 – Определение частоты вращения газотурбонагнетателя на эксплуатационном режиме с помощью спектрального анализа виброакустических сигналов компрессора

Основная идея технологической карты решения задачи определения эффективных параметров судовых дизелей состоит в оценке механического КПД по указанной методике, определении индикаторных показателей рабочего процесса с помощью систем мониторинга и последующего расчета эффективных параметров. В связи с высокой точностью определения TURrpm и индикаторных параметров рабочего процесса результирующая погрешность оценки эффективных параметров судовых дизельных установок (СДУ) составляет менее 3 %.

Технологическая карта исследований в задаче комплексного диагностического контроля среднеоборотных дизелей применительно к условиям плановых ремонтов дизелей тепловозов. Задача комплексной оперативной диагностики технического состояния цилиндропоршневой группы, топливной аппаратуры, механизма газораспределения и газотурбонагнетателя особенно актуальна для дизелей тепловозов при реостатных испытаниях. От информативности полученной диагностической информации зависит качество планируемого ремонта. От оперативности получения информации зависят расходы на проведение реостатных испытаний.

Моделирование рабочего процесса в программных симуляторах AVL BOOST™ и AVL FIRE™ [15] позволяет анализировать влияние различных эксплуатационных дефектов на параметры рабочего процесса, мощность двигателя и расход топлива (рис. 2, 3).

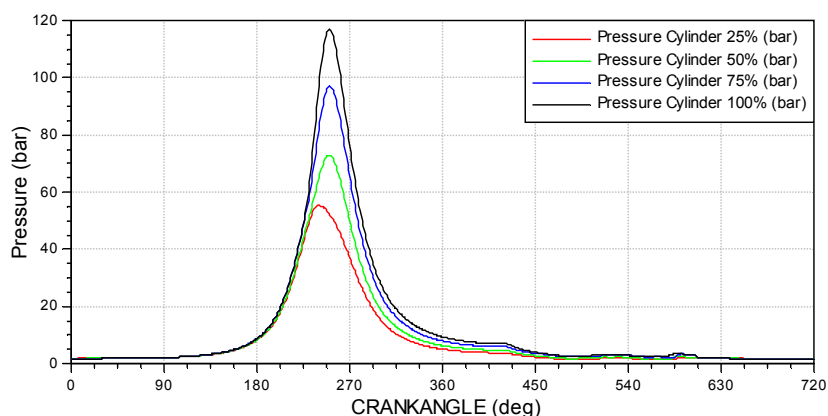


Рисунок 2 – Индикаторная диаграмма тепловозного среднеоборотного двигателя (СОД) на четырех эксплуатационных режимах, модель AVL BOOST™

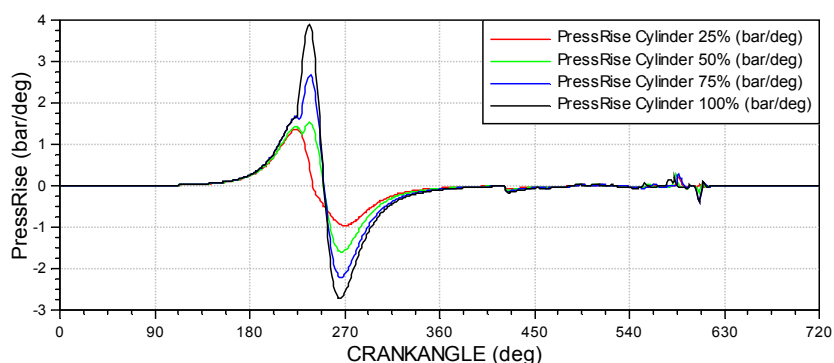


Рисунок 3 – Диаграммы скорости изменения давления газов в цилиндре тепловозного среднеоборотного двигателя на четырех эксплуатационных режимах, модель AVL BOOST™

Программные модели AVL BOOST™ и AVL FIRE™ позволяют прогнозировать влияние различных дефектов, но требуют значительных временных затрат на подготовку и настройку моделей, что несовместимо с оперативной работой в условиях реостатных испытаний дизелей тепловозов. Для оптимизации работы предлагается настройка модели рабочего процесса, записанная согласно 1-му закону термодинамики:

$$dQ_x = dU + pdV + dQ_w, \quad (2)$$

где dQ_x – теплота, выделенная при сгорании топлива; pdV – работа, совершенная цилиндром;

dU – изменение внутренней энергии рабочего тела; dQ_w – теплота, переданная через стенки цилиндра.

Для моделирования скорости тепловыделения в цилиндре используется формула Вибе [16]:

$$\frac{dx}{df} = 6,908 \frac{m+1}{\varphi_z} \left(\frac{\varphi - \varphi_{Pc'}}{\varphi_z} \right)^m \exp \left[-6,908 \left(\frac{\varphi - \varphi_{Pc'}}{\varphi_z} \right)^{m+1} \right] \quad (3)$$

где m, φ_z – показатель характера сгорания и условная продолжительность процесса тепловыделения.

Расчет тепловыделения с использованием формулы Вибе обеспечивает достоверность лишь при точной оценке m и φ_z . Их определение для конкретного нагрузочного режима удобно производить, имея запись этого процесса в координатах $P(\varphi)$ с шагом дискретизации поворота коленчатого вала (ПКВ) не более $\Delta\varphi = 0,5^\circ$ [6]. В этом случае минимизируется функционал:

$$Z = \sum \left[\frac{P_j - P(\varphi_j, m, \varphi_z)}{P_j} \right]^2 \Rightarrow \min$$

Используя устойчивый алгоритм минимизации, определяются значения m и φ_z так, чтобы добиться максимального совпадения расчетной и реальной диаграмм $P(\varphi)$ согласно требованиям взвешенного метода наименьших квадратов.

Альтернативой методу Вибе является метод Семенова-Квятковского [17], который базируется на предположении о том, что наиболее общим видом кривой тепловыделения является кривая с тремя (в частных случаях с двумя или с одним) максимумами. Метод реализован с помощью нагрузочных критериев, которые непосредственно связаны с массами топлива, впрыснутого за период задержки самовоспламенения и за весь процесс впрыска топлива. Указанные выше параметры m и φ_z формулы Вибе (3) фактически включены в расчетные уравнения посредством этих критериев:

$$\frac{dx}{d\varphi} = \frac{A_1}{\varphi_1} k_1 e^{-0,5k_1^2} + \frac{A_2}{\varphi_2} k_2 e^{-0,5k_2^2} + \frac{A_3}{\varphi_3} k_3 e^{-0,5k_3^2},$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – смещения максимумов скорости тепловыделения на каждой из трех фаз; $A_1, A_2, A_3, k_1, k_2, k_3$ – эмпирические коэффициенты.

С помощью метода Семенова–Квятковского можно произвести более точное моделирование тепловыделения в рабочем цилиндре СОД. Использование трехфазной модели тепловыделения в цилиндре позволяет также моделировать и многофазный впрыск топлива, реализованный в современных дизелях.

Учет газообмена и потерь тепла через стенку цилиндра сделан в соответствии с методикой профессора В. С. Семенова [17].

Приведенная выше модель настраивается с помощью комплексов AVL BOOST™ и AVL FIRE™. Она использует полученные на текущем нагрузочном режиме данные $p(\varphi)$, что позволяет оперативно моделировать рабочий процесс и получать достоверную диагностическую информацию.

План научного исследования по формированию методов настройки коэффициентов модели (2) и последующего комплексного диагностического контроля, применительно к условиям плановых ремонтов среднеоборотных дизелей тепловозов, показан на технологической карте.

Разработанные методы использованы в системе Одесских железных дорог [18].

Технологическая карта разработки метода синхронизации данных в задачах мониторинга и экспресс-диагностики рабочего процесса судовых дизелей. Синхронизацией данных рабочего процесса называется их перевод из функций времени в функции от угла ПКВ:

$$f(t) \Rightarrow f(\varphi_{\text{ПКВ}}^\circ).$$

Такой перевод необходимо осуществлять потому, что все последующие расчеты параметров рабочего процесса ведутся относительно углов поворота коленчатого вала. Базирующаяся на этих расчетах настройка основных систем (топливной аппаратуры высокого давления и механизма газораспределения) и диагностика технического состояния основных узлов также производится относительно фаз ПКВ. Таким образом, решение этой задачи является первым базовым шагом, от точности которого в значительной степени зависит весь последующий расчет и корректность диагностических выводов. Известно, например, что расчетное значение среднего индикаторного давления и индикаторной мощности цилиндра может иметь до 9 % искажений при ошибке синхронизации всего на 1 ПКВ [18].

В большинстве систем мониторинга рабочего процесса задача синхронизации решается аппаратным путем (установкой фазовых датчиков положения маховика коленчатого вала). Такой метод синхронизации имеет ряд серьезных недостатков.

Во-первых, это трудоемкая и долговременная процедура, которая плохо сочетается с оперативной работой в условиях судоремонтного завода (СРЗ). Именно из-за трудоемкости осуществления аппаратной синхронизации параметрическая диагностика рассматривается как сложный и кропотливый процесс, которого, по возможности, избегают, зачастую применяя в качестве диагностических данных лишь пиковые значения давления сгорания в цилиндре (P_z).

Во-вторых, погрешность синхронизации непостоянна и зависит от нагрузочного режима двигателя, крутильных колебаний, длины канала индикаторного крана и ряда других факторов.

Метод алгоритмической синхронизации рабочего процесса базируется на том факте, что при отсутствии сгорания в цилиндре скорость изменения давления в верхней мертвой точке (ВМТ) равна нулю, за вычетом термодинамического смещения, связанного с передачей тепла в стенку цилиндра

$$p'_{\varphi-\delta\varphi_T} = p'_\Theta = 0. \quad (4)$$

С учетом термодинамического фазового смещения в ВМТ (при $\varphi = 0$)

$$\Theta = -\delta\varphi_T.$$

Тогда выражение для скорости изменения давления на участке сжатия можно записать

$$\frac{dP_{comp}}{d\Theta} = -P_a V_a^{n_1} n_1 \frac{1}{V_\Theta^{n_1+1}} \cdot \frac{dV_\Theta}{d\Theta}, \quad (5)$$

где P_a – давление в начале сжатия; $V_\Theta = V_{\varphi-\delta\varphi_T}$ – объем цилиндра:

$V_\varphi = V_c + 0,5V_s \left[1 + \frac{1}{\lambda_{ш}} - \cos\varphi - \frac{1}{\lambda_{ш}} \sqrt{1 - (\lambda_{ш} \sin\varphi)^2} \right]$; $V_s = V_c(\varepsilon - 1)$ – объем, описываемый полным ходом поршня; V_c – объем камеры сжатия; $\lambda_{ш} = R_{кр} / L_{ш} = S/2L_{ш}$ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна.

Используя формулы (4), (5), при $p'_\Theta = 0$, получим координату ВМТ (рис. 4).

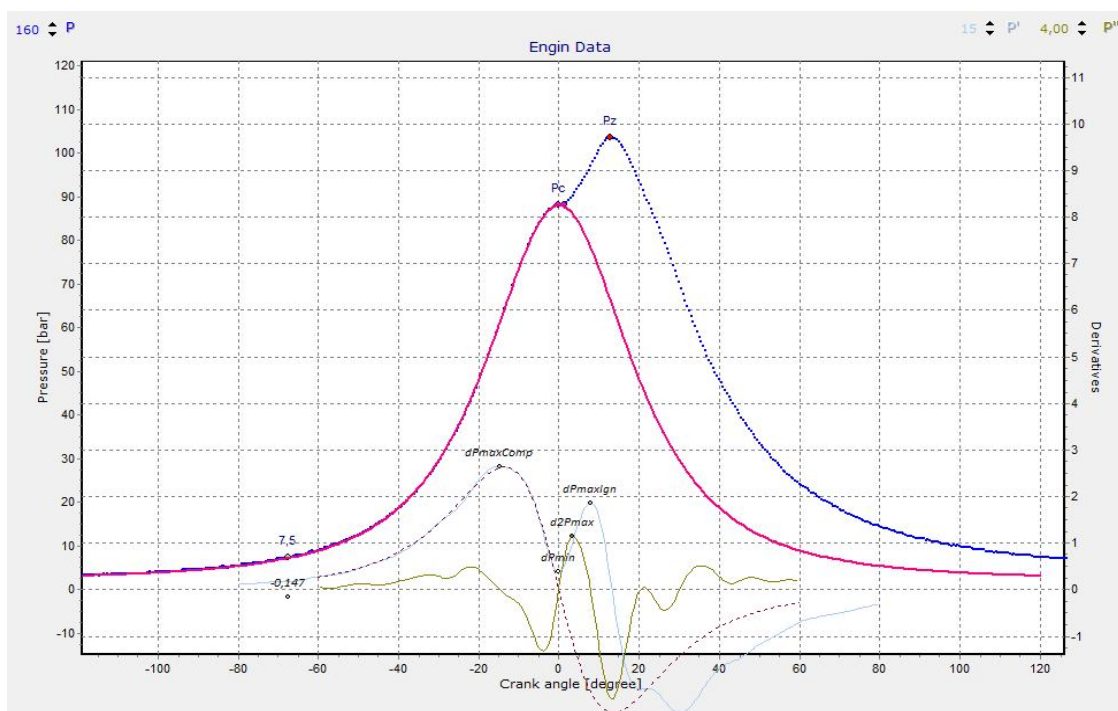


Рисунок 6 – Пример алгоритмической синхронизации индикаторной диаграммы DAIHATSU marine diesel generator 5DK-20e

Одна из основных проблем решения (4), (5) состоит в том, что аналоговые и цифровые шумы в экспериментальных данных делают невозможным анализ первой p' , а тем более второй p'' производных от кривой давления. В связи с этим необходимо применять корректно построенный цифровой фильтр, который будет убирать шумы, не искажая при этом основной сигнал. После анализа ряда фильтров авторы выбрали Butterworth low-pass filter [19]. Два его параметра (порядок и частота среза) настраиваются один раз исходя из частотных свойств диаграмм рабочего процесса дизеля. Затем, перед решением (4), (5) данные мониторинга фильтруются, после чего можно анализировать p' и p'' – определять фазы максимумов повышения давления при сжатии и при сгорании топлива, определять максимум ускорения изменения давления при сгорании и т. д. (рис. 4). Анализ кривых p' и p'' дает возможность корректно разделить процессы сжатия и сгорания.

Участок кривой сжатия до начала сгорания используется для построения модели (4), которая пересекает ноль в координате ВМТ с учетом фазового смещения $\delta\varphi_T$, возникающего вследствие теплообмена со стенками цилиндра. Это фазовое смещение учитывается с помощью методики расчета теплообмена в цилиндре по формуле Вошни [17]. На практике это означает, что диаграмма чистого сжатия/расширения в цилиндре немного несимметрична относительно ВМТ и максимум сжатия находится левее. Величина такого термодинамического смещения колеблется от десятых долей градуса до единиц градусов, в зависимости от типа дизеля и условий его охлаждения.

Использование алгоритмического метода синхронизации решает следующие задачи:

- процесс диагностики становится оперативным и доступным для любого дизеля, находящегося под нагрузкой, без предварительной подготовки, что актуально для условий СРЗ;
- автоматически учитываются погрешности синхронизации, связанные с крутильными колебаниями и выборками люфтов в кривошипно-шатунном механизме;
- автоматически учитываются погрешности синхронизации, связанные со скручиванием коленчатого вала под нагрузкой, которое актуально для дальних от маховика цилиндров;
- автоматически учитывается влияние конечной скорости прохождения волны давления в канале индикаторного крана (от камеры сгорания до мембраны датчика давления), которая приводит к фазовому смещению до 10 ПКВ на высокооборотных дизелях и до 6 ПКВ на СОД [18].

Корректное решение задачи алгоритмической синхронизации повышает точность расчета параметров рабочего процесса и, как следствие, информативность диагностических данных. При этом решается главная задача – оперативность, что позволяет широко внедрять параметрическую диагностику в практику эксплуатации СРЗ.

Заключение. Приведены технологические карты и дано общее описание трех научно-исследовательских задач в области мониторинга и параметрической диагностики судовых и железнодорожных дизелей. Несмотря на то, что решение задач находится в развитии, а предложенные алгоритмы совершенствуются, все они внедрены в эксплуатацию [5, 6, 14, 18]. Первые методы алгоритмической синхронизации применялись только в системе DEPAS (системы «разделенного мониторинга» DEPAS 4.0 Handy), а в настоящее время почти все фирмы, производящие системы мониторинга рабочего процесса используют их. Современный алгоритм синхронизации построен благодаря анализу данных мониторинга судовых дизелей разных типов, предоставляемых фирмой IMES GmbH (imes.de).

Комплексная пред- и постремонтная диагностика технического состояния дизелей тепловозов проводится сотрудниками кафедры СЭУ и ТЭ ОНМУ на станциях реостатных испытаний Одесской железной дороги с 2013 года [18].

Предложено решение актуальной для судовых дизелей задачи определения эффективных параметров, которое внедрено в практику эксплуатации нескольких судоходных компаний, в частности УКРФЕРРИ (ukrferry.com).

Приведена схема и обобщен результат научных исследований согласно методике профессора И. И. Кринецкого, которая помогает структурировать и организовать научные исследования в выбранном направлении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кринецкий И. И. Основы научных исследований: учеб. пособие / И. И. Кринецкий. – Киев, Одесса: Вища школа, 1981. – 207 с.
2. Воробьев Ю. Л. Гидродинамика судна в стесненном фарватере / Ю. Л. Воробьев. – СПб.: Судостроение, 1992. 224 с.
3. Microsoft Project // URL: <http://www.microsoft.com>.
4. ConceptDraw Project // URL: <http://www.conceptdraw.com>.
5. Diesel Engine Performance Analyzing System D4.0H: depas.odessa.ua // URL: http://depas.od.ua/pdf/DEPAS_Handy_brochure_rus_Print.pdf.
6. Varbanets R. Analyse of marine diesel engine performance / R. Varbanets, A. Karianskiy // Journal of Polish CIMAC. Energetic Aspects. Gdansk: Faculty of Ocean Engineering and Ship Technology Gdansk University of Technology. 2012. Vol. 7. No. 1. P. 269–275.
7. Российский морской регистр судоходства. НД 2-020101-077 Правила классификации и постройки морских судов. 11 Системы мониторинга технического состояния механизмов. 2015. Том 2. – 716 с.
8. РЕЗОЛЮЦИЯ МЕРС.214 (63): «Руководство 2012 года по освидетельствованию и выдаче свидетельств в отношении конструктивного коэффициента энергоэффективности (ККЭЭ)». 2012. 100 с.
9. Torque measurement system & performance monitor // URL: www.maridis.de.
10. SIROLL TorqueMon // URL: www.siemens-vai.com.
11. Torque and Shaft Power Measurement. Naval Torsionmeter System // URL: www.datum-electronics.co.uk.
12. The MAN B&W Brand Low Speed Engines // URL: <http://marine.man.eu/two-stroke/2-stroke-engines>.
13. Кондаков Г. А. Механический КПД двигателей внутреннего сгорания на частичных режимах / Г. А. Кондаков // Судовая энергетика. 1993. № 1. С. 25–26.
14. Варбанец Р. А. Мониторинг частотных параметров судового дизеля с турбонаддувом / Р. А. Варбанец, А. И. Головань, Ю. Н. Кучеренко // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Морская техника и технология. 2013. № 1. – С. 103–110.
15. Combustion and Emissions Simulation // URL: <https://www.avl.com>.
16. Вибе И. И. Новое о рабочем цикле двигателей / И. И. Вибе. М.: МАШГИЗ, 1962. 271 с.
17. Семенов В. С. Современные проблемы теории судовых дизелей / В. С. Семенов. М.: В/О Мортехинформреклама, 1991. 112 с.
18. Руденко С. В. Розроблення та впровадження методів параметричної діагностики дизелів тепловозів для зниження витрат на паливо та ремонт / С. В. Руденко, Р. А. Варбанець, В. Г. Івановський, О. І. Ваганов, А. І. Головань, Ю. М. Кучеренко, В. І. Кирнац, В. С. Губін / Звіт про науково-дослідну роботу. 2013–2015. 116 с.
19. Butterworth filter // URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Butterworth_filter.

РОЗРОБКА ГЕОПОРТАЛУ ІНТЕГРАЦІЇ ГЕТЕРОГЕННИХ ДАНИХ В ГІС ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Васюхін М.І., Сініцин О.В., Іваник Ю.Ю.

Національний університет біоресурсів і природокористування
(України, м. Київ)

Прецизійне землеробство – це новітня система у аграрній галузі, яка застосовує наукоємні технології, останні досягнення техніки та інтелектуальні методи управління. Її фундаментальною частиною є розвиток і адаптація стратегії та практики ведення сільського господарства в сучасних умовах. Головні завдання, що постають при такому підході, – виміряти, оцінити, оптимізувати і використати на практиці фактори, що впливають на продуктивність рослин, а саме: водно-фізичні та хімічні властивості ґрунту, ландшафтні особливості сільськогосподарських ділянок, сорти насіння, строки сівби і збирання, засоби боротьби з хворобами рослин, шкідниками, облік агрокліматичних умов біологічного розвитку тощо. Ефективне вирішення згаданих завдань неможливе без розробки, створення і впровадження дієвих геоінформаційних систем прецизійного землеробства (ГІС ПЗ) [1].

Мета роботи – розробка геоportалу, який інтегрує різні типи даних в модель гетерогенних даних (далі - ГД), для комплексного вирішення задач ГІС ПЗ.

Геоportал реалізовано за допомогою мови розмітки гіпертексту HTML 5 з підтримкою можливостей каскадної таблиці стилів CSS 3, що дозволяє, одночасно здійснювати зберігання та обробку даних з боку клієнта, незалежно від доступу до Web-сервера.

Геоportал підтримує інтеграцію ГД для формування та візуалізації двомірних і тримірних, моделей дискретних географічних об'єктів і в разі необхідності неперервних об'єктів з такими основними шарами: растрові і векторні карти різної тематики і масштабів; межі адміністративно-територіальних одиниць України; супутникові зображення на територію України; профілі ґрунтів, повздовжні і поперечні профілі автодороги, атрибутивні дані та метадані.

Комплексування картографічних та семантичних даних у єдину тривимірну модель дало змогу підвищити повноту та адекватність даних з урахуванням особливостей предметної області.

ЛІТЕРАТУРА

2. Васюхін М.І. Технологія отримання картографічних даних для геоінформаційної системи точного землеробства / М.І. Васюхін, О.М. Ткаченко, А.М. Касім, Ю.Ю. Іваник, В.В. Долинний // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон, 2014. – № 1 (015). – С. 64-69.

СИНТЕЗ УПРЕЖДАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ИРРИГАЦИОННЫМ КАНАЛОМ

Воцелка С.А.

Херсонский государственный аграрный университет (Украина),

Рожков С.А.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Введение. Особенностью оросительных систем Украины является наличие разветвленной открытой межхозяйственной оросительной сети и закрытой или открытой внутривладельческой оросительной сети [1, 2]. Организация эффективного использования водных ресурсов в условиях ограниченности запасов пресных вод и растущих потребностях в продовольствии обеспечивается соответствующим планом водопользования, который составляется ежегодно с учетом особенностей каждого хозяйства. Однако такой план не отражает фактическое состояние системы, а практическая реализация плана водопользования, как правило, осуществляется диспетчером оросительной системы.

Большинство оросительных систем проектировалось и строилось по нормативам других социально-экономических условий и большинство ирригационных каналов не имеют в своем составе водохранилищ [2, 3]. Применение на главных водозаборных, перекачивающих и подкачивающих насосных станциях (НС) многотарифных счетчиков электроэнергии, позволяет эффективно использовать значительные средства на электроэнергопотребление за счет оптимизации времени работы электрооборудования.

Однако, реализация экономически наиболее выгодного, по критерию стоимости электроэнергии, режима водозабора и водоподачи, ведет к значительному увеличению суточного диапазона изменений расходов воды, а диапазоны изменений расходов воды значительно превышают проектные [3, 6]. Появление больших возмущений ведет к неустойчивой работе системы управления и увеличению нетехнологических, непроизводительных сбросов воды, которые достигают 12...35% от величины водозабора [2]. В итоге не удается достичь потенциально возможного экономического эффекта от трансформации гидрографов водозабор-водораспределение-водоподача, а в отдельных случаях это ведет к нарушениям допустимых технологических режимов и переходам в аварийные состояния.

Существующие методы расчетов управления технологическими процессами водоразделения, принятые в практике эксплуатации оросительных систем, не решают проблем минимизации непроизводительных сбросов воды и электроэнергопотребления. По своей сути они не могут учитывать сложные динамические процессы, которые имеют место в каналах от магистральных до внутривладельческих.

Актуальность исследований. Межхозяйственная оросительная сеть, состоящая из магистральных и межхозяйственных каналов, должна обеспечивать надежную и эффективную водоподачу от источника орошения к внутривладельческой оросительной сети. Существенным резервом экономии водных и электроэнергетических ресурсов является рациональное использование объемов и емкостей бьефов в распределительных и магистральных каналах. Однако, определение этих резервов с учетом их распределенности, а также вопросы управления ими с учетом нелинейности, относятся к теоретическим проблемам, находящимся на сегодняшний день в стадии развития. Подтверждением такого положения могут быть результаты моделирования перевода (разгона) бьефа из состояния покоя в режим пропуска номинального расхода. При моделировании задавались разные начальные условия и строго выполнялась концепция управления «постоянного объема» с рассредоточенным контролем уровней воды по длине бьефа.

Постановка задачі. Задачей исследования является анализ возможностей усовершенствования систем управления процессами водораспределения [4, 5] для определения путей дальнейшего повышения их эффективности.

Результаты исследований. Задача улучшения качества управления процессами водораспределения решалась путем анализа возможностей постановки и решения обратных задач динамики объекта управления [5].

Рассмотрим задачу управления работой головным водозаборным сооружением (самотечным или насосной станцией) на открытом канале.

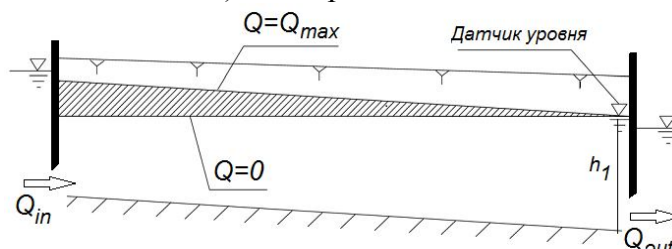


Рисунок 1 – Продольные профили поверхности потока воды в бьефе канала с регулированием по нижнему бьефу с отнесенным датчиком

Нестационарное течение воды описывается одномерной нелинейной гиперболической системой уравнений Сен-Венана [2]:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial S}{\partial t} = q \\ \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{S} \right) + gS \cdot \frac{\partial h}{\partial x} + gS \cdot (I_f - I_0) = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где Q – расход воды, S – площадь живого сечения; h – глубина потока в сечении; I_0 – уклон дна канала; I_f – уклон трения; $q = 0$ – путевые потери.

Управление – подача воды в канал Q_{in} осуществляется на левой границе канала (верхний створ), при этом потребитель находится на правой границе Q_{out} (нижний створ) (рис.1). Целью управления бьефом является удержание номинального уровня (глубины) воды h_1 в нижнем створе канала, где работает потребитель с известным переменным расходом Q_{out} , т.е. необходимо минимизировать функционал:

$$J(u) = \int_{t_0}^{t_1} (h - h_1)^2 dt \quad (2)$$

Пусть начальное состояние потока считается известным:

$$h(x, t) = h(x, 0) \quad Q(x, t) = Q(x, 0) \quad (3)$$

Выделив частные производные глубины потока h и расхода Q по координате x имеем:

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial x} = -B \cdot \frac{\partial h}{\partial x} \\ \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{g \cdot S \cdot (I_0 - I_f) \frac{\partial Q}{\partial x} + 2 \cdot v \cdot B \cdot \frac{\partial h}{\partial x}}{(g \cdot S - B \cdot v^2)} \end{cases} \quad (4)$$

На рис. 2 показаны области влияния регулирующего сооружения на состояние потока воды в канале. Выполнив расчет траектории изменения глубины воды до момента начала возможного влияния управляющего воздействия t_1 (рис. 2), со стороны головного подпорно-регулирующего сооружения (регулятора в точке x_0) по системе дифференциальных уравнений (1) в координатах от x_0 до x_L и от t_0 до t_1 , получим

значение отклонения уровня воды в точке $x_L(t_1)$. Далее из точки $x_L(t_1)$ задаем желаемую траекторию изменения глубины на разумный диапазон предсказания ($t_1 - t_N$).



Рисунок 2 – Области влияния регулирующего сооружения на состояние потока воды в канале

Решая систему дифференциальных уравнений (4) в обратном направлении по пространственной координате от t_0 до t_N и от x_L до x_0 получаем искомое управление – гидрограф водоподачи в бьеф. При этом направление расчета (прямое или реверсное) зависит от расположения подпорно-регулирующего сооружения (регулятора), относительно точки управляемой координаты.

В отличие от известных решений подобных задач [4], где для минимизации функционала качества управления (2) используется многократное решение сопряжённой системы в обратном по времени направлении с нулевым начальным условием, данный метод предполагает допущение, что такой функционал существует и имеет минимум, равный нулю на интервале от t_1 до t_N .

Решение модельных примеров подтвердили, что путем численного решения обратной задачи динамики полной одномерной нелинейной системы дифференциальных уравнений Сен-Венана, преодолев проблемы корректности, возможно:

- построить алгоритм идентификации начального состояния технологического процесса (профилей уровней и расходов) в ирригационном канале, при этом в качестве входных данных используются оперативные измерения показателей течения (уровень и расход воды в контролируемых точках канала);
- построить алгоритм идентификации текущего состояния технологического процесса (профилей уровней и расходов) в ирригационном канале;
- определить необходимую «глубину ретроспективы данных», достаточной для идентификации вектора состояний модели системы, иными словами, оценка времени от момента начала поступления измерений до момента полной инициализации математической модели;
- выполнить синтез граничного упреждающего управления водоподачи в бьеф ирригационного канала по желаемой траектории регулируемой координаты, переводящее весь поток в желаемое (возможно установившееся) состояние к заданному моменту времени (терминальное управление).

На рис. 3 и рис. 4 показаны результаты синтеза упреждающего управления, стабилизирующего уровень в конце канала (рис. 3 – график уровней в канале при синтезе управления, рис. 4 – проверка полученного решения (управления).

Моделирование результатов («регулирование по нижнему бьефу с отнесенным датчиком»), при ступенчатом возрастании нагрузки – расхода потребителя с 10 % до 125 %, подтвердило возможность синтеза управления без постановки и решения вариационной задачи [4, 5].

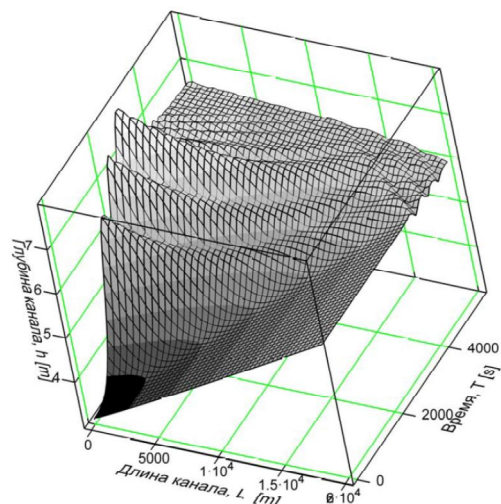
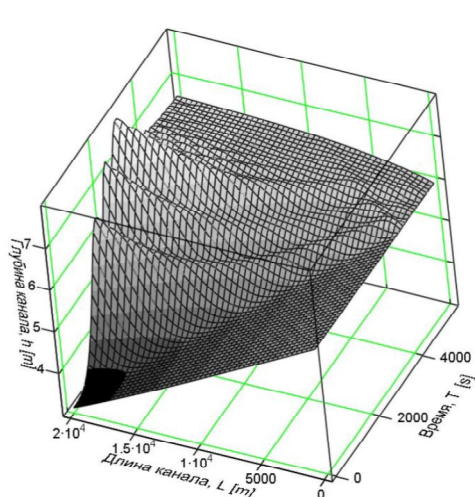


Рисунок 3 – График свободной поверхности воды в канале (реверсный расчет по L)

Рисунок 4 – График свободной поверхности воды в канале (прямой расчет по T)

Выводы. На основании ретроспективных данных метод решения обратной задачи динамики позволяет выполнить идентификацию параметров бьефа с оценкой коэффициента шероховатости русла и потери воды на фильтрацию, испарение, несанкционированный отбор.

Предложенный подход к решению задач управления может быть применен не только для оросительного канала, но и для других объектов (каналов двустороннего регулирования), модель которых представляет собой систему нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных параболического или гиперболического типа в постановке 1D (линейная координата x и время t).

Все вышеперечисленные решения могут быть реализованы в реальном масштабе времени в системе поддержки и принятия решений (СППР) оперативного управления водораспределения на ирригационных каналах Украины.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коваленко П.І. Реалії та майбутнє автоматизації зрошувальних систем України / П.І. Коваленко, Ю.І. Гринь, Ю.О. Михайлов Ю.О. та ін. // Водне господарство України. –2006. –№ 1. – С.46-54.
2. Коваленко П. І. Управління водорозподільними системами за принципами ресурсо- та енергозаощадження / П.І. Коваленко, В.М. Попов. – К.: Аграрна наука, 2011. – 368 с.
3. Ромащенко М. Автоматизація зрошувальних систем: досвід і уроки на майбутнє / М. Ромащенко, О. Шевченко // Вод. госп-во України. – 2005. – № 3. – С. 27–32.
4. Толстых В.К. Управляемость пространственно-распределенных систем /В.К.Толстых// Математичне та комп'ютерне моделювання. Зб. наук. пр. – Кам'янець-Подільський: Кам'янець-Подільськ. нац. ун-т, 2012. –Вип. 6. – С. 207–214.
5. Воцелка С.А. Синтез управления бьефом оросительного канала /С.А. Воцелка // Вестник Херсонского национального технического университета. –2013. –№2 (47). – С. 67–71.
6. Malaterre, P.-O., Rogers D.C., Schuurmans J. Classification of Canal Control Algorithms//Journal of Irrigation and Drainage Engineering, January/February 1998. –Vol. 124. –No. 1, – P.3-10. Режим доступа: [http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9437\(1998\)124:1\(3\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1998)124:1(3))

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GALS-ТЕХНОЛОГИЙ В ЕДИНОЙ СИСТЕМЕ ПОИСКА И СПАСЕНИЯ НА МОРЕ

Годованюк С.П.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Согласно Постановления КМ Украины от 24.02.2016 № 158 действует с 10.03. 2016 «О восстановлении единой системы поиска и спасение на море» отменено решение о реорганизации казенного предприятия «Морская поисково-спасательная служба» путем его присоединения к государственному предприятию «Администрация морских портов Украины». Государственное предприятие «Администрация морских портов Украины» ликвидировано и присоединено к казенному предприятию «Морская поисково-спасательная служба».

Предметом деятельности КП «Морской поисково-спасательной службы» являются:

- организация, координация и проведение поисково-спасательных работ;
- оказание помощи пострадавшим;
- обеспечение устойчивого функционирования и дальнейшего развития национальной системы поиска и спасения в морском поисково-спасательном районе Украины;
- поддержание судами, плавсредствами, авиационными средствами, техническими средствами и береговыми подразделениями постоянной аварийно-спасательной готовности для осуществления поиска и спасения в морском поисково-спасательном районе Украины;
- реализация, развитие и использование систем морского подвижной связи и внедрение комплекса национального сегмента Глобальной морской системы связи при бедствиях и для обеспечения безопасности (ГМССБ);
- разработка предложения по совершенствованию национальной системы поиска и спасения на море;
- обеспечение единой организационной и технической политики с целью развития и использования средств связи и радиоопределения для морской подвижной службы в национальных и международных, традиционных и спутниковых системах.

За организацию эффективного поиска и спасения судна, терпящего бедствие, и координацию проведения поисково-спасательных операций в пределах определенного поисково-спасательного района несет ответственность спасательно-координационный центр (СКЦ), закрепленный за данным районом. К каждому району и СКЦ прикреплены береговая станция (радиостанция), в функции которой (ых) входит прием и передача оповещения о бедствии и связь для координации проведения поисково-спасательных операций. Каждая станция имеет надежную телефонную и телексную связь с СКЦ.

В поисково-спасательных районах могут быть выделены определенные части, в которых в помощь спасательно-координационному центру создаются спасательные подцентры (СПЦ).

Таким образом, КП «Морская поисково-спасательная служба» может рассматриваться как сложная система, а ее проектирование должно проводиться на основе методологии системных исследований.

Система это совокупность взаимодействующих элементов, которые имеют интегральные свойства, не присущие каждому из этих элементов отдельно.

Сложная система – система, характеризующаяся большим числом элементов и, что наиболее важно, большим числом взаимодействий элементов.

Сложная система подразумевает согласованную работу с подсистемами. Поскольку процессы проектирования и управления организацией должно выполняться с помощью автоматизированных систем, то успешная производственная деятельность

подразумевают необходимость информационного взаимодействия также между элементами системы.

В связи с тем, что в ходе проведения исследований приходится применять различные по своей сущности математические модели поведения системы, в которых используются самые разнообразные по своей природе исходные данные, представляется целесообразным для проведения более детальных исследований на этапе перехода от внешнего (концептуального) проектирования к внутреннему (техническому) воспользоваться современными методами разработки сложных систем [1]. Отметим, что концептуальная модель включает описания объектов и их взаимосвязи. Проектирование концептуальной модели основано на анализе, решаемых на этом объекте задач по обработке данных.

Среди методов разработки сложных систем наибольшее распространение получили методы, известные под общим обозначением CALS (Computer Fided Logistics Support), в переводе с английского определяемыми как «компьютерная поддержка логистических систем», в настоящее время эту аббревиатуру принято расшифровывать иначе, а именно Continuous Acquisition and Lifecycle Support, что по может быть представлено как компьютерное сопровождение и поддержка жизненного цикла [2].

Целью настоящей работы является использование современной GALS-технологии в единой системе поиска и спасения на море.

Основная часть. Назначение CALS-технологий – обеспечивать предоставление необходимой информации в нужное время, в нужном виде, в конкретном месте любому из участников жизненного цикла.

Основные задачи CALS-систем :

- структурирование и моделирование данных об объекте и процессах;
- обеспечение эффективного управления и обмена данными между всеми участниками жизненного цикла;
- создание и сопровождение документации, необходимой для поддержки всех этапов жизненного цикла.

Эффективность управления данными подразумевает, прежде всего, представление информации в форме, обеспечивающей легкость ее восприятие и однозначное ее понимание всеми участниками жизненного цикла. Это требование распространяется на любую документацию, используемую в разных процедурах этапов жизненного цикла.

В CALS-системах предусмотрены хранение, обработка и передача информации в компьютерных средах, оперативный доступ к данным в нужное время и в нужном месте.

CALS-технологии не отвергают существующие автоматизированные системы проектирования и управления, а являются средством их эффективного взаимодействия.

Программное обеспечение CALS представлено программными комплексами, предназначенными для поддержки единого информационного пространства этапов жизненного цикла [3].

Математическое обеспечение CALS включает методы и алгоритмы создания и использования моделей взаимодействия различных систем в CALS-технологиях. Среди этих методов, в первую очередь, следует назвать методы имитационного моделирования сложных систем, методы планирования процессов и распределения ресурсов.

В общем случае, на стадии концептуального, внешнего проектирования системы, когда определяется ее облик и осуществляется переход к стадии разработки тактико-технического задания на проектирование системы, исследователь осуществляет более широкое взаимодействие, чем это может быть определено с помощью обычных исследовательских моделей. Ведь в процессе работы исследователю необходимо осуществлять тесное взаимодействие с различными сторонами, обладающими самой разнообразной информацией, необходимой для создания новой системы. В данном случае исследователю приходится совмещать исследовательские функции с административно-

управленческой деятельностью, поэтому корректнее использовать термин «администратор системы» [4].

При создании КП «Морская поисково-спасательная служба» взаимодействующими с администратором системы сторонами являются:

- заказчик системы;
- потенциальный разработчик системы;
- НИУ, осуществляющие научно-техническое сопровождение работ;
- пользователи системы;
- потенциальные потребители системы.

В такой постановке ведение диалога исследователем, осуществляющим внешнее проектирование КП «Морская поисково-спасательная служба», с заинтересованными сторонами также может быть описано с использованием принципов диалогового моделирования. В данном случае удобнее применить термин «интерактивное» моделирование (от *interaction* – взаимодействие, взаимосвязь).

Тогда процесс интерактивного взаимодействия исследователя может быть представлен как с помощью ЭВМ, так и в режиме непосредственного обращения исследователя к различным моделям и источникам информации, необходимым в процессе создания системы. И в том и другом случае взаимодействие исследователя с ЭВМ (заинтересованными сторонами) осуществляется на основе разрабатываемой сценарной модели (сокращенно «сценарий»). В общем случае возможно комбинированное взаимодействие с компьютерной моделью системы и с заинтересованными сторонами, причем участники взаимодействия также могут использовать компьютерные модели [5].

В обобщенном виде сценарий формирования облика КП «Морская поисково-спасательная служба» может быть представлена в виде процесса, состоящего из следующих основных этапов.

Первый этап. По своей сути он является пред проектной стадией создания КП «Морская поисково-спасательная служба». На данном этапе работ производится сбор исходной информации по вопросу создания КП «Морская поисково-спасательная служба» и осуществляется формирование банка данных. В процессе выполнения последующих этапов работ сбор и обновление необходимой для проектирования информации продолжается. Это вызвано, в первую очередь, сложностью решаемой научной задачи и расширением сферы взаимодействия разработчика системы с заинтересованными сторонами.

Второй этап. На этом этапе, который условно может быть назван концептуальным, производится выработка концепции создания системы. В соответствии с принятой интерпретацией на данном этапе осуществляется выявление основных направлений создания КП «Морская поисково-спасательная служба», исходя из общих тенденций развития системы поиска и спасения. Решения, принятые на этом этапе, в значительной мере определяют техническую политику создания системы. Поэтому данный этап является чрезвычайно важным и ответственным.

На третьем этапе работ, производится постановка задачи формирования облика КП «Морская поисково-спасательная службы» в соответствии с принятой концепцией создания системы. Постановка задачи подразумевает выбор и обоснование более широкого набора показателей эффективности и качества системы. На данном этапе работ большое внимание уделяется технико-экономическим показателям. На этом же этапе осуществляется выбор методов решения поставленной задачи. Производится конкретизация частных задач, решаемых КП «Морской поисково-спасательной службой».

Четвертый этап. Данный этап является основным этапом внешнего проектирования комплекса, на котором выполняется разработка системных моделей КП «Морской поисково-спасательной службы» и моделей его функционирования. На этом этапе осуществляется моделирование основных структурных и функциональных свойств создаваемой системы и производится оценивание основных показателей эффективности и

качества КП «Морской поисково-спасательной службы». Отличительной особенностью четвертого этапа работ является широкое использование математических методов и их реализации в виде программного продукта на ЭВМ.

Пятый этап. На этом этапе производится анализ результатов, полученных при моделировании основных структурных и функциональных свойств разрабатываемого КП «Морская поисково-спасательная служба». Особенностью данного этапа является широкое привлечение широкого круга специалистов, как в области применения к спасательным технологиям, так и специалистов из смежных областей, связанных с выполнением специальных работ по поиску и спасению. Полученные в ходе моделирования КП «Морской поисково-спасательной службы» результаты должны быть подвергнуты тщательному анализу как при решении частных прикладных задач, так и при решении задач комплексного плана. Особое внимание рекомендуется обратить на координацию и согласованность выполнения всех работ в интересах поиска и спасения. В процессе проведения анализа полученных результатов отдельные модельные эксперименты могут быть дополнены и уточнены по исходным данным заинтересованных в создании КП «Морская поисково-спасательная служба» сторон.

На шестом этапе внешнего проектирования КП «Морской поисково-спасательной службы» осуществляется выработка предложений по созданию КП «Морская поисково-спасательная служба» и определяются основные этапы его создания, разрабатываются и обосновываются рекомендации по применению комплекса для решения военно-прикладных задач в различных условиях боевой обстановки. Данный этап работ сопровождается проверкой и отработкой методов и способов применения сил и средств комплекса для решения широкого круга задач выполнения КП «Морской поисково-спасательной службы». На этом же этапе осуществляется выработка тактико-технических требований для подготовки технического задания на проектирование системы.

Вывод. Предложено для формирования облика КП «Морской поисково-спасательной службы» использовать совокупность методов концептуального, внешнего проектирования больших систем, известных под общим названием CALS-технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Клар Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М. : Радио и связь. 1990. – 544 с.
2. Информационные системы управления и принятия решений в бизнесе: социальный и методологический аспекты. – М. : ИНИОН РАН, 1994. – 36 с.
3. Норенков И.П., Кузьмик П.К. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.
4. Малышев Н.Г., Мицук Н.В. Основы оптимального управления процессами автоматизированного проектирования. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 224 с.
5. Норенков И.П. Автоматизированное проектирование. – М. : Высшая школа, 2000. – 188 с.

СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Дощенко Г.Г.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

В цілях зниження числа аварійних ситуацій на судах необхідно оснащувати судна системами моніторингу стану основних і допоміжних механізмів. Один з основних недоліків існуючих систем моніторингу – неможливість визначити початкову стадію порушення роботи системи. Основна функція більшості існуючих систем моніторингу полягає в знятті параметрів з датчиків та у відображенні результатів екіпажу і судовласнику. Використання нейромережевих технологій при рішенні задач діагностики дасть можливість не тільки фіксувати показники датчиків і порівнювати їх з еталонними значеннями, але і проводити аналіз одержаних параметрів роботи системи в комплексі, прогнозуючи можливість настання збоїв в роботі як окремих елементів, так і системи в цілому. Проблема полягає в тому, що у складі теперішніх систем моніторингу відсутній аналіз параметрів, які знімаються. Для усунення цього недоліку пропонується впровадження в систему моніторингу глибокого аналізу параметрів, який буде не тільки порівнювати з еталонними значеннями, але і складати прогноз на залишковий ресурс механізмів, пропонувати рекомендації по зміні режиму роботи двигуна і проведення позапланового ТО.

В даний час застосовуються різні методи аналізу параметрів [1], що знімаються, у тому числі перетворення Фур'є; регресійний аналіз, статистика вищого порядку. Найперспективнішим напрямом аналізу даних є метод, який заснований на нейромережевих технологіях. Результатом аналізу системи моніторингу, заснованої на нейромережевих технологіях, повинні стати рекомендації по вживанню тих або інших заходів як судовласнику, так і екіпажу.

Діагностика, яка заснована на нейромережевих технологіях, сприятиме запобіганню виникнення аварійних ситуацій і збільшенню показника готовності судна, що, у свою чергу, збільшить економічні показники експлуатації судна.

Нейромережеві технології базуються на штучній нейронній мережі, яка функціонує за принципом біологічних аналогів, яка, у свою чергу, дає можливість застосовувати нейромережі при рішенні задач адаптивного управління, розпізнавання образів, прогнозування події, кластеризації.

Якість майбутньої нейромережевої моделі залежить від кількості проведених експериментів. Аналіз літератури показав, що на початковому етапі найефективнішим буде використання програмного продукту Matlab, який дозволяє проаналізувати нейронні мережі з різною архітектурою [2]. В роботі пропонується в процесі моніторингу стану судна використовувати декілька типів нейронних мереж, які здійснюватимуть аналіз параметрів різних систем судна, що знімаються.

Аналіз можна розбити на декілька етапів (рис. 1). Перший етап – це фільтрація сигналів від перешкод і шумів, виділення реального сигналу. Другий етап полягає в безпосередньому аналізі параметрів, що знімаються, порівнянні їх з еталоном, визначенні поточного стану і прогнозі залишкового ресурсу елементів системи. Третій етап – класифікація стану систем: аварійне, неаварійне, перед аварійне і рішення по формуванню рекомендацій. Важливою задачею в процесі побудови нейромережевої діагностики параметрів є фільтрація сигналів, які поступають на нейронну мережу, що відповідає за аналіз даних. До спотворених сигналів, що знімаються з датчиків (акустичних і вібраційних), можна віднести в першу чергу аналогові сигнали, оскільки вони найбільш схильні впливу «шуму» [3]. Для виявлення корисного сигналу пропонується застосувати нейронні мережі з розпізнаванням образів, типу: мережі ARM та мережі RBF.

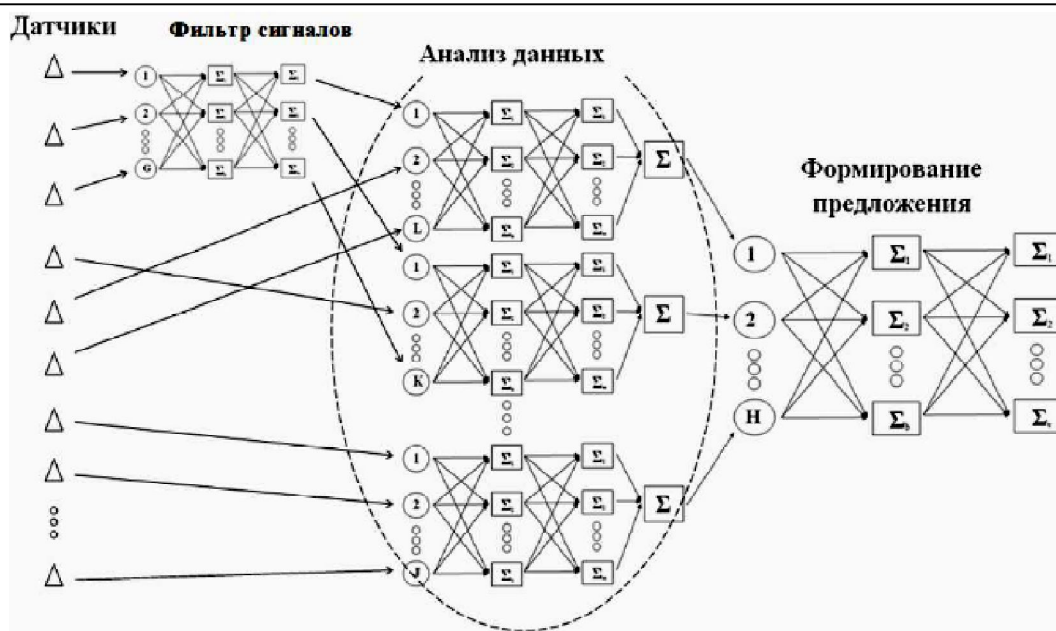


Рисунок 1 – Схема поетапного аналізу параметрів судна

Як вхідні дані на етапі безпосереднього аналізу і прогнозу залишкового ресурсу пропонується використовувати безпосередньо параметри двигунів і допоміжних систем. Аналіз сигналів, які надходять, та значень параметрів здійснюватиметься нейронними мережами з архітектурою типу: багатошаровий перцептрон, SOM Кохонена, мережі RBF, мережа прямого розповсюдження або змагання.

На етапі формування пропозиції пропонується використовувати нейронні мережі із змішаною парадигмою навчання і з «вчителем», такі як: багатошаровий перцептрон, Мережа RBF.

Для побудови адекватної нейромережевої моделі для вирішення будь-якої задачі на першому етапі необхідно визначитися з рядом параметрів:

- визначити вимоги до повчальних множин;
- обрати оптимальну архітектуру і тип штучної нейронної мережі (кількість шарів, кількість нейронів в кожному шарі, визначити вид функції активації і таке інш.).

Нейронна мережа здійснюватиме аналіз не самих параметрів системи, а вихідних даних нейронної мережі другого етапу.

Нейронні мережі – це достатньо ефективний механізм рішення подібного роду задач, оскільки вони застосовні практично в будь-якій ситуації. Можливості нейромережевих моделей ширше за стандартні методи діагностики, вони достатньо ефективні як для лінійних, так і для складної нелінійної залежності, а також в задачах класифікації, розпізнавання образів, визначення наявності залежності між змінними. Слід зазначити, що ґрунтуючись на властивостях нейронних мереж, можна уявити собі абсолютно інший спосіб моделювання і осмислення процесів, підвищивши якість діагностики судна, що зрештою дозволить істотно понизити кількість аварійних ситуацій, які виникають на судах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории. – М.:Горячая Линия, Телеком, 2010. – 496 с.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB Sim Power Systems и Simulink. - М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. - 288 с.
3. Субботін С.О., Олійник А.О., Олійник О.О. Неітеративні, еволюційні та мультиагентні методи синтезу нечіткологічних і нейромережних моделей: Монографія / Під заг. ред. С.О. Субботіна. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2009. – 375 с.

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЛАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВ-ГАЗОВОЗОВ LNG НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Дун Синьшо

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

Введение. Природный газ как один из самых эффективных и безопасных источников энергии широко применяется в промышленности и быту. Месторождения природного газа в мире расположены неравномерно, большинство из них находится далеко от стран-потребителей и газ к этим странам необходимо доставлять. В случае если газовые месторождения отдалены от стран-потребителей морями на больших расстояниях, использование морского транспорта является единственным экономически эффективным [1].

Транспортировка природного газа морем становится возможной лишь при переводе его в сжиженный вид, когда объем природного газа уменьшается примерно в 600 раз. Природный газ в сжиженном виде называется LNG (Liquefied Natural Gas, сжиженный природный газ) [2]. Сжиженный природный газ транспортируется специализированными судами – судами-газовозами LNG. В связи с особенностью транспортируемого груза, суда этого типа выделены в особый класс.

На начальных стадиях проектирования судов-газовозов LNG основной проблемой является определение количества судов и их главных элементов для рассматриваемого объема поставок и условий эксплуатации. Принятое проектное решение должно обеспечить экономическую эффективность и безопасность эксплуатации судов. В настоящее время такая проблема решается с помощью специализированных оптимизационных задач проектирования, в которых процесс поиска оптимизационного решения чередуется с моделированием основных функциональных операций жизненного периода судна. Моделирование функциональных операций судна осуществляется с помощью метода теории случайных функций и метода имитационного моделирования. Для поиска оптимального проектного решения судна используются методы нелинейного программирования [3]. Это направление является актуальным и представляет как научный, так и практический интерес.

Оптимизационная задача определения главных элементов судов-газовозов LNG имеет следующий вид:

найти экстремум целевой функции $F(X, U) \rightarrow \text{extr}$,

где $X (x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор независимых переменных; n – количество компонентов, образующих вектор X ; $U (u_1, u_2, \dots, u_m)$ – вектор входных данных; m – количество компонентов, образующих вектор U .

Поставленная задача сводится к тому, что при заданном векторе U определить такой вектор X , чтобы критерий оптимальности (целевая функция) достигал экстремального значения. На компоненты вектора X накладывается множество ограничений, которые подразделяются на два вида: тривиальные и функциональные.

Для решения этой задачи необходимо разработать следующие вопросы:

1. Определение вектора независимых переменных X . За независимые переменные выбраны следующие величины: $x_1 = L$ – длина судна; $x_2 = B$ – ширина судна; $x_3 = H$ – высота борта судна; $x_4 = T$ – осадка судна; $x_5 = C_B$ – коэффициент общей полноты; $x_6 = v_s$ – скорость хода; $x_7 = n_{LNG}$ – количество судов во флоте. При этом x_1 – x_6 являются непрерывными, а x_7 – целочисленной независимой переменной.

2. Определение вектора входных данных U , к которому относятся объем поставок грузов по контракту, плотность LNG, характеристики района плавания, дальность плавания, автономность, экономические данные, желаемые характеристики судов и т. д.

3. Формирование системы тривиальных ограничений – это ограничения, непосредственно накладываемые на компоненты X по условия эксплуатации, постройки судов и требованиям заказчиков:

$$(x_i)_{\min} \leq x_i \leq (x_i)_{\max}, \quad (i = 1, \dots, 7),$$

где $(x_i)_{\min}$, $(x_i)_{\max}$ – соответственно нижнее и верхнее допустимые значения i -ой независимой переменной.

4. Формирование системы функциональных ограничений. Функциональные ограничения накладываются на искомые переменные не непосредственно, а через соотношения, связывающие искомые переменные с качествами судов:

$$G_j(X, U) \geq 0, \quad (j = 1, \dots, k),$$

где $G_j(X, U)$ – функционал, характеризующий j -ое качество судов и соответствующее требование; k – количество рассматриваемых качеств.

В данной работе в качестве функциональных ограничений рассматриваются плавучесть, ходкость, грузместимость, остойчивость, минимальная высота надводного борта, обитаемость, прочность и непотопляемость судна.

5. Выбор критерия оптимальности. Задача проектирования транспортных судов ориентирована на достижение максимальной прибыли в течение всего срока эксплуатации, в качестве критерия оптимальности используется критерий максимизации прибыли.

Таким образом, оптимизационная задача сводится к нахождению максимума критерия оптимальности:

$$F(X, U) = P - I - C \rightarrow \text{максимум},$$

где P , I , C – прибыль, доходы и расходы от эксплуатации судов в течение всего срока эксплуатации.

6. Формирование математической модели проектирования судов. Критерий оптимальности вычисляется в математической модели проектирования судов (ММПС) – это система алгебраических и дифференциальных уравнений, включающая также вычислительную процедуру, позволяющую определить значение критерия оптимальности [4]. В данной работе ММПС состоит из трех взаимосвязанных моделей: модель инженерных и мореходных качеств судов; модель функционирования судов и экономическая модель.

В первой модели с использованием регрессионных зависимостей, приближенных формул и близких прототипов вычисляются основные инженерные и мореходные качества судов. В модели функционирования рассматриваются основные функциональные операции судов и моделируются возможные аварийные ситуации. В экономической модели на основе полученных результатов в первых двух моделях вычисляется критерий оптимальности.

7. Выбор методов решения задачи оптимизации. Особенности функционирования транспортных судов в современных условиях (цена на топливо, возможные аварийные ситуации, погодные условия в районе плавания и т. д.) не позволяют использовать при их проектировании детерминированные модели. В связи с этим при разработке метода определения оптимальных главных элементов судов необходимо учитывать стохастический характер исходной информации. Эта задача может успешно решаться с помощью метода имитационного моделирования. В этой работе для отыскания экстремума критерия оптимальности при наличии ограничений используются метод сопряженных направлений и метод внешней точки [5, 6].

Усовершенствованный метод определения оптимальных главных элементов судов-газовозов LNG разработан на основе решения перечисленных вопросов. Укрупненная блок-схема алгоритма представлена на рис. Она состоит из трех блоков: блок входных данных; блок математической модели проектирования судов и блок оптимизации.

В первом блоке формируется начальная точка вектора независимых переменных и

задаются входные данные. Во втором блоке с помощью созданных модели инженерных и мореходных качеств судов, модели функционирования и экономической модели судов вычисляется критерий оптимальности. Третий блок является блоком оптимизации.

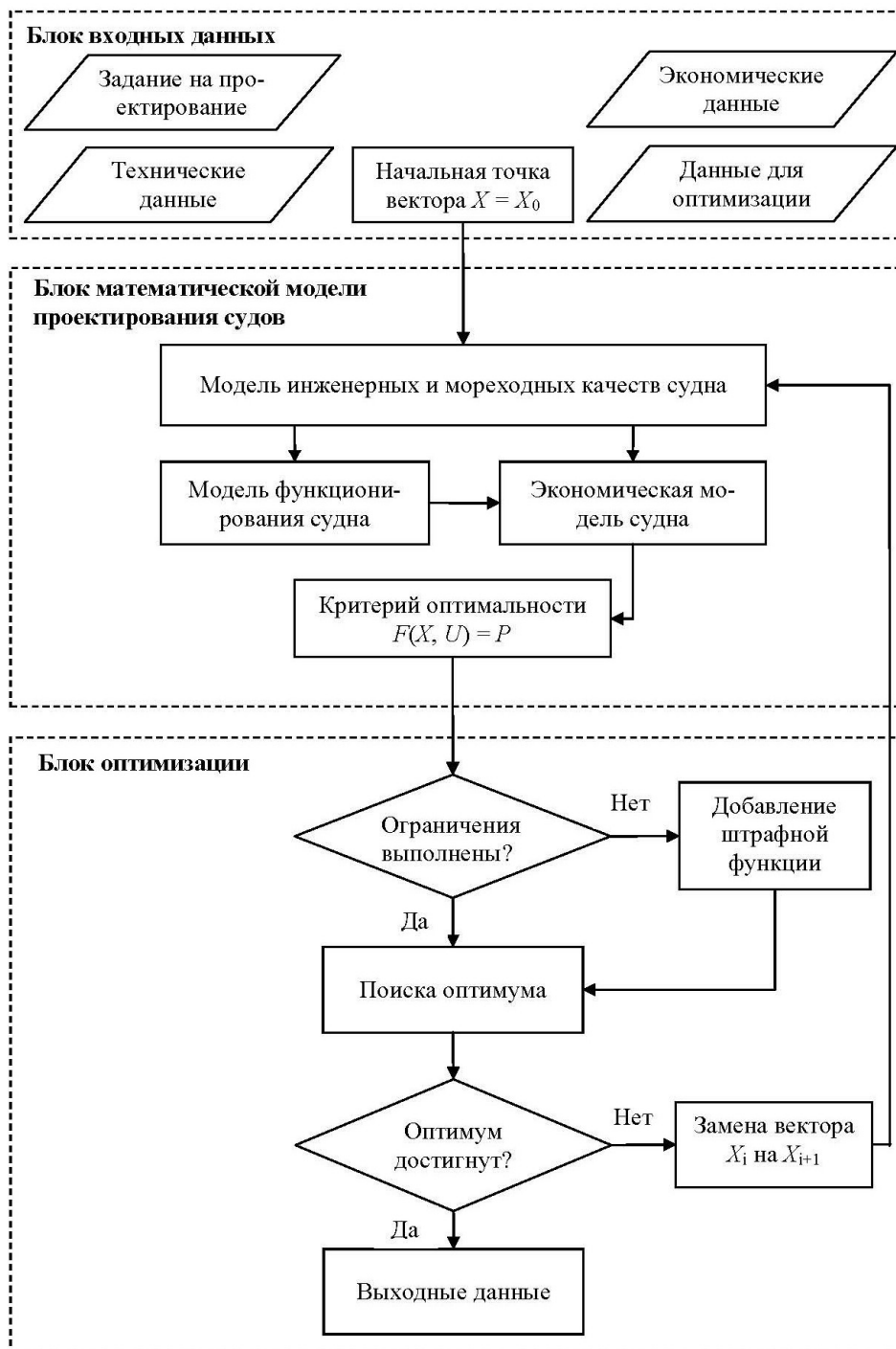


Рисунок 1 – Укрупненная блок-схема алгоритма определения оптимальных главных элементов судов-газовозов LNG

Выводы. В работе предложен метод определения главных элементов судов-газовозов LNG на начальных стадиях проектирования на основе формулировки оптимизационной задачи. Разработанный метод может осуществляться на универсальных языках программирования, например, Pascal, C++, Visual Basic и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зайцев, В. В. Суда-газовозы / В. В. Зайцев, Ю. Н. Коробанов. Л.: Судостроение, 1990. – 304 с.
2. Логачев, С. И. Суда для перевозки сжиженных газов [Текст] / С. И. Логачев, М. М. Николаев. – Л. : Судостроение, 1966. – 258 с.
3. Дун Синьшо. Анализ современного состояния и пути совершенствования метода определения характеристик судов-газовозов LNG [Текст] / Дун Синьшо // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2014. – № 5. – С. 12–16.
4. Гайкович, А. И. Применение современных математических методов в проектировании судов [Текст] / А. И. Гайкович. – Л. : Изд. ЛКИ, 1982. – 89 с.
5. Фиакко, А. Нелинейное программирование. Методы последовательной безусловной минимизации [Текст] / А. Фиакко, Г. Мак-Кормик. – М. : Мир, 1971. – 240 с.
6. Химмельблау, Д. Прикладное нелинейное программирование [Текст] / Д. Химмельблау. – М. : Мир, 1975. – 534 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ФОРМУЮТЬ ПІШОХІДНІ ПОТОКИ

Єрмак О.М.

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

Вступ. Найпоширенішим видом переміщення людей по території міста являється пішохідний рух. Тому, окрім вивчення та моделювання потоків транспортних засобів, необхідно приділяти належну увагу і пішохідним потокам. Основна проблема цього завдання полягає в тому, що поведінку пішоходів важко описати, на відміну від поведінки водіїв, оскільки останні перебувають у транспортному засобі.

Актуальність досліджень. Безперервний ріст міст і збільшення загальної рухливості населення висувають завдання організації міського руху в число найбільш актуальних і складних проблем. Вибір оптимального варіанта організації пішохідного руху дозволяє підвищити швидкість, безпеку, комфорт руху, а також забезпечити раціональне використання пішохідних шляхів сполучення й ресурсів часу пішоходів. Тому однією з актуальних проблем міст є організація пішохідних шляхів внутрішньоміських пересувань із урахуванням їх мети і категорій населення.

Постановка задачі. Метою роботи є визначення основних характеристик пішохідного руху в містах і його взаємодія із транспортними потоками.

Результати досліджень. Пересування людей являється однією з основних функцій їх життєдіяльності. В більшості випадків воно визначається місцем їх роботи і проживання. Для правильної організації руху пішохідних потоків необхідно розглянути закономірності їх формування. Взагалі, виділено 4 групи факторів, що впливають на ці потоки (рис. 1) [1]:

- 1) містобудівні;
- 2) дорожньо-планувальні;
- 3) соціальні;
- 4) економічні.



Рисунок 1 – Фактори впливу на пішохідні потоки

Містобудівні фактори виступають у вигляді планувальних особливостей схеми шляхів сполучення, розташування пунктів тяжіння і генерації пішохідних потоків, типу забудови вулиць.

Дорожньо-планувальні включають в себе окреслення вулично-дорожньої мережі, інтенсивність пішохідного та транспортного руху, швидкість руху транспортних засобів, режим регулювання та планувальні характеристики вулиць.

До соціальних факторів відносяться склад пішохідного потоку за віком, цільове призначення пішого пересування, рівень дорожнього виховання учасників руху - водіїв і пішоходів, ефективність дорожнього нагляду, транспортна адаптація пішоходів.

Економічні чинники включають капітальні й експлуатаційні витрати на будівництво та утримання технічних засобів організації та забезпечення безпеки пішохідного руху, дальність пересування, величину затримок транспортних засобів і пішоходів в зонах їх контакту.

У роботах Закірової Ю.А. і Титова А.Л. [2, 3] розглядається формування пішохідних потоків під впливом таких факторів, як: виразність архітектурного простору (протяжність, відкритість, висота, динамічні характеристики побудови архітектурних форм, закладені символічні смисли, образи) і психофізіологічні особливості.

Поведінка пішоходів є досить складним процесом, тому при плануванні об'єктів з високою щільністю пішохідного руху і обмеженим простором для оптимізації потоків пішоходів, гарантованого запобігання дискомфорту і зниження затримок, а також підвищення безпеки руху, доцільно проводити імітаційне моделювання. Воно необхідне в тому числі для вирішення наступних завдань [4]:

- взаємодія пішоходів з іншими видами транспорту;
- проведення заходів з великим скупченням людей;
- масова евакуація людей з місць їх концентрації ;
- перевірка роботи пропускних систем.

При виборі моделі визначається ряд параметрів, якими володіє модель [4]:

- вибір мікроскопічної або макроскопічної моделі;
- дискретна або безперервна модель;
- детермінована або стохастична модель;
- модель, заснована на правилах, або заснована на силах;
- висока або низька точність.

Сформовані основи теорії руху пішохідних потоків, стали основою для розробки таких сучасних моделей, як [4]:

1. Модель сил, що притягуються.
2. Модель соціальних сил.
3. Клітинні автомати.
4. Газо-кінетична модель.

5. Моделі, що використовують теорію черг для опису руху пішоходів з використанням імовірнісних функцій.

6. Розрахункові моделі.

Дані моделі доцільно використовувати при плануванні об'єктів з високою щільністю пішохідного руху і обмеженим простором для оптимізації потоків пішоходів, гарантованого запобігання дискомфорту і зниження затримок, а також підвищення безпеки руху.

Висновки. Проведений аналіз просторів, моделей пішохідного руху й факторів впливу на нього дозволяє виділити актуальні проблеми взаємодії транспортних і пішохідних потоків. В роботі визначено фактори, що впливають на рух пішоходів, виділені заходи по організації цього руху.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов [Текст] / Е. М. Лобанов. – М.: Транспорт, 1990. – 240 с.
2. Закирова Ю. А. Пешеходное движение как фактор воздействия на организацию городской среды [Текст] / Ю. А. Закирова // Известия КазГАСУ. – 2008. – №1. – С. 25-28.
3. Титов А. Л. Организация архитектурной среды и поведение человека [Текст] / А. Л. Титов. – Екатеринбург, 2004. – 121 с.
4. Моделирование пешеходных потоков: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bespalov.me/2012/06/07/modelirovanie-peshehodnih-potokov/>

ЗАДАЧИ ИНВАРИАНТНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ

Капитальян П.В., Рожков С.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Актуальность проблемы. В задачах передачи видеосигналов современные методы борьбы с помехами практически достигли своего предела совершенства. Однако при возникновении помех цифровое телевидение не обеспечивает полного сохранения потока информации [1, 2]. Задачу повышения помехоустойчивости передачи информации, в том числе и видеoinформации, можно выполнить как описание процесса приема и передачи информации в обобщенных переменных, причем такими переменными могут быть оценки информационных потоков в системах приема.

На сегодняшний день проблема инвариантности, а именно проблема построения системы, у которой качество работы не зависит от возмущений в пространстве объектов, является основной в задачах создания систем распознавания образов. В теории управления решение данного вопроса сформулировано признаком абсолютной инвариантности. Для реализуемости абсолютно инвариантной системы в ней необходимо иметь два канала, канал по отклонению и по возмущению. Таким образом, инвариантная система должна содержать канал определения возмущения и канал формирования отрицательной обратной связи – канал по отклонению.

Анализ достижений и публикаций. Одним из лучших критериев качества совмещения общепринято считать взаимную корреляцию между эталоном и объектом [3, 4]. Однако в случае нечеткой модели возможности определить качество совмещения не существует, так как нет возможности определить причину возникновения ошибки. Добиться сокращения пространственной избыточности в пределах кадра телевизионного изображения (для повышения помехоустойчивости) возможно с помощью внутрикадрового кодирования. Такая избыточность вызвана значительными корреляционными связями между элементами изображения. При использовании соответствующего ортогонального преобразования можно преобразовать массив отсчетов изображения в матрицу коэффициентов, которые уже не будут коррелированы друг с другом, и далее к этим некоррелированным коэффициентам можно применить энтропийное кодирование.

Постановка задачи. Необходимо изучить возможности построения критерия совмещения модели и объекта, который позволяет оценить локальные отклонения модели от объекта.

Основная часть. Операцию соответствия изображения реального объекта и его геометрической модели целесообразно рассматривать исходя из концепции представления изображения как совокупности геометрических объектов. Основной идеей использования геометрического моделирования в задачах распознавания образов является геометрическое согласование [4]. При данном подходе подразумевается наличие исходной гипотезы, которая описывается как задача создания соответствующего изображения на ее основе с использованием знаний об условиях анализа видеокадра.

С позиции геометрического моделирования выдвигаемая гипотеза представляет собой описание сложного с точки зрения геометрии объекта как совокупности более простых геометрических объектов. Представляя входную информацию как совокупность регулярного сигнала и случайной составляющей, получаем задачу минимизации влияния случайной составляющей.

В [5] показано, что приемник может обрабатывать информацию по двум алгоритмам:

1. Прямое преобразование информации, которое удовлетворяет условию (1) и решает задачу нахождения оператора A для критерия J при отклонении по возмущению G :

$$\left. \begin{aligned} A &\rightarrow \text{extr}J \\ G &= G_0 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

В этом случае при нахождении оператора A должны быть известны все внешние возмущения.

2. Второй алгоритм подразумевает наличие обратной связи, то есть компенсацию внешнего информационного потока, воздействующего на систему.

Для решения данной задачи интересен метод компенсации информационных потоков для двойственной задачи, который предполагает использование корреляционной меры близости, который обладает большим преимуществом – взаимодействием. Как показали ранние эксперименты, корреляционный критерий показывает на хорошее совпадение модели и объекта, а критерий максимальных отклонений дает гораздо более осторожную оценку [1-4]. Однако обнаружить и оценить ошибку достаточно сложно, особенно если ошибка модели не коррелирована с объектом. Кроме этого, следует учитывать возможность использования данного критерия от характера целевой функции.

Генерируемая в процессе минимизации невязки последовательность управлений тем короче, чем точнее модель соответствует объекту. Поэтому процедура минимизации будет выполняться от минимального размера модели на поле фрагмента до возникновения существенной ошибки модели. Таким образом, в данной задаче возможно использование критерия эквивалентного корреляции. Однако корреляционный критерий не позволяет определить ошибки. Для решения задачи проверки гипотезы используется простая компенсация поля изображения. В данном случае необходимо различать ошибку, связанную с неправильным выбором модели, и ошибку, связанную с незавершенностью процедуры и несущественными отклонениями модели от объекта.

Собственно, проблема заключается в том, что образу в общем случае соответствует не одна функция, а множество функций, что связано с различием условий предъявления и изменчивостью образа.

В данной системе поставлена задача нахождения для критерия I при известных алгоритмах обработки и управления U такого управления и последовательности сигнала, которые доставляли бы экстремум этого критерия:

$$\left. \begin{aligned} x^*, u^* &\rightarrow \min I \\ A &= A(x, u, t) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Собственно говоря, это задача Винера и Калмана, где информация по-Винеру не предполагает строго количественного эквивалента, подобно энергии или материи [6]. Исходя из предположений, что информация I – это причина действий. Однако в задаче с обратной связью необходим генератор сигналов, компенсирующий внешнее воздействие.

В данной задаче необходимости этого компенсирующего преобразования можно достигнуть только за счет применения интеллектуальной системы обработки информации в приемнике. Алгоритм функционирования приемника в этом случае становится сложным, однако система приобретает структурную инвариантность, и в этом случае может быть достигнута полная помехоустойчивость в канале связи.

На рис. 1. показана структурная блок-схема предлагаемой системы обработки информации.

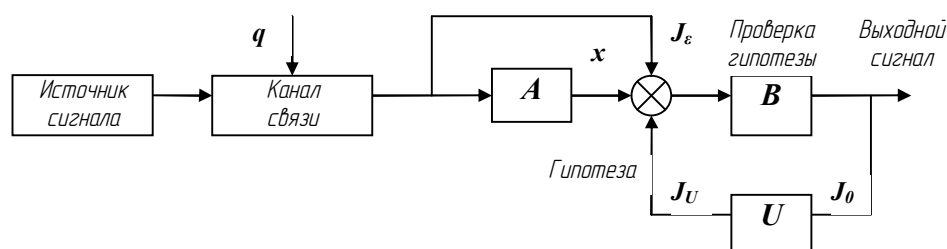


Рисунок 1 – Структурная блок-схема системы обработки информации

$$\begin{aligned} J_{0/\theta} &= J_u, \\ J_{\theta} - J &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Поведение помехи в пространственной области основано на статистических свойствах значений яркости компоненты этого возмущения. Эти значения яркости могут рассматриваться как случайные величины, характеризующиеся функцией плотности распределения вероятностей.

Имея область преобразования, и зная ее значения на границе, можно определить положение контура, в котором заключены максимумы информации. Рассматривая эти области последовательно по мере увеличения, можно найти все объекты, которые находятся в поле изображения и формируют кадр. Таким образом, во время процедуры вся область изображения разбивается на фрагменты. Выделяются области основных фигур, и в них берется самый большой минимум. Определяются ожидаемые размеры фигуры. Из библиотеки с эталонами берется допустимая фигура, которая компенсирует данный фрагмент. Подвергая анализу границы области преобразования, необходимо найти координаты глобального минимума и оценку эффективной ширины области минимума. После этого используя аффинное преобразование исходного эталона, формируется фрагмент компенсирующего изображения, учитывая снижение значения критерия компенсации, в качестве которого использована разность между максимальным и минимальным значениями на границе результирующей области преобразования.

Выводы. Реализация алгоритма инвариантной фильтрации возможна при условии наличия системы управления генерацией образов с обратной связью, которая имеет мощность, достаточную для генерации сложных образов, которые могут быть реализованы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Катус Г.П. Восприятие и анализ оптической информации автоматической системой. –М.: Машиностроение, 1986. – 416 с.
2. Мардер Н. С. Современные телекоммуникации. – М.: ИРИАС, 2006. – 384 с.
3. Гренандер У. Лекции по теории образов/У. Гренандер: в 3-х т. –Т.2. Анализ образов; под ред. Журавлева, пер.с англ. И.Гуревича. –М.:Мир, 1981. – 448 с.
4. Грузман И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах: Учебное пособие /И.С. Грузман, В.С. Киричук, В.П. Косых, Г.И. Перетягин и др. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.
5. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
6. Справочник по теории автоматического управления /А. А. Красовский; под ред. А.А. Красовского. –М.: Наука, Гл.ред.физ.-математ. лит., 1987. – 712 с.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Косолапов А.А.

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

Введение. В настоящее время не уделяется должного внимания методологиям проектирования систем реального масштаба времени, которые относятся, как правило, к сложным системам. По определению [9] «системой реального времени является такая система, корректность функционирования которой определяется не только правильностью выполнения вычислений, но и тем, в какой момент времени получен необходимый результат. Если требования по времени не выполняются, то считается, что произошел отказ системы. Для того, чтобы система могла удовлетворять требованиям, предъявляемым к системам реального времени, аппаратные, программные средства и алгоритмы работы системы должны гарантировать заданные временные параметры реакции системы. Время реакции не обязательно должно быть очень маленьким, но оно должно быть гарантированным (что соответствует предъявляемым требованиям)».

Методология проектирования информационных систем должна опираться на следующие основные положения. Во-первых, для сложных информационных систем на первый план выходит задача многоуровневой структурной оптимизации, которая должна решаться на нескольких уровнях: уровне инфраструктуры объектов автоматизации (топологии размещения объектов), информационной и технической структуры [4]. Во-вторых, как унифицированная единица объема работы, выполняемой в системе, предлагается использовать «Ф-транзакцию» как разветвленную последовательность выполняемых системных и прикладных программ с момента поступления заявки в систему до момента завершения ее обработки, связанной или с занесением информации в базу данных, или с выдачей управляющего воздействия, или отображением информации для персонала системы [7].

Методика проектирования сложных систем должна опираться на комплекс математических и имитационных моделей. Имитационное моделирование применяется для решения сложных задач оценки режимов функционирования распределенных систем. Эти же модели могут затем использоваться для отладки программного обеспечения системы.

Методика должна иметь средства автоматизации выполнения основных и наиболее трудоемких проектных процедур с формированием базы проектных решений в соответствующей проблемной области.

В докладе предлагается научно-методологический комплекс системного интегратора (КСИ – Э). Это набор математических моделей, методов, программных инструментальных средств, объединенных в инженерную методику системного анализа, проектирования и совершенствования информационно-управляющих систем реального масштаба времени сортировочных станций.

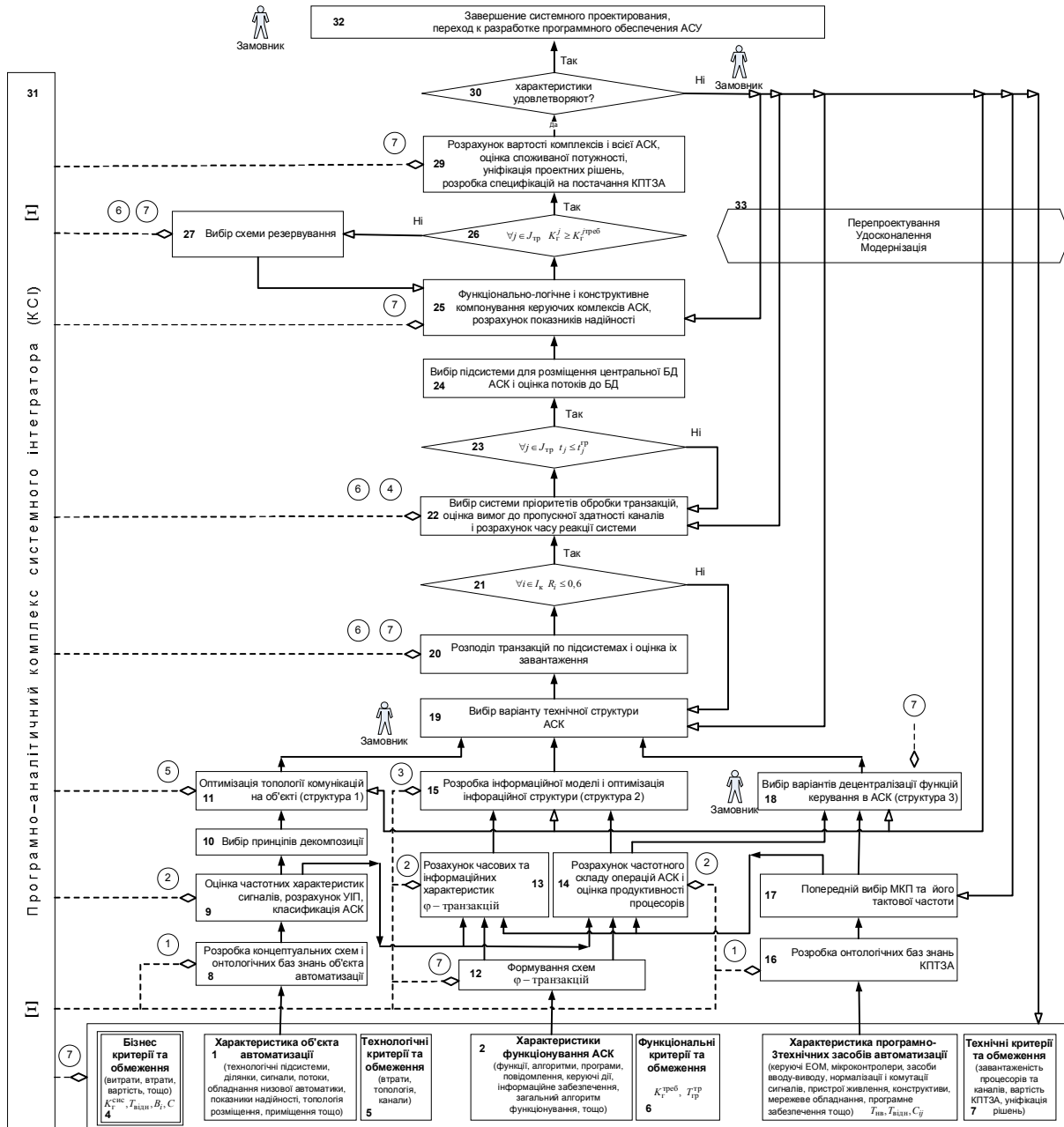
Эта методика является развитием и обобщением научно-методического подхода к проектированию ряда сложных автоматизированных систем для сортировочных станций Украины и России [6].

В разработанной методике учтены современные принципы и требования к технологиям создания сложных информационных систем. Эта методика применяется итеративно при выполнении последовательности стадий, которые относятся к системному проектированию и включают (в соответствии с ГОСТ 34): стадии формирования требований к системе, разработка концепции построения автоматизированной системы, техническое задание, эскизный и технический проект.

Критерии оптимизации систем реального масштаба времени разделяют согласно [8] на качественные эксклюзивные критерии (X), качественные критерии поэтапного использования (G) и количественные критерии (Q).

По стандарту ISO число количественных критериев ограничено двумя метриками: время реакции (продолжительность ответа) и число транзакций, которые нужно обработать в период времени [10].

Рассмотренные критерии и положены в основу разработанной методики, макросхема которой представлена на рис. 1.



- Позначення
- Послідовно-паралельні процеси аналізу і проектування АСК
 - Напрями перепроєктування, удосконалення, модернізації
 - ◊ Використання інструментальних засобів автоматизації
 - ① Protege ④ PRIORY ⑦ Аналітика (Excel)
 - ② CSProject ⑤ CSI
 - ③ GAOSIS, OPTIKOS, OPTIFLOW ⑥ JMT

Рисунок 1 – Научно-методический комплекс КСИ

Концептуальную основу методологии составляют следующие положения.

1. Процесс анализа и проектирования сложных систем представляется в виде последовательно-итерационной схемы поэтапного поиска рациональных проектных решений с использованием эвристических методов оптимизации, которая может быть настроена или связана с последовательностью ранних стадий, этапов, задач информационной технологии проектирования АС по ГОСТ 34.

2. База знаний методологии представляется в виде набора онтологий сортировочных станций, сортировочных горок и комплекса программно-технических средств промышленных компьютеров Advantech, на которые ориентированы разработки систем автоматизации сортировочных станций в Германии, России и Украины [2].

3. Методология является адаптивной к набору исходных данных, имеющихся у разработчика при анализе и проектировании конкретной системы. Это означает, что в базе знаний активизируется та последовательность проектных этапов и процедур, для которых есть все необходимые данные (или в базе знаний, или введены проектировщиком в режиме диалога).

4. Реализация методологии представляется в виде программы CSI комплекса системного интегратора, программы CSProject для построения и расчета информационно-временных характеристик Φ -транзакций компьютерных систем реального масштаба времени, программы OPTiFLOW распределения информационных потоков в системах реального времени, программы ОПТИКОС оптимизации информационно-управляющих систем, программы GAOSIS генетического алгоритма оптимизации структур информационных систем и программы PRIORITY выбора приоритетов потоков заявок в информационных системах [6].

5. Исходные данные и результаты системного анализа и проектирования выдаются в таблично-графических формах.

Исходными данными для создания системы являются:

блок 1 – характеристика объекта автоматизации: описание организационно-технологических характеристик проектируемой системы, включающий технологические подсистемы, их структуры, участки, потоки и характеристики сигналов на участках, средства механизации и оборудование низовой автоматики, топология их размещения, помещения на станции, показатели надежности устройств, последовательность технологических операций, оперативный персонал системы, периферийное оборудование, которое должно обслуживаться АСУ;

блок 2 – характеристика функционирования АСУ (с позиций заказчика): функции, задачи, алгоритмы или программы, которые должна выполнять проектируемая система; для новых систем это описание будет на уровне функций и задач; для систем, которые совершенствуются или модернизируются, – это разработанные алгоритмы или программы для оценки частотного состава операций (команд); для всех уровней с разной степенью полноты и точности задаются компоненты информационного обеспечения (массивы); для каждого сигнала (заявки) указываются управляющие действия или сообщения, что выдаются персоналу; описание оформляется в виде Φ -транзакций в диалоге с программой CSI;

блок 3 – описание технических средств автоматизации: управляющие ЭВМ, микроконтроллеры, средства ввода-вывода, нормализации и коммутации сигналов, устройства питания, конструктивы, сетевое оборудование, программное обеспечение, показатели надежности и стоимости устройств;

блоки 4, 5, 6, 7 – описывают критерии и ограничения в бизнесе (Q2, Q3 – показатели ресурсосбережения, расходы, потери, стоимость системы, показатели надежности, которые необходимо обеспечить), технологические (элементы топологии, каналы), функциональные (Q1, Q2) и технические (загруженность процессоров, каналов, стоимость программно-технических средств, унификация решений);

Проектирование системы начинается по трем взаимосвязанным направлениям.

Первое – блоки 8, 9, 10, 11: оптимизация структуры коммуникаций на объекте автоматизации по критерию минимизации суммарной длины коммуникаций с фиксированными каналами (построение минимального остовного дерева). Второе - блоки 12, 13, 14, 15: оптимизация информационной структуры АСУ по критерию минимизации прироста суммарного информационного потока при уменьшении количества информационных связей в структуре [3]. Третье направление - блоки 16,17,18: выбор вариантов децентрализации функций в иерархической структуре по критериям минимизации суммарных потерь или стоимости системы [1]

В рамках первого и третьего направлений формируются в соответствующие онтологии сортировочной станции и горки и комплекса программно-технических средств [5].

Первая онтология используется в блоках 9, 10, 11, 19, 24, 25, 29. Вторая онтология – в блоках 17, 18, 24, 25, 29.

На основе сформированных трех и более вариантов структуры выбирается (с участием заказчика, который представляет текущие бизнес-интересы, или приоритеты), вариант технической структуры (блок 19) для предварительно выбранного типа процессора (блок 17).

На втором направлении на основе исходных данных (блок 2) формируются ф-транзакции (блок 12), описанные в [7] и рассчитываются их временные и информационные характеристики (блок 13) для оптимизации информационной структуры (блок 15). Кроме того, рассчитываются частотный состав операций, используемых в системе, и производительность процессоров в метриках MIPS и в ф-транзакциях (в trps или trm) для поиска оптимальных иерархических структур (блок 18).

Для выбранного варианта технической структуры ф-транзакции распределяются по подсистемам и оценивается их загрузка (блоки 20, 21). Если это ограничение выполняется, для распределенной АСУ для каждой ф-транзакции рассчитывается время реакции системы, выбирается оптимальный приоритет и вычисляются требования к пропускной способности каналов (блок 22). Далее, при выполнении временных ограничений (блок 23), на основе данных блока 13 выбирается подсистема для размещения центральной базы данных в децентрализованной АСУ (блок 24).

На следующем этапе (блок 25) для каждой подсистемы выполняется функционально-логическая и конструктивная компоновка соответствующего компьютерного комплекса с использованием онтологии КПСА (блок 16). Кроме этого выбирается технология и средства связи в системе. Эти средства должны соответствовать требованиям по пропускной способности каналов (блок 22). Для полученной технической структуры выполняется оценка коэффициентов готовности и, если они не обеспечиваются (блок 26), выбирается схема резервирования слабого элемента (блок 27).

Если требуемая надежность обеспечена, то для АСУ выполняется унификация проектных программно-технических решений и составляются спецификации, рассчитываются стоимости комплексов и всей системы в целом, потребляемая мощность и эксплуатационные показатели системы (блок 29). Результаты проектирования рассматривает заказчик (блок 30) и, если они его устраивают, системное проектирование завершается и начинается разработка программного обеспечения (блок 32). Если «Нет», выбирается направление перепроектирования (блок 32). С этого же места может начинаться и совершенствование или модернизация системы.

На рис. 1 указаны инструментальные средства, которые используются в процессе исследования и проектирования АСУ.

Разработанный научно-методический комплекс системного интегратора (КСИ) используется не только для системного проектирования и совершенствования систем автоматизации сортировочных станций, но и в учебном процессе при изучении дисциплин «Проектирование информационно-управляющих комплексов», «Принципы

проектирования систем», а также в курсовом и дипломном проектировании.

Выводы. Проведенное исследование методик проектирования АСУ в промышленности и на железнодорожном транспорте показало отсутствие комплексных подходов к системному исследованию и проектированию АСУ реального масштаба времени. В работе определены основные количественные критерии проектирования систем реального времени: своевременность (Timeliness), производительность, пропускная способность, емкость (Capacity reserves) и полные проектные стоимости (верхние расходы - «the bottom line»).

Предложен разработанный концептуальный подход к построению распределенных систем управления и научного обоснования управленческих и проектных решений на основе использования совокупности ресурсосберегающих моделей и методов в задачах поиска рациональных технических структур автоматизации сортировочных горок, что позволит снизить субъективность и уровень ошибок при создании новых или совершенствовании действующих систем автоматизации; концептуальный подход реализован в виде научно-методического и программного комплекса системной интеграции КСИ (Ξ).

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров Б.В., Косолапов, А.А. Инновационные подходы к развитию техники и технологий: монография / [авт. кол. : Егоров Б.В., Косолапов А.А. и др.]. в 2 томах. Т. 2 – Одесса : КУПРИЕНКО С.В., 2015. – 171 с. (ISBN 978966-2769-66-1).
2. Косолапов А.А. Ключевая роль транспорта в современном мире : монография [Текст] / [авт. кол. : Косолапов А. А., Блохин А. Л., Боряк К. Ф. и др.]. – Одесса : КУПРИЕНКО СВ, 2013. – 163 с. - ISBN 978-966-2769-16-6.
3. Косолапов А.А. Многоуровневая структурная оптимизация в составе инженерной методики проектирования корпоративных информационных систем [Текст] / А. А. Косолапов // Математичне моделювання. Науковий журнал. Дніпродзержинськ: - Мін. освіти, ДДТУ. 2000. № 1(4). – С. 57-60.
4. Косолапов А.А. Многоуровневая структурная оптимизация в составе инженерной методики проектирования корпоративных информационных систем [Текст] / А. А. Косолапов // Автоматика-2000. Міжнародна конференція з автоматичного управління, Львів, 11-15 вересня 2000: Праці в 7-ми томах.- Львів: Державний НДІ інформаційної інфраструктури. 2000. Т. 6. – С. 274-278.
5. Косолапов А.А. Онтологічні моделі в задачах автоматизації сортувальних станцій [Текст] / А.А. Косолапов // Искусственный интеллект. 2013. № 45. – С. 15.
6. Косолапов А.А. Розвиток наукових основ побудови і експлуатації систем автоматизації залізничних сортувальних станцій. Автореферат на здобуття наукового ступеня д.т.н. [Текст] / А.А. Косолапов. – Дніпропетровськ : МОН, ДНУЗТ, 2014. – 49 с.
7. Косолапов А.А. Фі-транзакція як основна модель для оцінки інформаційно-часових характеристик сервіс-орієнтованих комп'ютерних систем [Текст] / А.А. Косолапов // Сб. научных трудов SWorld. - Иваново : МАРКОВА АД. ЦИТ 414-301. 2014. Т. 1. № 4(37). – С. 22-26.
8. Gumzej R. Real-time Systems' Quality of Service. Introducing Quality of Service Considerations in the Life-cycle of Real-time Systems / R. Gumzej, W. A. Halang. – London : Springer-Verlag London Limited, 2010. – 145 p.
9. Panzieri F. Системы реального времени: основные понятия [Електронний ресурс] / F. Panzieri, R. Davoli. Laboratory for Computer Science. University of Bologna. Режим доступу : <ftp://ftp.cs.unibo.it/pub/TR/UBLCS> // Техническое описание UBLCS-93-22. Октябрь. 1993.
10. Stephen Blacketer S. ISO 9001:2001 Quality Management System - System Development Methodologies MBP5002. 22nd November 2001, вер. 1.0.2. / Stephen Blacketer – London : ISO, 2001. – 6p.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ КЛАСТЕРІВ

Кунда Н.Т., Хоботня Т.Г.

Національний транспортний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. В теперішній час розвиток світової економіки характеризується збільшенням рівня конкуренції. І для України, яка має вигідне географічне розташування і розвинену інфраструктуру наземних і водних видів транспорту питання підвищення власного транспортного потенціалу є досить важливим. Шлях переходу на інноваційну модель розвитку та підвищення конкурентоспроможності країни в цілому вплине на підвищення добробуту громадян за рахунок прискорення економічного зростання. Досвід розвитку провідних країн світу свідчить, що в міжнародному масштабі найбільш конкурентних переваг набувають вже не окремі підприємства, а багатопрофільні об'єднання.

Актуальність досліджень. Задачі розвитку транспортного потенціалу країни актуалізують необхідність підвищення конкурентоспроможності регіонів в рамках посилення їх інфраструктурного та інноваційного розвитку. Одним з найбільш ефективних інструментів в цьому напрямі є формування регіональних транспортно-логістичних кластерів. Потребують подальших досліджень теоретичні аспекти об'єднання учасників надання транспортно-логістичних послуг в транспортно-логістичні кластери.

Економічна суть формування транспортно-логістичного кластера полягає в тому, щоб при комплексному підході на кожен одиницю витрат було значно більше числове значення підвищення прибутку, ніж при функціонуванні кожного підприємства окремо.

Постановка задачі. Термін «кластер» походить від англійського «cluster», що означає групування кількох спільних елементів, яке виступає як самостійна одиниця, яка має певні властивості. Засновником кластерної теорії вважається професор Гарвардської школи бізнесу Майкл Портер, саме він і ввів вперше поняття кластер [1].

Якщо зупинитись на процесі кластеризації певних регіонів, то тут, в першу чергу, необхідно розглянути загальні етапи та основні принципи формування та функціонування транспортно-логістичного кластера [2].

Формування транспортно-логістичного кластера здійснюється у декілька етапів:

- 1) виникнення ідеї та обґрунтування необхідності створення кластера;
- 2) визначення регіону (території) для створення кластера на основі оцінки його конкурентного потенціалу в логістичній сфері;
- 3) розробка організаційної структури кластера;
- 4) формування системи управління кластером;
- 5) оцінка ефективності функціонування кластера.

В свою чергу, кожен з етапів створення транспортно-логістичного кластера є багатогранним і потребує детального аналізу окремо.

Транспортно-логістичний кластер створюється і функціонує на основі таких загальних принципів:

- ефективності (оцінка ефективності діяльності учасників кластера дозволить визначити, наскільки управління ним відповідає досягненню стратегічних цілей);
- демократичності (інтеграція здійснюється з урахуванням інтересів суб'єктів створення кластера на основі добровільності);
- географічної близькості (учасники кластера знаходяться в межах окремого міста, району, області);
- випереджаючого лідерства (наявність і вибір підприємства-лідера в кластері, яке зможе координувати дії учасників кластера);

- кооперації (взаємодія між учасниками всередині кластера сприяє отриманню синергетичного ефекту);
- рівноправ'я і відповідальності (учасники кластера об'єднуються і функціонують на основі рівності прав і відповідальності за свою діяльність);
- ресурсній забезпеченості (обмін інформаційними, матеріальними, правовими ресурсами);
- інноваційності (розвиток на основі інновацій сприяє досягненню стратегічних цілей кластера);
- системності (наявність чіткої логічної структури кластера, повноти і взаємозв'язку всіх його учасників);
- перспективності (наявність стратегії і поетапності розвитку кластера).

Бути частиною кластеру є важливою конкурентною перевагою. Кластери допомагають заповнити прогалину між бізнесом, дослідженням та ресурсами, і таким чином, швидше видавати знання на ринок. Успішні кластери пропагують інтенсивну конкуренцію одночасно із співпрацею. Вони збільшують продуктивність, залучають інвестиції, пропагують дослідження, посилюють промислову базу та розробляють спеціальні продукти й послуги і стають основою навичок.

У багатьох регіонах України проведено кластерні дослідження, запропоновано пілотні проекти створення взаємовигідного співробітництва об'єктів господарювання на кластерній основі. В ініціативному порядку здійснюється низка проектів розвитку територіально-виробничих кластерів в Одесі, Херсоні, Харкові, Хмельницькому, Запоріжжі, Львові та в інших містах [3, 4].

Основними положеннями для формування та ефективного розвитку кластерів у регіонах є:

- економія за рахунок масштабів виробництва;
- наближення до ринків;
- забезпечення спеціалізованою робочою силою;
- повний доступ до інформації;
- залучення до співробітництва підприємств, що розташовані на території регіону.

Транспортно-логістичний кластер як системний продукт ґрунтується на наступних базових положеннях: структура, організація та гармонізація [5, 6].

Структура складається з великої кількості транспортних об'єктів, видів зв'язків між ними, композицій транспортних об'єктів.

Організація транспортно-логістичного кластеру полягає у визначенні принципів, для яких реалізуються логістичні активності і для виконання обираються конкретні транспортні засоби.

Гармонізація – це показник дозволу конфліктних цілей в системі. Показник гармонізації – це відношення гармонізованої кількості цілей до загальної кількості конфліктних цілей.

Кластер представляє собою компакту структуру, коли в якості його властивості виступає цілісність і членимість, наявність зв'язків, організація. Внутрішня структура кластера – це стійка впорядкованість в просторі і часі його елементів і зв'язків між ними, яка визначає функціональне компонування кластера і його взаємодію із зовнішнім середовищем.

Транспортно-логістичний кластер формується за рахунок підприємств, що спеціалізуються на доставці і супроводі вантажів, складуванні та зберіганні товарів; підприємств, орієнтованих на обслуговування об'єктів інфраструктури; організацій, що займаються перевезеннями пасажирів.

Основна ідея концепції транспортно-логістичного кластера полягає в отриманні синергетичного ефекту при управлінні рухом транспорту та за рахунок взаємодії і стійкої співпраці різних видів транспорту в логістичних ланцюгах різного рівня.

Результати дослідження у галузі транспортно-логістичних кластерів.

Установлено, що надати об'єктивну оцінку ефективності транспортно-логістичної кластеризації можна за умови комплексного використання взаємозв'язаних і погоджених критеріїв (табл. 1).

Таблиця 1 – Критерії оцінки ефективності функціонування кластера

| <i>№ з/п</i> | <i>Критерії</i> | <i>Види критеріїв</i> |
|--------------|-----------------|---|
| 1 | Економічні | економічні індикатори – продуктивність праці, фондівдача, матеріаломісткість, ефективність використання усієї сукупності виробничих витрат, інтегральний показник економічної ефективності діяльності кластера та ін. |
| 2 | Соціальні | показники зростання кількості робочих місць, збільшення заробітної плати, підвищення рівня освіти і кваліфікації працівників та ін. |
| 3 | Екологічні | показники зниження викидів шкідливих речовин, об'ємів використання чистої води, збереження якості водних ресурсів, збереження екосистем і біологічної різноманітності та ін. |

Визначено, що при оцінці ефективності функціонування кластера можуть використовуватися показники, представлені у табл. 2.

Таблиця 2 – Показники оцінки ефективності функціонування кластера

| <i>№ з/п</i> | <i>Показники</i> | <i>Види показників</i> |
|--------------|---------------------|--|
| 1 | Якісні та кількісні | визначення критеріїв оцінки і показників ефективності виробничих та транспортних процесів. |
| 2 | Екстенсивні | - зростання чисельності працівників; - продовження робочого дня; - кількісне розширення застарілої техніки. |
| 3 | Інтенсивні | - зростання продуктивності праці; - наукова організація виробництва і праці; - науково-технічний прогрес; - підвищення якості продукції; - режим економії. |
| 4 | Специфічні | параметри, обґрунтовані регіональним розміщенням, галузевою специфікою і організаційною будовою кластера. |

Економічна суть формування транспортно-логістичного кластера полягає в тому, щоб при комплексному підході на кожен одиницю витрат було значно більше числове значення підвищення прибутку, ніж при функціонуванні кожного підприємства окремо.

Висновки. Незважаючи на труднощі та проблеми, які переживає Україна в останній час, процес кластеризації є досить динамічним.

Перспективним напрямком розвитку економіки України та світу в цілому є формування регіональних кластерів – комплексів підприємств на базі територіальної концентрації мереж спеціалізованих постачальників, основних виробників і споживачів транспортних послуг, пов'язаних технологічним ланцюжком. Кластери позитивно впливають на стан економіки регіонів та розвиток транспортного потенціалу по всьому світу.

Вигоди формування транспортно-логістичних кластерів полягають у створенні сучасної логістичної інфраструктури, що відповідає міжнародним стандартам, в підвищенні продуктивності (скорочення термінів доставки товарів, зниження тарифів на зберігання, підвищення якості обслуговування, збільшення вантажопотоків тощо) і в інноваційній активності підприємств, що входять до складу кластера.

Утворення регіональних кластерів є важливим сегментом плану стратегічного розвитку, що дозволить Україні збільшити конкурентоспроможність економіки, якість та рівень життя населення за допомогою покращення інвестиційного клімату.

У подальших дослідженнях планується зупинитися на розробці показників ефективності транспортних процесів, що є невід'ємною складовою функціонування транспортно-логістичного кластера та визначити зв'язок ефективності та якості як елемента управління проектами та програмами. Припускається використання методу центра мас для обґрунтування необхідності створення транспортно-логістичного кластера.

ЛІТЕРАТУРА

1. Портер М.Э. Конкуренция / Пер. с англ. О.Л. Пелявского, А.П. Уриханяна, Е.Л. Устенко и др.; под ред. Я.В. Заблоцкого, М.С. Иванова, К.П. Казарина и др. – Изд. испр. – М.: ИД «Вильямс», 2005. – 760с.
2. Чупайленко О.А. Розвиток транспортно-логістичних кластерів в Україні [Електронний ресурс] / О.А. Чупайленко – Режим доступу: http://publications.ntu.edu.ua/visnyk/28_2013/535-544.pdf
3. Левковець П.Р. Міжнародні перевезення і транспортне право: навчальний посібник; 3-є видання, виправлене та доповнене / П.Р. Левковець, В.С. Маруніч. – К. Арістей, 2005. – 292с.
4. Забарна Е.М. Порівняльний аналіз перспектив розвитку кластерних об'єднань у транспортно-логістичній галузі причорноморських регіонів України [Електронний ресурс] / Е.М. Забарна, О.Е. Папковська – Режим доступу: http://journals.khnu.km.ua/vestnik/pdf/ekon/2012_3_1/268-271.pdf
5. Губенко В.К. Концепція транспортного кластера сітілогістики [Електронний ресурс] / В.К. Губенко, І.В. Ніколаєва, А.О. Лямзін – Режим доступу: <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/17001/1/63-Hubenko-103-105.pdf>
6. Хоменко І.О. Перспективи кластеризації транспортного ринку регіону: методологічний підхід [Електронний ресурс] / І.О. Хоменко – Режим доступу: <http://publications.ntu.edu.ua/eut/2015-02/231-238.pdf>

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ТА МОДЕЛІ ТРАНСКОРДОННОЇ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ У КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИКОРДОННОЇ, МИТНОЇ БЕЗПЕКИ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ

Купрієнко Д.А., Боровик О.В.

Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького (Україна, м. Хмельницький),

Потапнікова Г.В.

Департамент спеціалізованої підготовки та кінологічного забезпечення ДФС України (Україна, м. Хмельницький)

Вступ. Україна активно включається у світові суспільно-економічні процеси: приєдналася до Світової організації торгівлі, підписала Угоду про асоціацію з Європейським Союзом (ЄС), Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами (далі – Угода про асоціацію). У свою чергу це призводить до перманентного збільшення інтенсивності пасажирських та вантажотransпортних транскордонних потоків через південно-західний державний кордон (ДК). Тобто для корисних потоків ДК має бути максимально контактним («доброзичливим»), а для небажаних – бар'єрним («непроникним»). В європейській практиці такий підхід потрактовується як «відкриті, але добре контрольовані та захищені кордони» і реалізовується шляхом ефективного регулювання транспарентності кордонів [1].

Актуальність дослідження. Разом із тим результати моніторингових спостережень висвітлюють наявність проблеми гальмування корисних та проникнення небажаних потоків при перетині ДК України. Зазначене обумовлює значну увагу, яка на сьогодні приділяється питанням оптимізації порядку регулювання транскордонних потоків. Щонайменше їх вирішення розглядається в трьох аспектах: як забезпечення прикордонної безпеки (ПБ), митної безпеки (МБ) та як розвиток транспорту.

Щодо забезпечення ПБ це стосується створення умов для здійснення законної транскордонної діяльності та подорожування осіб, сталого розвитку прикордонних територій, своєчасного виявлення, запобігання, нейтралізації загроз [2].

Щодо забезпечення МБ це стосується формування системи ефективних економічних, правових, політичних та інших заходів держави у митній сфері з метою захисту її митних інтересів, достатнього рівня сприяння зовнішньоекономічній діяльності [3].

У свою чергу транспорт як інфраструктурна галузь має розвиватися випереджальними темпами. Цьому питанню присвячено розділ IV Угоди про асоціацію «Торгівля та питання, пов'язані з торгівлею», який практично запроваджено з 01.01.2016 року. Ще раніше, у 2010 році, в Україні прийнята Транспортна стратегія до 2020 року (далі – ТС) [4]. Вона охоплює залізничний, автомобільний, морський, річковий, авіаційний транспорт та громадський пасажирський транспорт загального користування. Технічний та технологічний розвиток транспорту спрямовано на формування транспортної інфраструктури інтегрованої із Пан'європейськими транспортними мережами, що створить умови для подальшого розвитку галузі та її підсекторів.

Постановка задачі. Стосовно оптимізації порядку регулювання транскордонних потоків серед основних напрямів реалізації ТС визначено:

1) забезпечення доступності та підвищення якості транспортних послуг шляхом скорочення часу, необхідного для оброблення вантажів у портах та пунктах пропуску через ДК (ППр);

2) інтеграція вітчизняної транспортної системи до європейської та міжнародної транспортних систем шляхом ... приєднання і забезпечення виконання міжнародних транспортних конвенцій та угод; гармонізації вітчизняного законодавства з транспортним

законодавством ЄС; розроблення та упровадження відповідно до міжнародних вимог технічних та технологічних регламентів і стандартів; уніфікації вимог до перевізників; забезпечення співробітництва з ЄС з метою розвитку міжнародних транспортних коридорів (МТК) та осей, визначених Групою високого рівня Європейської Комісії; спрощення процедури переміщення вантажів через ДК та обґрунтоване скорочення часу, необхідного для проведення контрольних процедур у ППР, приведення умов роботи таких ППР у відповідність з європейськими нормами; модернізації інфраструктури ППР; створення багатофункціональної комплексної системи «Електронна митниця»; створення з використанням електронних баз даних митних органів ЄС системи міждержавного обміну інформацією для забезпечення ефективної роботи ППР; упровадження автоматизованої системи переходу залізничного рухомого складу з широкої на вузьку колію; створення у ППР ефективної системи контролю за параметрами автотранспортних засобів;

3) реформування системи управління морським транспортом шляхом ... визначення особливих умов розвитку і функціонування морських портів, що мають стратегічне значення для держави та розташовані у вузлових пунктах МТК, відповідно до міжнародних стандартів.

Проведений у роботі [5] аналіз організаційно-технічних рішень щодо підвищення рівня транспарентності міжнародних ППР дозволив визначити доцільність запровадження комплексного механізму «єдиного вікна» (далі – «ЄВ») (включаючи принцип «однієї зупинки») як важливого чинника спрощення прикордонно-митних формальностей, гармонізації та автоматизації процедур торгівлі при одночасному високому рівні протидії транскордонним загрозам. Успіх цього механізму можна оцінити з прогресуючого темпу його запровадження: від близько 20 країн світу у 2005 році до близько 100 у 2016-му.

Ключовим фактором запровадження «ЄВ» є використання міжнародних стандартів ЄЕК ООН (Рекомендації №№ 33-35, які присвячені побудові «ЄВ», спрощенню та стандартизації даних для цього, відповідним правовим питанням), Всесвітньої митної організації (Модель даних, Рамкові стандарти безпеки та Компендіум «єдиного вікна»), Міжнародної організації зі стандартизації (стандарти технічного комітету ТК154), Міжнародної морської організації, Міжнародної асоціації повітряного транспорту, Міжнародної організації цивільної авіації, Міжнародної торгівельної палати, Міжнародної федерації експедиторських асоціацій тощо.

Прагнення світової спільноти до подальшого вдосконалення механізму «ЄВ» призвели до підготовки Європейською економічною комісією (ЄЕК) ООН проекту Рекомендації №36 «Cross-border interoperability of Single Window systems», яка розкриває сутність транскордонної інтероперабельності механізму «ЄВ». Під інтероперабельністю розуміється здатність учасників (сторін) до взаємодії та спільного функціонування.

Мета доповіді – висвітлити результати аналізу концептуальних засад та моделей транскордонної інтероперабельності у контексті забезпечення прикордонної, митної безпеки та реалізації транспортної стратегії України.

Результати досліджень. Основні концептуальні засади транскордонної інтероперабельності розкриті у проекті Рекомендації ЄЕК ООН № 36, яка має таку структуру:

частина перша – Рекомендація з питань інтероперабельності «ЄВ» (введення, сфера охоплення, завдання рекомендації, використання міжнародних стандартів та інших керівних принципів, сутність рекомендації);

частина друга – Керівні принципи з питань впровадження «ЄВ» (введення та сфера охоплення по відношенню до інших рекомендацій, впровадження «ЄВ» інтероперабельності, застереження/труднощі та проблеми, структура додатків керівних принципів);

додатки: Керівні принципи щодо визначення потреб в інтероперабельності «ЄВ», Семантичні керівні принципи щодо інтероперабельності «ЄВ», Управління

інтероперабельністю «ЄВ», Правові аспекти інтероперабельності «ЄВ».

Потреба в інтероперабельності обумовлена необхідністю більш ефективного формування та більш повного використання синергетичного потенціалу, утвореного внаслідок взаємодії різноманітних сторін транскордонних процесів (суб'єктів бізнесу, громадянського суспільства та органів державної влади).

Методичний підхід щодо визначення потреби в удосконаленні існуючого стану транскордонної взаємодії складається з таких етапів: визначення мети запровадження «ЄВ» інтероперабельності; аналіз результатів того, що вже зроблено (якою є ситуація в даний час); виявлення прогалин процесу (що саме необхідно покращити); визначення процедур і кращих практик (інструменти для покращення); визначення черговості заходів.

При цьому важливо наголосити, що аналіз потреб зацікавлених сторін не повинен зупинятися, коли реалізація інтероперабельного «ЄВ» (далі - «ІЄВ») буде завершена, а має бути продовжений шляхом постійного зворотного зв'язку та оцінки досвіду. Цим буде забезпечено сталий розвиток проекту, який зазвичай має три складові: економічну, екологічну та соціальну.

Економічний розвиток є необхідною умовою для всіх бізнес-сфер та є більш об'єктивним для оцінювання. Екологічний розвиток стає все більш важливою частиною бізнес-операцій, включаючи ефективне використання енергії та інших ресурсів, а також мінімізацію впливу на фізичне середовище. Соціальний розвиток спрямований на формування сприятливих ділових відносин і атмосфери взаємної вигоди для всіх зацікавлених сторін. Крім того, як на наш погляд, необхідною умовою сталого розвитку є забезпечення достатнього рівня безпеки в розумінні стійкості щодо впливу загроз та викликів, здатності їх вчасного виявлення, прогнозування та нівелювання.

Сутність рекомендації відображена в етапах процесу розробки «ІЄВ», а саме:

1) визначення переліку ключових зацікавлених сторін, на діяльність яких вплине впровадження «ІЄВ»; 2) узагальнення інтересів (потреб і необхідних для їхньої реалізації умов) зацікавлених сторін – провести дослідження по кожній бізнес-потребі та умові; 3) класифікація інтересів бізнесу (напр., поділ за ознаками строковості, значущості, сфер діяльності тощо); 4) визначення шляхів реалізації інтересів: пріоритетності потреб та необхідних умов, вирішення суперечливих питань, аналіз впливів та можливості виконати завдання; 5) завершальне підписання зацікавленими сторонами аналітичного звіту / угоди для підтвердження того, що «ІЄВ» відповідає їхнім інтересам.

При проведенні аналізу потреб щодо запровадження «ІЄВ» необхідно врахувати:

1. Обсяг торгівлі між економіками, що беруть участь. Статистичні дані торгівлі імпорту та експорту (митниця і транспорт) є традиційним інструментом та засобом для аналізу обсягів зовнішньої торгівлі по країні і рівня торгівельної галузі. Статистичні дані не є реактивним інструментом і завжди є позаду останніх змін в обсягах торгівлі, але на більш довгостроковій перспективі торгівельна статистика надає достовірну інформацію про зовнішньоекономічні тенденції і зміни. Однак, торгівельні статистичні дані не надають безпосередню інформацію про частоту та кількість індивідуальних торгівельних транзакцій і, як наслідок, не забезпечують конкретною інформацією для сталого розвитку «ІЄВ». Статистичні дані торгівлі можуть бути використані для аналізу загальних обсягів торгівлі між країнами, галузевого поділу товарів, якими торгують, і видів транспорту, що використовується при експорті та імпорті за категоріями товарів. В різних країнах статистичні дані торгівлі можуть бути доступні в різних комбінаціях і за змістом. Статистичний підрозділ ООН стандартизує збір та порядок публікації статистичних даних торгівлі. На міжнародному рівні статистичні дані торгівлі збираються в базу статистичних даних ООН з торгівлі товарами («Комтрейд ООН»).

Аналітичні прогнози та огляди торгівлі і економічної ситуації можуть бути використані для оцінки майбутнього розвитку обсягів торгівлі в цілому і між конкретними країнами та секторами торгівлі.

Угоди про вільну торгівлю (УВТ) та інші преференційні угоди зазвичай

підвищують рівень торгівлі між економіками. УВТ може бути одним з стартових механізмів для впровадження угоди про «ІСВ». Поєднання УВТ і «ІСВ» може утворити потужний інструмент для передбачуваних, стабільних та узгоджених процедур торгівлі.

2. Сила політичної волі. Рівень прихильності між тими, хто приймає політичні рішення, та провідними органами влади має велике значення при впровадженні «ІСВ» між двома або більше національними «СВ». Рівень прихильності до функціонування та розвитку «ІСВ» може бути вивчений шляхом проведення робочих зустрічей та дискусій між відповідними особами, що приймають політичні рішення, та офіційними особами провідних органів влади, зокрема таких, як митниця та міністерство торгівлі і т.п. Часто політична воля може бути досягнута через потреби бізнес-спільноти та приклади успішних впроваджень і бізнес-кейсів. Важливо, що всі зацікавлені сторони, які мають інтереси щодо функціонування «ІСВ», були опитані та проінформовані про переваги, можливості та ризики інтеграції «СВ».

На початковій стадії запровадження «ІСВ» можна використати одну з двох моделей управління проектом: централізовану або децентралізовану (мережеву). Перша модель передбачає наявність сильної влади з наднаціональними повноваженнями. Однак, враховуючи світовий досвід в транскордонному контексті, децентралізована модель має ширше застосування через більші можливості для різноманітного кола сторін в складному комплексі міжнародно-збутових ланцюгів.

Висновки. Запровадження механізму «ІСВ» – це складна багатостороння процедура, яка потребує всеосяжного врахування факторів та інтересів сторін національного, міждержавного та міжнародного рівнів. У свою чергу це обумовлює потребу у виборі раціональної моделі управління цим механізмом. Виходячи за рамки державного рівня, модель управління «ІСВ» можна розробити, напр., на основі мережі митних органів (наприклад, Всесвітньої митної організації, Глобальної мережі митниць).

ЛІТЕРАТУРА

1. Купрієнко Д. А. Обґрунтування графічних моделей та формальних залежностей прозорості державного кордону (на прикладі вантажотransпортних потоків) / Д. А. Купрієнко // Зб. наук. пр. Нац. акад. Держ. прикордон. служби України ім. Б. Хмельницького. Серія : військові та технічні науки : наукове видання / [гол. ред. Олексієнко Б. М.]. – Хмельницький: Вид-во НАДПСУ, 2015. – № 1 (63). – С. 54-68.

2. Купрієнко Д. А. Основні поняття та категорії у сфері забезпечення прикордонної безпеки / Д. А. Купрієнко // Зб. наук. пр. Нац. акад. Держ. прикордон. служби України ім. Б. Хмельницького. Серія : військові та технічні науки : наукове видання / [гол. ред. Олексієнко Б. М.]. – Хмельницький: Вид-во НАДПСУ, 2014. – № 1 (61). – С. 357-367.

3. Пашко П. В. Митна безпека (теорія, методологія та практичні рекомендації) : монографія / П. В. Пашко. – Одеса : АТ «ПЛАСКЕ», 2009. – 628 с.

4. Про схвалення Транспортної стратегії України на період до 2020 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2010 р. № 2174-р [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2174-2010-%D1%80> – Офіційний сайт Верховної Ради України.

5. Купрієнко Д. А., Гетманюк С. П. Організаційно-технічні рішення щодо підвищення рівня прозорості міжнародних пунктів пропуску / Д. А. Купрієнко, С. П. Гетманюк // Освітньо-наукове забезпечення діяльності правоохоронних органів і військових формувань України : тези VIII Всеукраїнської наук.-практ. конф. (м. Хмельницький, 10 грудня 2015 р.) : тези доп. – Хмельницький : Вид-во НАДПСУ, 2015. – С. 87-88.

ИНТЕРВАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ И ЕЕ ПРЕДЕЛ

Левин В.И.

Пензенский государственный технологический университет
(Российская Федерация, г. Пенза)

Введем понятие интервальной функции как однозначное отображение множества замкнутых вещественных интервалов $\{\tilde{x}\}, \tilde{x}=[x_1, x_2]$ на множество замкнутых вещественных интервалов $\{\tilde{y}\}, \tilde{y}=[y_1, y_2]$ такого же вида. Символически интервальная функция записывается в виде:

$$\tilde{y} = \tilde{f}(\tilde{x}), \quad (1)$$

где, аналогично числовым функциям, \tilde{x} называется интервальной независимой переменной (интервальным аргументом), \tilde{y} – интервальной зависимой переменной, \tilde{f} – интервальной функцией.

Введем теперь понятие предела интервальной функции. Рассмотрим независимую переменную $\tilde{x}=[x_1, x_2]$ этой функции. Будем говорить, что интервальная переменная \tilde{x} в процессе своего изменения неограниченно приближается к некоторому предельному интервалу $\tilde{x}_0=[x_{01}, x_{02}]$, если в указанном процессе вещественная переменная x_1 неограниченно приближается к числу x_{01} , а вещественная переменная x_2 неограниченно приближается к числу x_{02} . Символически это неограниченное приближение записывается:

$$(\tilde{x} \rightarrow \tilde{x}_0) \equiv (x_1 \rightarrow x_{01}, x_2 \rightarrow x_{02}) \equiv (\lim x_1 = x_{01}, \lim x_2 = x_{02}). \quad (2)$$

Совершенно аналогично независимой переменной \tilde{x} зависимая переменная \tilde{y} интервальной функции в процессе своего изменения может неограниченно приближаться к некоторому предельному интервалу $\tilde{y}_0=[y_{01}, y_{02}]$, т.е.:

$$(\tilde{y} \rightarrow \tilde{y}_0) \equiv (y_1 \rightarrow y_{01}, y_2 \rightarrow y_{02}). \quad (3)$$

При этом если неограниченное приближение зависимой переменной \tilde{y} интервальной функции к \tilde{y}_0 вызвано неограниченным приближением независимой переменной \tilde{x} этой функции к \tilde{x}_0 , будем говорить, что предел функции при \tilde{x} , стремящемся к \tilde{x}_0 , равен интервалу \tilde{y}_0 . Это записывается в виде:

$$\lim_{\tilde{x} \rightarrow \tilde{x}_0} \tilde{y} = \tilde{y}_0 \quad \text{или, по-другому,} \quad \lim_{\tilde{x} \rightarrow \tilde{x}_0} \tilde{f}(\tilde{x}) = \tilde{y}_0. \quad (4)$$

Если интервальная функция непрерывная, т.е. как нижняя, так и верхняя границы интервала \tilde{y} (зависимой переменной) являются непрерывными функциями нижней и верхней границ интервала \tilde{x} (независимой переменной), то предел функции равен значению функции от предельного значения аргумента, или, в символической записи,

$$\lim_{\tilde{x} \rightarrow \tilde{x}_0} \tilde{f}(\tilde{x}) = \tilde{f}(\tilde{x}_0). \quad (5)$$

ЛИТЕРАТУРА

1. Алефельд Г., Херцбергер Ю. Введение в интервальные вычисления. – М.: Мир, 1987.
2. Левин В.И. Интервальные методы оптимизации систем в условиях неопределенности. – Пенза: Изд-во Пензенского технологического ин-та, 1999.
3. Левин В.И. Оптимизация в условиях интервальной неопределенности. Метод детер-минизации // Автоматика и вычислительная техника. – 2012. – № 4.

СТРОГОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО НАЛИЧИЯ МАССЫ У ЛУЧЕЙ СВЕТА И СОСТАВЛЯЮЩИХ ИХ ФОТОНОВ

Настасенко В.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Связь проблемы с основными научными направлениями Работа относится к области квантовой физики, физики света и гравитационного взаимодействия, в частности – к условиям прохождения лучей света и составляющих их фотонов вблизи массивных объектов, а также к основам мироздания и Вселенной в целом.

Исследование физических основ строения и формирования лучей света, связанных с корпускулярными (вещественными) свойствами фотона и его волновой структурой, является важной и актуальной задачей, поскольку относится к глобальным проблемами естествознания, решение которых имеет большой теоретический и практический интерес для познания основ материального мира. Они способствуют развитию физики и других естественных наук, в условиях постоянной потребности расширения знаний о материальном мире, о Вселенной в целом, о составляющих их физических полях и веществах.

Анализ состояния проблемы и постановка задачи. Из школьного курса физики известно, что свет создан фотонами которые одновременно являются волнами и частицами, имеющими нулевую массу. Корпускулярные свойства фотонов, как частиц, были строго доказаны в экспериментах профессора Лебедева по определению давления света и объяснены Эйнштейном в работах по изучению фотоэффекта [1].

Кроме этого, изменение направления хода луча света при гравитационном воздействии на него массивного объекта было обосновано Эйнштейном в 1917 году и экспериментально подтверждено в 1919 г. при полном затмении Солнца, скрывшем его корону [2], что сделало видимым яркие звезды. В рамках известного положения звезд и скорости движения Земли по солнечной орбите, было определено время закрытия одной из них диском Солнца. Однако оно произошло несколько позже, что позволило определить реальный угол поворота луча света в 1,64», а по расчетам Эйнштейна этот угол должен составлять величину 1,7». Эйнштейн объяснил это явление искривлением пространства вблизи массивных объектов, что было необходимо ему для доказательства создаваемой им общей теории относительности.

Однако возможность такого искривления предполагает наличие массы у лучей света и составляющих его фотонов. Решение данной задачи составляет главную цель выполняемой работы. Ее научную новизну составляет обоснование возможной массы фотона на базе строгих физических законов, в частности – Всемирного тяготения (1):

$$F_G = G \frac{m_1 m_2}{r^2} (H), \quad (1)$$

где m_1, m_2 – массы двух точечных объектов, (кг), размещенных на расстоянии r (м) между собой; G – гравитационная постоянная [3], периодичность (||) значения которой обоснована в работе [4]:

$$G = 6,6739 \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{М}^3}{\text{кг}^2 \cdot \text{с}^2} \right). \quad (2)$$

Достоверность данного закона подтверждена многочисленными исследованиями, что позволяет использовать его для строгого обоснования реальности массы фотона.

Исходные положения для достижения поставленной цели. В основу положена физическая модель, в которой лучи света рождаются из квантовой точки, плотность энергии которой сводит ее к частице (корпускуле), а затем на пути, равном $\frac{1}{2}$ длине

волны, она развивается плоскими дисками с менее плотными сгустками энергии в конус, до амплитуды волн, после чего – коллапсирует в начальный сгусток на пути, равном $\frac{1}{2}$ длине волны. Так поочередно свет проявляется как частица и как волна. В рамках разности длин волн видимого света от красного (780 нм) до фиолетового (380 нм) диапазона, квантовые точки из сгустков будут располагаться с относительным сдвигом на оси хода луча и составят непрерывную цепочку, а конусы сольются во внешнюю трубку с толщиной стенок в виде разности амплитуд, что обеспечивает вещественно-волновой дуализм свойств света. Плоские энергетические диски в поперечном направлении к ходу луча света допускают возможность их поляризации в продольном направлении, что может служить косвенным подтверждением достоверности предлагаемой модели формирования луча света. Гравитационное взаимодействие луча света, в условиях действия закона Всемирного тяготения, наиболее сильно проявляется для цепочки энергетических сгустков квантовых точек.

Другим исходным фактором было принято квантовое строение материального мира в рамках Планковских величин длины l_p (3) и времени t_p (4), составляющих минимально возможные параметры во Вселенной [5], а также Планковской массы m_p (5):

$$l_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = \sqrt{\frac{6,6260|69| \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 6,6739| \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)\right)^3}} = 4,051249|432| \cdot 10^{-35} (\text{м}), \quad (3)$$

$$t_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = \sqrt{\frac{6,6260|69| \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 6,6739| \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}{\left(0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)\right)^5}} = 13,5|135| \cdot 10^{-44} (\text{с}), \quad (4)$$

$$m_p = \sqrt{\frac{hc}{G}} = \sqrt{\frac{6,6260|69| \cdot 10^{-34} (\text{Дж} \cdot \text{с}) \cdot 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)}{6,6739| \cdot 10^{-11} \left(\frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2}\right)}} = 5,45564754 \cdot 10^{-8} (\text{кг}). \quad (5)$$

где h – постоянная Планка [4, 6]:

$$h = 6,6260|69| \cdot 10^{-34} \text{Дж} \cdot \text{с}, \quad (6)$$

c – скорость света в вакууме [4, 6]:

$$c = 0,299792458 \cdot 10^9 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right), \quad (7)$$

Поскольку реальность Планковских величин (3) – (5) обоснована в работах [7, 8] их связью с Планковскими слоями Вселенной, поэтому их применение корректно в научных исследованиях. Таким образом, квантовая точка энергетического сгустка имеет размеры l_p (3), а время прохождения ею такого же расстояние со скоростью c составляет величину t_p (4).

Разработка физико-математической модели процесса прохождения луча света у Солнца. Изменение направления движения луча света от гравитационного воздействия на него массивного объекта происходит по нормали к исходному направлению его движения скачками на квантовую величину l_p , после нарастания гравитационного воздействия до критической величины в течение времени Δt_i .

В рамках proponуваної моделі руху світла, для доведення висунутої гіпотези необхідно отримати кінцевий поворот променя світла на кут 1,64».

По спрощеній схемі моделі, рух корпускули світла розглядалось, як рух точкового об'єкта, пущеного зі швидкістю c світла в вакуумі паралельно диску Сонця, маючого середню масу $m_C = 1,989 \cdot 10^{30}$ кг і середній радіус $r_C = 0,6955 \cdot 10^9$ м [9]. Оскільки відоме викривлення променя пов'язано з гравітаційною масою світла, як частини – корпускули, тоді можна вважати, що зі сторони Сонця на кожну з цих частин буде діяти прискорення вільного падіння g_C , величина якого випливає з закону всесвітнього тяжіння (1) [1] і визначається рівнянням (8):

$$g_{Ci} = \frac{Gm_C}{r_i^2} \left(\frac{M}{c^2} \right) \quad (8)$$

де r_i – поточний радіус від центра Сонця до точки миттєвого положення пролітаючої мимо частини (корпускули) світла.

Величина поточного радіуса r_i вибрана з умов його реального змінення під дією тяжіння Сонця при підльоті і відльоті корпускули світла зі швидкістю світла c в межах інтервалу часу $T = \pm 499$ с, обмеженого діаметром середньої кругової орбіти обертання Землі навколо Сонця:

$$r_i = \sqrt{r_C^2 + [(T - \Delta t_i)c]^2} \quad (м), \quad (9)$$

де Δt_i – величина дискретного змінення часу підльоту корпускули до Сонця і відльоту від нього в інтервалі i від 0 до ± 499 секунд, конкретної величиною якого далі буде виражено поточне значення часу.

Чисельна величина дискретного змінення часу Δt_i визначається з умови перпендикулярного зсуву корпускули світла до вихідного напрямку польоту кванту довжини l_p , що становить Планківську величину (3).

Для вихідного положення корпускули світла (за час $T_{-499} = -499$ секунд до її підльоту до Сонця), прискорення її вільного падіння на Сонці становить величину g_{C-499} (10), яка випливає з рівняння (9):

$$g_{iC-499} = \frac{Gm_C}{r_C^2 + (T_{-499} \cdot c)^2} = \frac{6,6739 \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{kg \cdot c^2} \right) \cdot 1,989 \cdot 10^{30} (kg)}{\left[0,6955 \cdot 10^9 (м) \right]^2 + \left[-499(c) \cdot 0,29979245 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c} \right) \right]^2} = 0,5931 \cdot 10^{-2} \left(\frac{M}{c^2} \right) \quad (10)$$

Для розрахунку дискретного часу Δt_{-499} , за який корпускула пройде шлях l_p (3) при прискоренні g_{C-499} (10), використовуємо загальну залежність:

$$l_p = v_0 \Delta t_{-499} + g_{C-499} (\Delta t_{-499})^2 \quad (м), \quad (11)$$

де v_0 – початкова швидкість руху корпускули в напрямку по нормалі до вектору початкової швидкості світла c .

Оскільки розглянутий вище квантовий характер поперечного зсуву корпускули світла дозволяє прийняти $v_0 = 0$ м/с, тоді отримав час Δt_{-499} (12):

$$\Delta t_{-499} = \sqrt{\frac{l_p}{g_{C-499}}} = \sqrt{\frac{4,051249 \cdot 10^{-35} (м)}{0,5931 \cdot 10^{-2} \left(\frac{M}{c^2} \right)}} = 0,8265 \cdot 10^{-16} (с). \quad (12)$$

Знаючи цей час (12) і швидкість світла c , можна визначити дискретну величину

продольного пролета Δl_{499} корпускулы до ее сдвига на квант l_p :

$$\Delta l_{499} = c \Delta t_{499} = 0,2998 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c} \right) \times 0,8265 \cdot 10^{-16} (c) = 2,478 \cdot 10^{-8} (M). \quad (13)$$

Тогда отношение поперечного сдвига на квант l_p к дискретной величине продольного пролета Δl_{499} , даст дискретный единичный угол разворота $\Delta \varphi_{499}$:

$$\Delta \varphi_{499} = \frac{l_p}{\Delta l_{499}} = \frac{4,051 \cdot 10^{-35}}{2,478 \cdot 10^{-8}} = 0,1635 \cdot 10^{-26} (rad). \quad (14)$$

Следует учесть, что пролет корпускулы света на такое малое расстояние (13) за время Δt_{499} (12) в интервале времени i от 0 до ± 499 с, ведет к потребности очень большого количества вычислений, оцениваемого величиной N (15), что нецелесообразно:

$$N_i = \frac{2 \times 499}{\Delta t_{499}} = \frac{2 \times 499(c)}{0,8265 \cdot 10^{-16}(c)} = 1,208 \cdot 10^{19}. \quad (15)$$

Поэтому в дальнейших расчетах учитывали, что точность конечного результата угла $\sum \Delta \varphi_i = 1,64 \pm 5\%$ является вполне приемлемой для подтверждения достоверности основных положений выполняемой работы, поэтому количество расчетов может быть сокращено. С этой целью в интервале от 499 до 100 с шаг расчетов был принят $\Delta T = 100$ с, в интервале от 100 до 10 с – $\Delta T = 10$ с, в интервале от 10 до 1 с – $\Delta T = 1$ с, в интервале от 1 до 0 с – $\Delta T = 0,1$ с. Конечной величиной расчетных значений ускорения свободного падения на Солнце взята максимальная величина g_{c0} , полученная на грани касания летящей корпускулы с солнечным диском, когда время ее подлета T_0 достигнет 0 секунд, а численная величина ускорения составит значение, вытекающее из уравнения (16):

$$g_{ic0} = \frac{Gm_c}{r_c^2 + (T_0 \cdot c)^2} = \frac{6,|6739| \cdot 10^{-11} \left(\frac{M^3}{kg \cdot c^2} \right) \cdot 1,989 \cdot 10^{30} (kg)}{\left[0,6955 \cdot 10^9 (M) \right]^2 + \left[0(c) \cdot 0,29979 \cdot 10^9 \left(\frac{M}{c} \right) \right]^2} = 0,2744 \cdot 10^3 \left(\frac{M}{c^2} \right). \quad (16)$$

Окончательные значения расчетных величин (10)...(14) при дискретном поперечном смещении луча на квант длины $l_p = 4,051249 \cdot 10^{-34}$ м в интервале g_{ci} от 0,00592 до 275 м/с², за время T подлета луча к Солнцу от -499 с до 0 с и отлета до 499 с показали, что суммарный угол его поворота составляет величину $\Delta \varphi_i = 1,668$, что практически точно совпадает с экспериментальными данными.

Выводы. Найденные физические зависимости, законы и закономерности движения луча света у массивного тела (Солнца) строго вытекают из известных физических законов и закономерностей и не противоречат им.

Совпадение экспериментальных данных угла отклонения луча света, проходящего у Солнца, с найденным расчетным путем на базе закона Всемирного тяготения, связанного с массой взаимодействующих объектов, строго доказывает наличие массы, содержащейся в вещественной части (корпускулах) лучей света и составляющих их фотонов.

Строгая связь между углом отклонения луча света при его прохождении у массивных тел, и его массой в рамках закона Всемирного тяготения найдена впервые, что вносит коренные изменения в представления о наличии массы фотонов и в конечном итоге – в общий уровень научного познания, поэтому отвечает всем признакам научного открытия [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Физический энциклопедический словарь / Под общ. ред. А.М. Прохорова. / Д.М. Алексеев, А.М. Бонч-Бруевич, А.С.Воронов-Романов и др. –М. : Сов. Энциклопедия, 1983. – 928 с.
2. Гернек Ф. Альберт Эйнштейн. –М.: Мир, 1984. – 128 с.
3. Phys.Web.Ru >> Постоянные | Беспрецедентное измерение гравитационной постоянной (по материалам бюллетеня The American Institute of Physics. Bulletin of Physics News. Number 482. May 3, 2000).
4. Настасенко В.А. О возможной периодичности числовых значений фундаментальных физических констант и их уточнении /Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. –Херсон, ХДМА, 2014. №.2(11). - с.166-139.
5. Настасенко В.О. Обґрунтування параметрів мінімального кванта простору Всесвіту /Науковий вісник ХДМА: науковий журнал. – Херсон, ХДМА, 2012. №.1(6). – с.285-297.
6. CODATA Internationally recommended values of the Fundamental Physical Constants
7. Настасенко В.А. Эталон массы в элементах квантовой физики // Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века. Сб. трудов VII Междунар. науч.-техн. конф. в г. Севастополе. –Донецк : ДонГТУ, 2000, Т1. – С. 95-100.
8. Настасенко В.О. Аналіз гранично можливих шаруватих структур. // Фізика і хімія твердого тіла. –Івано-Франківськ: Прикарп. нац. ун-т, 2006. Т.7. №4. –с.793-797.
9. Силк Дж. Семья Солнца: Пер. с англ. / Под ред. И.Д. Новикова. –М.: Мир, 1982. – 391 с.
10. Україна. Закони. Цивільний кодекс України. –К. : Школа. 2003. – С.142.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕРВИСНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Петров И.М., Кузьменко Е.С.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Организация обслуживания судна во время его стоянки в порту с точки зрения системного подхода образует сервисную эргатическую систему (СЭС) «человек – техника – среда», под которой понимается взаимодействие субъекта и объекта труда [1].

Следуя [2], рассмотрим одну из групп эргатических функций, а именно материальное производство (оперативно – гностическое и – практическое), куда входят такие функции как обработка информации, принятие решений, организация рабочего места, транспортирование, управление средствами труда и т.д. В качестве субъекта труда выступает оператор СЭС, т.е. морской агент, экспедитор, брокер и т.п.

В последнее время значительное внимание отводится проблемам, связанным с информационным обеспечением СЭС на морском транспорте. Главным становится качество и доступность информации, удобство ее представления и использования в повседневной деятельности. Информация является мощным ресурсом, позволяющим компаниям добиться конкурентных преимуществ. Многие сервисные компании переходят на новые стандарты и технологии, связанные с использованием электронных форм обеспечения деловых операций. Примером тому является внедрение в морских портах Украины с августа 2013 г. Информационной системы портового сообщества (ИСПС), участниками которой стали порты, перевозчики, агенты, экспедиторы, таможенная, санитарная, ветеринарная, карантинная и другие службы. Теперь контрагенты порта смогут осуществлять обмен, проверку, оформление, расчеты и передачу любой информации, документов, достаточных для контроля и оформления грузов и транспортных средств при грузовых перевозках, в электронном виде. Внедрение ИСПС позволило минимизировать бумажный документооборот, сократить время оформления грузов, оптимизировать процесс транспортировки, упростить процедуры пропуска грузов через порты Украины, что приблизило их к практике ведущих портов мира. Это потребовало от всех участников ИСПС, в том числе её сервисного сегмента, серьезных усилий по совершенствованию информационного обеспечения производственной деятельности, в том числе по проектированию и модернизации баз данных.

Актуальность исследования. Вопросам создания баз данных посвящено значительное количество научных работ как отечественных, так и зарубежных ученых. Связанные с этим проблемы рассматривали М.Р. Когаловский, С.Д. Кузнецов, В.Б. Уткин, В.В. Корнеев, А.Ф. Гарев, С.В. Васютин. Вопросы информационного обеспечения системы управления обслуживания судов в портах разработаны в трудах Е.Н. Воевудского. Среди иностранных ученых следует отметить таких, как Дейт К. Дж., Гарсиа – Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж., Коннолли Т., Бегг К., Бейнон – Дэвис П. и др. Однако работы упомянутых авторов в основном отличаются теоретической направленностью. Без внимания пока остались сервисные эргатические системы на морском транспорте, разработка баз данных для них и систем управления ими. Эти обстоятельства предопределили актуальность данного исследования.

Постановка задачи. Целью исследования является анализ используемого информационного обеспечения СЭС на морском транспорте и его оптимизация путем разработки и проектирования баз данных, отвечающих требованиям международных стандартов и условиям работы транспортного сервисного сегмента в современных рыночных условиях.

Достижение цели исследования диктует необходимость решения задач определения

состава показателей, заносимых в проектируемые базы, предусмотреть возможность их описания на информационном языке, выбора способов их организации, обеспечения доступа к данным базы выявленными смысловыми связями данных, построенными тезаурусом, логической и физической структурами базы [3].

Результаты исследования. Применяя выводы проф. Е.Н. Воеводского к нашему исследованию, отметим, что информационное обеспечение СЭС на морском транспорте включает в себя наборы показателей, классификаторы информации, языки записи данных, правила структурной организации информации [3]. Оно классифицируется на внешнее – подготовка данных и оперирование с ними вне ЭВМ, и внутреннее – обработка данных в ЭВМ. Информационное обеспечение реализуется в виде файловой системы или в виде базы данных (БД). БД – это одна из компонент информационной системы (ИС) – банка данных.

Банк данных включает в свой состав: БД – совокупность специальным образом организованных (структурированных) данных и связей между ними, т.н. датологическое (от англ. *data* – данные) представление информации о предметной области; систему управления БД (СУБД) – специальный комплекс программ и языков, посредством которого организуется централизованное управление БД и обеспечивается доступ к ним; администратора БД – лицо (группу лиц), реализующее управление БД. Банк данных можно рассматривать как АСУ БД [4]. Некоторые исследователи включают в банк данных 4-й компонент – технический [5,6].

Основные функции администратора БД приведены в [7]. На этом основании можно сделать вывод, что морские агенты и экспедиторы – операторы рассматриваемых СЭС, также являются и администраторами БД. :

Переходя к созданию БД в СЭС, отметим, что оно предполагает разработку двух его компонент - БД (проблемно-ориентированный компонент) и СУБД. Первый является главным в разработке БД и предопределяет выбор системы управления БД (СУБД) – выбор пакета программ для ведения БД [3].

В настоящем исследовании ограничимся созданием БД для агентской деятельности в рамках СЭС. Первым этапом создания БД является обследование и подробный анализ наглядной области. Далее результаты первичного анализа должны быть детализированы и соответствующим образом структурированы.

Для анализа наглядной области адекватным инструментарием является структурный анализ. Его цель – превращение общих, расплывчатых знаний о начальной наглядной области в точные определения и спецификации, а также генерация функционального описания системы. Все методологии структурного анализа базируются на общих принципах концептуальной общности, полноты, непротиворечивости, абстрагирования, сокрытия, независимости данных и логической. Базовыми являются принципы декомпозиции и иерархического упорядочения.

Из известных методологий структурного анализа в исследовании мы воспользовались средствами DFD (Data Flow Diagrams – диаграммы потоков данных (ДПД)). В методологии ДПД верхние уровни иерархии (контекстные диаграммы) определяют основные процессы или подсистемы ИС с внешними входами и выходами. Они детализируются с помощью диаграмм нижнего уровня. Создавая многоуровневую иерархию диаграмм такая декомпозиция продолжается до тех пор, пока процессы не станут элементарными и дальнейшей детализации не подлежат.

Основными компонентами ДПД являются: внешние сущности; системы / подсистемы; процессы; накопители данных; потоки данных.

Первым шагом при построении иерархии ДПД является построение контекстных диаграмм. При этом контекстная диаграмма верхнего уровня содержит не единственный главный процесс, а набор подсистем, соединенных потоками данных. Контекстные диаграммы следующего уровня детализируют контекст и структуру подсистем. Для каждой подсистемы, присутствующей на контекстных диаграммах, выполняется ее

детализация с помощью ДПД. При построении иерархии ДПД переходить к детализации процессов следует только после определения содержания всех потоков и накопителей данных, которое описывается с помощью структур данных.

С точки зрения обработки информации в процессе агентского обслуживания нами выделено две основных задачи: 1) оформление пакета документов по судозаходу; 2) учет имеющей к нему информации.

Следовательно, информационный процесс «Агентирование» имеет следующие внешние ограничители (субъекты, являющиеся поставщиками или потребителями информации для будущей ИС): СУДОВЛАДЕЛЕЦ; СУДНО; АГЕНТ; ПОРТ. Диаграмма первого уровня представлена на рис. 1.

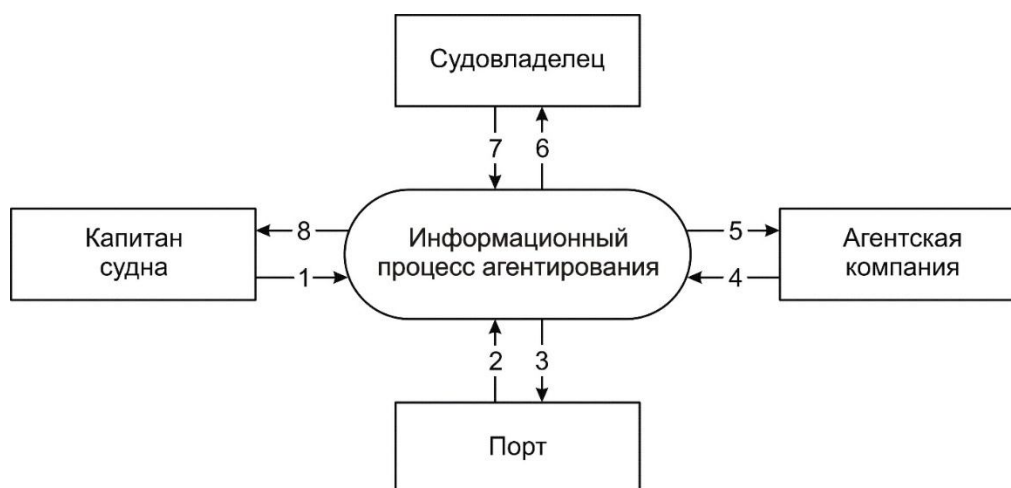


Рисунок 1 – Информационные потоки первого уровня в процессе агентирования: информационные потоки первого уровня: 1 – информация капитана судна; 2 – информация порта; 3 – информация для порта; 4 – информация агентов; 5 – информация для агентов; 6 – информация для судовладельца; 7 – информация судовладельца; 8 – информация для капитана судна

Теперь необходимо их детализировать Детализация информационных потоков первого уровня приведена в табл. 1.

Таблица 1 – Детализируемые в процессе обработки информации агентами информационные потоки

| <i>Информационные потоки первого уровня</i> | <i>Информационные потоки второго уровня</i> |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Информация от капитана | 1.1. Информация по судозаходу 1.2. Запрос по предыдущему дисбурсментскому счету |
| Информация порта | 2.1. Запрос документов по судозаходу |
| Информация для порта | 3.1. Генеральная декларация 3.2. Грузовая декларация 3.3. Экологическая декларация 3.4. Информация о наличии балласта на судне 3.5. Извещение капитана о не загрязнении портовой акватории 3.6. Морская санитарная декларация 3.7. Генеральная декларация на отход 3.8. Грузовая декларация на отход 3.9. Экологическая декларация на отход |
| Информация от агентов | 4.1. Стоимостные характеристики судозахода 4.2. Запрос по судозаходу |
| Информация для агентов | 5.1. Отчет по судозаходу |
| Информация для судовладельцев | 6.1. Дисбурсментский счет |

Продолжение табл. 1

| 1 | 2 |
|------------------------------|--|
| Информация от судовладельцев | 7.1. Запрос по дисбурсментскому счету 7.2. Информация по судозаходу 7.3. Данные о судовладельце 7.4. Данные о судне |
| Информация для капитана | 8.1. Предыдущий дисбурсментский счет |

Далее выделим накопители данных, то есть будущие БД. При этом будем руководствоваться декомпозицией основных задач обработки информации в процессе агентирования.

Считаем, что целесообразно выделять следующие накопители данных: ДОКУМЕНТЫ; СУДОЗАХОД; СУДНО.

Так получили диаграмму информационных потоков второго уровня (рис. 2).

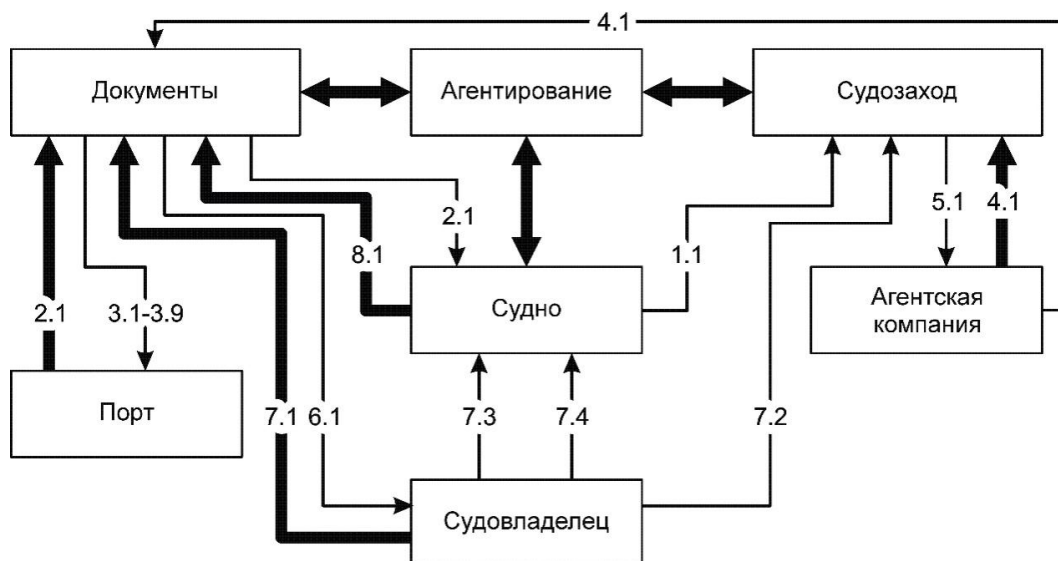


Рисунок 2 – Детализированные информационные потоки в процессе агентского обслуживания

Получив картину информационных потоков в процессе агентского обслуживания, приступаем к анализу содержимого накопителей, который позволяет сделать выводы по структуре БД данных проектируемой ИС. Анализируем содержание накопителей «ДОКУМЕНТЫ», «СУДНО», «СУДОЗАХОД» (рис. 3).

Как видим, содержимое накопителя «СУДНО» может быть представлено в виде двух БД - «СУДНО» и «СУДОВЛАДЕЛЕЦ» для рациональной организации хранения в БД (поскольку одному судовладельцу может принадлежать несколько обслуживаемых судов, поэтому не имеет смысла дублировать информацию по судовладельцам в базе данных «СУДНО»).

БД «ДОКУМЕНТЫ» являются стандартные формы документов в электронном виде. Однако, многие позиции в них должны заполняться автоматически по мере введения информации по судозаходу и судну.

Предложенные БД являются взаимосвязанными [8]. Реляционная связь выглядит, как показано на рис. 4.



Рисунок 3 – Структуры БД для ИС поддержки агентской деятельности

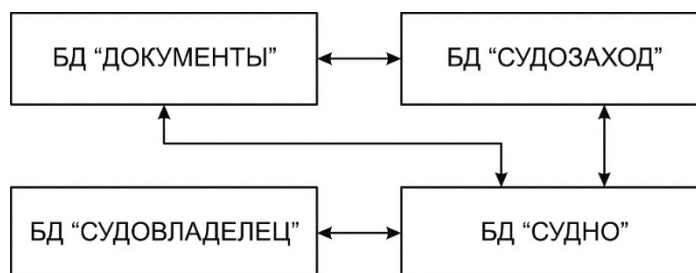


Рисунок 4 – Взаимосвязь баз данных

Предложенная структура и взаимосвязь БД является постановкой задачи для программистов. На базе проектных предложений ИС для агентской деятельности может быть реализована на практике.

Выводы. В результате проведенной работы были получены следующие результаты:

1. Построение БД позволяет увидеть систему документооборота сервисной компании не на уровне фрагментов информации, многочисленных инструкций, отраслевых документов, а в виде формализованного потока данных.

2. Спроектированная БД для агентской деятельности в СЭС отличается способностью устранить дублирование информации и основных функций по ведению БД, обеспечить постановку и решение новых задач; возможность обмена данными в рамках ИСПС, унификации представления и обработки данных; при необходимости ограничения доступа конкурентов к отдельным данным; непрерывного слежения за ходом агентского обслуживания судна; усовершенствования, пополнения и модернизации БД и СУБД.

3. Использование предложенной информационной поддержки процесса агентирования позволит обеспечить оперативность при формировании пакета документов по судозаходу, а также обеспечить учет информации по судозаходу для агентской компании.

4. Если рассматривать конкретную сервисную деятельность, например, экспедирование, агентирование, их информационное обеспечение, то приходим к выводу, что в каждом случае оно в принципе уникально, но имеет много общих черт.

5. Постоянный анализ и оптимизация информационного обеспечения СЭС является необходимым условием соответствия предложенной БД требованиям практики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Климов Е.А. Психология профессионального самоопределения. - М.: Изд. центр «Академия», 2010. - 304 с.

2. Пряжникова Е.Ю., Пряжников Н.С. Психология труда. - 5-е изд., стер. М.: Изд. центр «Академия», 2009. - 480 с.

3. Воевудский Е.Н. Управление системой обслуживания судов в портах. – М.: «Транспорт», 1983. – 298 с.

4. Уткин В. Б. Информационные системы в экономике: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.Б. Уткин, К.В. Балдин. – М.: Изд. центр «Академия», 2004. – 288 с.

5. Корнеев В. В., Гарев А. Ф., Васютин С. В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. – М.: Нолидж, 2000. - 372 с.

6. Системы управления базами данных и знаниями / Под ред. А. Н. Наумова. – М.: Финансы и статистика, 1998 – 197 с.

7. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. 8-е изд.– М.: Вильямс, 2005 – 1328 с.

8. Райордан Р. Основы реляционных баз данных.- М.: Русская редакция, 2001. – 394 с.

ГИБРИДНАЯ ПАРАДИГМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЯГОВОЙ СИЛЫ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА

Поляков В.А., Хачануридзе Н.М.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепропетровск)

Введение. Электрические токи, протекающие в контурах обмоток линейного синхронного двигателя (ЛСД) магнитолевитирующего поезда (МЛП), и создаваемые ими магнитные поля являются компонентами единого электромагнитного процесса, являющегося, в свою очередь, субпроцессом гиперпроцесса электромеханического преобразования энергии таким двигателем. Порознь указанные компоненты с успехом могут моделироваться [1] в рамках теорий, соответственно, электрических цепей, базирующийся на уравнениях Кирхгофа, и электромагнитного поля, ядром которой являются уравнения Максвелла. Исходя из этого, ныне имеющиеся версии математической модели (ММ) тяговой силы (ТС) МЛП были построены [2, 3] исходя из указанных селективных парадигм её моделирования.

Актуальность исследования. Результаты анализа свойств имеющихся версий ММ ТС МЛП свидетельствуют о том, что каждая из них обладает как преимуществами, так и недостатками. Первая из упомянутых версий модели (построенная в рамках парадигмы теории электрических цепей) обладает достаточно широкими функциональными возможностями. Однако, её основным недостатком является наличие в её дифференциальных уравнениях коэффициентов (соответствующих собственным и взаимным индуктивностям контуров фаз якоря, а также взаимным индуктивностям таких контуров с контурами возбуждения), значения которых периодически изменяются в зависимости от положения муфтера (подвижных частей ЛСД). Это существенно затрудняет решение задач описываемой динамики [4], радикально снижая практическую ценность версии. Версия же ММ, исходящая из парадигмы теории поля, менее ресурсоёмка, однако и менее практична. Последнее – следствие существенной ограниченности её общности, вызываемой недостаточной адекватностью исходных предпосылок, принятых при построении этой версии модели. Изложенные соображения выявляют [5] актуальность создания гибридной холистической парадигмы (ГХП) построения ММ ТС МЛП, ассимилирующей достоинства теорий цепей и поля и, в то же время, максимально свободной от их недостатков.

Постановка задачи. Создание такой ГХП являлось основной задачей настоящей работы. Концептуально, электромеханическое энергопреобразование ЛСД МЛП осуществляется в процессе взаимодействия взаимно неподвижных магнитных полей, создаваемых токами, протекающими в контурах индуктора и якоря. Поэтому паттерном ТС поезда является взаимодействие тока, протекающего в элементе контура индуктора ЛСД, с полем, создаваемым токами его якоря. Такое взаимодействие описуемо выражением закона Ампера [6]:

$$f_{\lambda\chi} = l_{\lambda\chi} \cdot i_{\lambda} \cdot \tilde{B}_{\lambda\chi} \cdot \text{Sin} \alpha_{\lambda\chi}, \quad (1)$$

где $f_{\lambda\chi}$ – значение силы, действующей на χ -ый элемент λ -го контура индуктора двигателя; $l_{\lambda\chi}, i_{\lambda}, \tilde{B}_{\lambda\chi}, \alpha_{\lambda\chi}$ – значения длины упомянутого элемента, тока в нём, индукции (условно однородного – в пределах элемента) магнитного поля, в котором элемент находится, а также угла между $\overline{i_{\lambda}}$ и $\tilde{B}_{\lambda\chi}$. Полная ТС ЛСД в каждый момент

времени определяется как геометрическая сумма $\bar{f}_{\lambda\chi} \forall \lambda \in [\overline{1, N}], \chi \in [\overline{1, 4}]$, где N – число контуров индуктора ЛСД.

Динамика электрической подсистемы ЛСД определяется уравнениями второго закона Кирхгофа для электрически и магнитно-связанных его контуров [6]. В неподвижной координатной системе $O\Xi_{\chi} \forall \chi \in [\overline{1, 3}]$, эти уравнения могут быть записаны в виде:

$$u_{\lambda\chi} = \frac{d}{dt} \Psi_{\lambda\chi} + r_{\lambda\chi} \cdot i_{\lambda\chi} \quad \forall \lambda \in [\overline{1, \Lambda}], \chi \in [\overline{1, 3}], \quad (2)$$

где $u_{\lambda\chi}, \Psi_{\lambda\chi}, i_{\lambda\chi}, r_{\lambda\chi} \forall \lambda \in [\overline{1, \Lambda}], \chi \in [\overline{1, 3}]$ – компоненты значений электродвижущих сил источников, потокосцеплений этих контуров, протекающих в них токов, а также их активных сопротивлений; Λ, t – число таких контуров и текущее время.

Магнитная цепь ЛСД предполагается ненасыщенной [2]. Поэтому она может считаться условно-линейной подсистемой и, следовательно, к ней применим принцип аддитивности. Исходя из этого, результирующее поле якорной обмотки двигателя в любой точке пространства $O\Xi_{\chi} \forall \chi \in [\overline{1, 3}]$ может описываться как сумма полей, создаваемых в этой точке отдельными катушками такой обмотки:

$$\tilde{B}_q = B_{\kappa q} \cdot e_{\kappa} \quad \forall \kappa \in [\overline{1, K}]; q \in [\overline{1, 3}]; \quad e_{\kappa} = 1 \quad \forall \kappa \in [\overline{1, K}], \quad (3)$$

где $\tilde{B}_q, B_{\kappa q} \forall \kappa \in [\overline{1, K}]; q \in [\overline{1, 3}]$ – компоненты индукции поля, создаваемого всей обмоткой якоря, а также его отдельными катушками в рассматриваемой точке пространства; K – число таких катушек.

В свою очередь, значения величин $B_{\kappa q} \forall \kappa \in [\overline{1, K}]; q \in [\overline{1, 3}]$ определимы согласно выражениям [7]:

$$\begin{aligned} B_{\kappa 1} &= -\frac{I^*}{4 \cdot \pi} \cdot \left\{ \left[F_{12}(k_1', \varphi', \eta) + F_{12}(k_3', \varphi', \eta) \right]_{\substack{\varphi_2' = x_0 - l - d \\ \varphi_1' = x_0 - l}} - \right. \\ &\quad \left. - \left[F_{12}(k_2', \psi', \eta) + F_{12}(k_4', \psi', \eta) \right]_{\substack{\psi_2' = x_0 + l + d \\ \psi_1' = x_0 + l}} \right\}_{\substack{\eta_2 = z_0 - h \\ \eta_1 = z_0 + h}} \quad \forall \kappa \in [\overline{1, K}]; \\ B_{\kappa 2} &= -\frac{I^*}{4 \cdot \pi} \cdot \left\{ \left[F_{12}(k_1, \varphi, \eta) + F_{12}(k_4, \varphi, \eta) \right]_{\substack{\varphi_2 = x_0 + l + d \\ \varphi_1 = x_0 + l}} - \right. \\ &\quad \left. - \left[F_{12}(k_2, \psi, \eta) + F_{12}(k_3, \psi, \eta) \right]_{\substack{\psi_2 = y_0 + a + d \\ \psi_1 = y_0 + a}} \right\}_{\substack{\eta_2 = z_0 - h \\ \eta_1 = z_0 + h}} \quad \forall \kappa \in [\overline{1, K}]; \\ &\quad \left\{ F_{12}(k, \varphi, \eta) \right\}_{\substack{\eta_2 = z_0 - h \\ \eta_1 = z_0 + h}} = \left\{ \eta \cdot \operatorname{arctg} \frac{k \cdot \varphi - \eta^2}{\eta \cdot \sqrt{(k + \varphi)^2 + \varphi^2 + \eta^2}} - \right. \\ &\quad \left. - \varphi \cdot \operatorname{arsh} \frac{k + \varphi}{\sqrt{\varphi^2 + \eta^2}} - \frac{k}{\sqrt{2}} \cdot \operatorname{arsh} \frac{k + 2 \cdot \varphi}{\sqrt{k^2 + 2 \cdot \eta^2}} \right\}_{\substack{\eta_2 = z_0 - h \\ \eta_1 = z_0 + h}}; \\ B_{\kappa 3} &= -\frac{I^*}{4 \cdot \pi} \cdot \left\{ \left[f_3^0(k_1, \varphi, \eta) + f_3^0(k_4, \varphi, \eta) \right]_{\substack{\varphi_2 = y_0 - a - d \\ \varphi_1 = y_0 - a}} - \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & - \left[f_3^0(k_2, \psi, \eta) + f_3^0(k_3, \psi, \eta) \right]_{\substack{\psi_2=y_0+a+d \\ \psi_1=y_0+a}} + \\
 & + \left[f_{31}(k_1', \varphi', \eta) + f_{31}(k_3', \varphi', \eta) \right]_{\substack{\varphi_2=x_0-l-d \\ \varphi_1=x_0-l}} - \\
 & - \left[f_{31}(k_2', \psi', \eta) + f_{31}(k_4', \psi', \eta) \right]_{\substack{\psi_2=x_0+l+d \\ \psi_1=x_0+l}} \left. \vphantom{\left[f_{31}(k_2', \psi', \eta) + f_{31}(k_4', \psi', \eta) \right]} \right\} \eta_2=z_0-h \\
 & \left. \vphantom{\left[f_{31}(k_2', \psi', \eta) + f_{31}(k_4', \psi', \eta) \right]} \right\} \eta_1=z_0+h \quad \forall \kappa \in [\overline{1, K}];
 \end{aligned}$$

$$f_{31}(k, \varphi, \eta) = -\eta \cdot \operatorname{arsh} \frac{k + \varphi}{\sqrt{\varphi^2 + \eta^2}} + \varphi \cdot \operatorname{arctg} \frac{(k + \varphi) \cdot \eta}{\varphi \cdot \sqrt{(k + \varphi)^2 + \varphi^2 + \eta^2}};$$

$$f_{32}(k, \varphi, \eta) = \sqrt{2} \cdot \eta \cdot \operatorname{arsh} \frac{k + 2 \cdot \varphi}{\sqrt{k^2 + 2 \cdot \eta^2}} - k \cdot \operatorname{arctg} \frac{(k + 2 \cdot \varphi) \cdot \eta}{k \cdot \sqrt{(k + \varphi)^2 + \varphi^2 + \eta^2}};$$

$$f_3^0(k, \varphi, \eta) = f_{31}(k, \varphi, \eta) + f_{32}(k, \varphi, \eta);$$

$$k_1' = -k_1 = [(y_0 - a) - (x_0 - l)]; \quad k_2' = -k_2 = [(y_0 + a) - (x_0 + l)];$$

$$k_3' = k_3 = -[(y_0 + a) + (x_0 - l)]; \quad k_4' = k_4 = -[(y_0 - a) + (x_0 + l)], \quad (4)$$

где i^* – плотность тока на единицу площади сечения обмотки катушки; $2 \cdot h, d$ – высота (вдоль оси 3) и толщина (вдоль осей 1 и 2) обмотки катушки; $2 \cdot l, 2 \cdot a$ – размеры её внутреннего пространства вдоль осей 1 и 2 соответственно; x_0, y_0, z_0 – координаты (отсчитываемые, соответственно, вдоль осей 1, 2 и 3) точки пространства, в которой описывается поле.

Для обеспечения постоянства коэффициентов уравнений модели ТС ЛСД, эти уравнения были преобразованы к подвижной координатой системе $\Theta\Phi_\zeta \forall \zeta \in [\overline{1, 3}]$, жёстко связанной с муфтой двигателя и сопровождающей его в движении. При этом величины, входящие в соотношения (2), были преобразованы к подвижной координатной системе согласно выражениям:

$$\begin{aligned}
 u_{\lambda, \zeta} &= u_{\lambda, \chi} \quad \forall \lambda \in [\overline{1, \Lambda}], \zeta, \chi \in [\overline{1, 3}]; \\
 \Psi_{\lambda, \zeta} &= \mathcal{G}_\zeta^\chi \cdot \Psi_{\lambda, \chi} \quad \forall \lambda \in [\overline{1, \Lambda}], \zeta, \chi \in [\overline{1, 3}]; \\
 r_{\lambda, \zeta} &= r_{\lambda, \chi} \quad \forall \lambda \in [\overline{1, \Lambda}], \zeta, \chi \in [\overline{1, 3}]; \\
 i_{\lambda, \zeta} &= \mathcal{G}_\zeta^\chi \cdot i_{\lambda, \chi} \quad \forall \lambda \in [\overline{1, \Lambda}], \zeta, \chi \in [\overline{1, 3}], \quad (5)
 \end{aligned}$$

где $\mathcal{G}_\zeta^\chi \forall \zeta, \chi \in [\overline{1, 3}]$ – матрица преобразования из координатной системы $O\Xi_\chi \forall \chi \in [\overline{1, 3}]$ в систему $\Theta\Phi_\zeta \forall \zeta \in [\overline{1, 3}]$.

Аналогично, величины, входящие в соотношения (4), преобразовывались согласно выражениям:

$$B_{\kappa \zeta} = \mathcal{G}_\zeta^\chi \cdot B_{\kappa \chi} \quad \forall \kappa \in [\overline{1, K}]; \zeta, \chi \in [\overline{1, 3}]. \quad (6)$$

В качестве примера результатов использования созданной модели, приведена осциллограмма ТС ЛСД, описываемой этой моделью, в режиме разгона поезда.

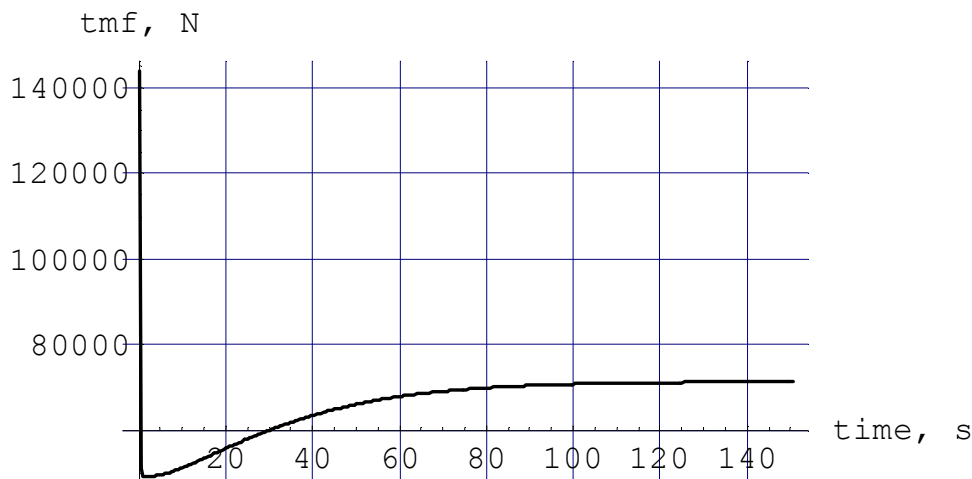


Рисунок 1 – Оциллограмма тяговой силы ЛСД МЛП

Результаты исследования. Создана ГХП построения ММ ТС МЛП, ассимилирующая достоинства теорий цепей и поля и, в то же время, свободная от их недостатков. В рамках этой парадигмы, построена ММ ТС МЛП. Приведён иллюстративный пример её использования.

Выводы. Анализ приведенных результатов свидетельствует о работоспособности созданных ГХП и модели, а поэтому – их пригодности, после верификации и необходимой адаптации к нуждам конкретных практических задач, к использованию в процессе исследований динамики МЛП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вольдек А.И. Электрические машины. – Л.: Энергия, 1984 – 832 с.
2. Поляков В. А. Динамика тяговой электромагнитной подсистемы магнитолевитирующего поезда / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління». – № 1015. Випуск 19 – Х., 2012. – С. 268 – 273.
3. Поляков В. А. Динамика тяговой подсистемы магнитолевитирующего поезда (полевая парадигма исследования) / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Науковий вісник Херсонської морської академії – 2013. – № 1 (8). – С. 258 – 266.
4. Электрические машины (специальный курс) / Г. А. Сипайлов, Е. В. Кононенко, К. А. Хорьков – М.: Высш. шк., 1987. – 287 с.
5. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.
6. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи – М.: Высш. шк., 1996. – 578 с.
7. Бирюков В. А. Магнитное поле прямоугольной катушки с током / В. А. Бирюков, В. А. Данилов // Журнал технической физики. – 1961. – Т. XXXI, № 4. – С. 428 – 435.

ПІДХІД ДО МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ

Прокудін Г.С., Чунайленко О.А., Дудник О.С., Прокудін О.Г., Омаров Д.М.

Національний транспортний університет
(Україна, м. Київ)

Вступ. Організація мультимодальних вантажних перевезень у міжнародному сполученні потребує раціонального об'єднання можливостей усіх видів транспорту: автомобільного, залізничного і водного. Транспортну задачу можна розв'язати не тільки на матриці, але і на схемі мережі. Методи розв'язання її у тому й у іншому випадку мають свої переваги та недоліки. Матричний метод досить простий і не вимагає великої кількості обчислень. Зі збільшенням розмірів задачі число ітерацій збільшується приблизно в лінійній залежності від кількості рядків. Цей метод варто застосовувати у практичних задачах, оскільки на ньому простіше ставити часткові заборони поставок окремим споживачам, а суто однорідних вантажів, загалом, не існує. Мережевий метод дозволяє врахувати пропускну здатність окремих ділянок транспортної мережі, тоді як транспортна задача у матричній формі враховує лише пропускну здатність вузлів транспортної мережі.

Актуальність досліджень. Використання мережевого методу дозволить врахувати пропускну здатність окремих ділянок транспортної мережі, що дозволить підвищити ефективність транзитних міжнародних перевезень в Україні.

Постановка задачі. Побудова моделі організації мультимодальних вантажних перевезень дозволить представити мультимодальні перевезення автомобільним, залізничним і водним видами транспорту у вигляді узагальненої моделі комплексних транспортних перевезень з використанням мережевого методу досліджень.

Результати досліджень. Підготовча робота на мережі потребує менше часу, якщо навантаження і вивантаження відбувається у вузлах. Тоді для розв'язання всіх задач потрібно один раз скласти макет мережі із зазначенням відстані (довжини кожної ділянки) або вартості перевезення по ній. Якщо навантаження і вивантаження планується ще й на проміжних пунктах, кожен з них також позначають як вузол. При цьому на мережі буде стільки вузлів, скільки є пунктів, включаючи і проміжні. Назвемо вузли вершинами мережі, а ділянки – ланками або ребрами. Деякі вершини можуть поєднуватися одна з одною ланками. Мережа, на якій розв'язується транспортна задача, може мати форму звичайної залізничної мережі, на кожній ланці (ділянці) якої позначена її довжина або вартість перевезення вантажів. Якщо остання на кожній ланці в обох напрямках однакова, мережа називається симетричною. При визначенні мінімального пробігу вантажів мережа завжди симетрична, оскільки відстань від станції A до станції B дорівнює відстані від станції B до станції A . (Чого не можна сказати про авіаційні перевезення вантажів). Якщо ж вартість перевезення на кожній ланці мережі різна залежно від напрямку (туди або назад), вершини A і B з'єднують двома орієнтованими дугами з однобічним рухом. Кожній дусі при цьому надається відповідна вартість перевезення [1].

Необхідно розрізнити поняття ланки (ребра) і дуги. Дуга завжди пов'язана з орієнтацією і по ній можливий рух тільки в одному напрямку. Надалі, з'єднуючи дві вершини однією лінією, будемо припускати, що це дві дуги з однобічним рухом – це особливо важливо в задачах з обмеженнями пропускну здатності, де рівні вартості або відстані однієї ланки можуть поступово перетворюватися в різні.

Є два найпоширеніших методи розв'язування транспортної задачі в мережевій формі: метод скорочення непогодженостей або умовно оптимальних планів А.Л. Лур'є [2]; метод послідовного поліпшення плану Л.В. Канторовича і М.К. Гавурина [3].

Для розробки моделі організації мультимодальних вантажних перевезень необхідно представити мультимодальні перевезення автомобільним, залізничним і водним видами

транспорту у вигляді узагальненої моделі комплексних транспортних перевезень. Припустимо, що ми маємо ряд транспортних вузлів, що з'єднані між собою відповідними транспортними комунікаціями. Необхідною умовою приналежності транспортних вузлів до цієї множини є наявність автомобільних доріг, що з'єднують ці транспортні вузли у загальну транспортну систему [4].

Таким чином, робочою гіпотезою побудови моделі організації мультимодальних вантажних перевезень у міжнародному сполученні є наступне: наявність автомобільних комунікацій, які проходять крізь кожний транспортний вузол, сприяють об'єднанню цих транспортних вузлів у єдине ціле – транспортну мережу.

Перевезення між транспортними вузлами можуть здійснюватися або з використанням одного виду транспорту, або декількох. Виходячи із цього, маємо наступні варіанти перевезення вантажів:

- 1) перевезення автомобільним транспортом здійснюються від транспортного вузла постачальника до транспортного вузла споживача будь-яких типів;
- 2) перевезення залізничним транспортом припускають наявність у транспортного вузла постачальника й споживача вантажу залізничної станції;
- 3) перевезення водним транспортом припускають наявність у транспортного вузла постачальника й споживача вантажу водного порту;
- 4) перевезення спочатку автомобільним транспортом від транспортного вузла постачальника будь-якого типу до проміжного транспортного вузла, який має водний порт і потім від нього до транспортного вузла споживача, що теж має водного порту;
- 5) перевезення спочатку водним транспортом від транспортного вузла постачальника, що має водний порт до проміжного транспортного вузла, який теж має водний порт і потім від нього до транспортного вузла споживача будь-якого типу;
- 6) перевезення спочатку автомобільним транспортом від транспортного вузла постачальника будь-якого типу до проміжного транспортного вузла, який має водний порт, після водним транспортом до транспортного вузла споживача, що теж має водний порт і потім від нього автомобільним транспортом до транспортного вузла споживача будь-якого типу;
- 7) перевезення спочатку автомобільним транспортом від транспортного вузла постачальника будь-якого типу до проміжного транспортного вузла, який має залізничну станцію і потім від нього до транспортного вузла споживача, що теж має залізничну станцію;
- 8) перевезення спочатку залізничним транспортом від транспортного вузла постачальника, що має залізничну станцію до проміжного транспортного вузла, який теж має залізничну станцію і потім від нього до транспортного вузла споживача будь-якого типу;
- 9) перевезення спочатку автомобільним транспортом від транспортного вузла постачальника будь-якого типу до проміжного транспортного вузла, який має залізничну станцію, після залізничним транспортом до транспортного вузла споживача, що теж має залізничну станцію і потім від нього автомобільним транспортом до транспортного вузла споживача будь-якого типу.

Задача про найкоротші шляхи належить до фундаментальних задач комбінаторної оптимізації, оскільки більшість таких задач можна звести до відшукування найкоротшого шляху на мережі. Існують різні типи задач про найкоротший шлях: між двома заданими вершинами; між даною вершиною та всіма іншими вершинами мережі; між кожною парою вершин у мережі; між двома заданими вершинами для шляхів, які проходять через одну або декілька заданих вершин; перший, другий, третій і т. д. найкоротші шляхи у мережі.

На сьогодні таких алгоритмів розроблено досить багато, але практично на увагу заслуговують лише кілька з них, зокрема відомий алгоритм Дейкстри [4]. За допомогою цього алгоритму шукають на графі «найдешевший» шлях від певної завчасно визначеної

вершини V_0 до вказаної вершини V_M , при цьому він бере до уваги вартість та довжину шляху й оновлює вузли, якщо до них знайдені кращі шляхи. Єдина умова при роботі алгоритму Дейкстри – позитивні ціни шляхів, що повністю відповідає нашим умовам. Пропонується певна модифікація зазначеного алгоритму, яка полягає у включенні до нього впорядкованої системи перебору вершин-постачальників (m), з одного боку, та вершин-користувачів (n), із другого. Тобто ми додаємо два вкладені цикли – перебір усіх постачальників, як вершину V_0 , та усіх користувачів, як вершину V_M .

Завдяки цьому можна знайти найкоротші шляхи від кожного постачальника до кожного користувача і визначити вартісні характеристики перевезень. Необхідно також відзначити, що цей алгоритм, на відміну від інших, може працювати як з орієнтованими, так і з неорієнтованими графами, що, в свою чергу, значно розширює сферу його застосування [4].

Висновки. На основі методу Дейкстри був розроблений програмний комплекс комп'ютерної системи підтримки прийняття рішень з оптимізації міжнародних перевезень вантажу на мережі автомобільних доріг, який здійснює процедуру пошуку найкоротших відстаней та визначення оптимальних обсягів перевезень на заданій мережі доріг.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нефьодов Л.І. Багатокритеріальна математична модель вибору постачальників товарів, об'ємів закупівлі, та маршрутів доставки товару до дистриб'ютора / Л.І. Нефьодов, Д.О. Маркозов // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Харків: ХНАДУ, 2012. – Т. 1, № 2(55). – С. 45 – 51.
2. Декалюк О.В. Використання транспортних засобів в логістичній системі та її основні проблеми / О.В. Декалюк, П.О. Коронівський, І.В. Левицька. – К.: «Фенікс», 2010. – 255 с.
3. Прокудін Г.С. Підвищення ефективності управління перевезеннями легкових автомобілів/ О.С. Дудник, Г.С. Прокудін// Управління проектами, системний аналіз і логістика, Вип. 8. – К.: НТУ, 2011. – С. 154 – 158.
4. Прокудін Г.С. Проектування бази даних системи міжнародних перевезень легкових автомобілів/ О.С. Дудник, Г.С. Прокудін // Проблеми транспорту : Науковий журнал, Вип.8.– К.: НТУ,2011. – С.– 65 – 68
5. Прокудін Г.С. Комп'ютерна програма «Програмно-інструментальний комплекс оптимізації пасажирських та вантажних перевезень в транспортних системах України і Західної Європи»: Свідectво про реєстрацію авторського права на твір / О.С. Дудник, Г.С. Прокудін, М.Г. Іщенко. – № 48530, Державна служба інтелектуальної власності України. – заяв. 30.01.2013 № 48730; реєстр. 01.04.2013. – 67 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОГО СЛЕДА В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗА ВИХРЕВОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ АЭРОПОРТА

Прусак П.Н.

ГП «Чугуевский авиационный ремонтный завод»

(Украина, Харьковская область, г. Чугуев)

Неблагоприятные условия внешней среды могут привести к различным по своему воздействию на ЛА последствиям, которые влияют на благоприятный исход полёта.

Такие явления в атмосфере, как сдвиг ветра, турбулентность, вертикальные потоки, ливневые осадки, вихревые следы, изменяют аэродинамические силы и моменты, действующие на ЛА, что приводит к его возмущённому движению.

Характер возмущённого течения в вихревом следе, его перемещение в пространстве подчиняется определённым закономерностям и зависит от лётно-технических характеристик и режима полёта ЛА – генератора вихревого следа, а также от времени «жизни» вихревого следа.

Аэродинамический след – область вихревого течения за летательным аппаратом, телом. Характерной чертой любого течения жидкости или газообразной среды является малая скорость затухания возмущений в аэродинамическом следе далеко за обтекаемым телом.

Известны различные подходы к изучению турбулентных течений. Наиболее полное описание современных моделей турбулентности рассмотрено в [1]. Однако недостатком таких моделей является полуэмпирический подход для замыкания осредненных по времени уравнений Навье-Стокса. Осредненные уравнения (уравнения Рейнольдса) включают в себя квадраты и произведения пульсационных составляющих турбулентного движения: \bar{W}'^2_y ; \bar{W}'^2_z ; \bar{W}'_y ; \bar{W}'_z и другие. При этом количество неизвестных превышает количество уравнений и для постановки задачи необходима дополнительная информация. Получение такой информации связано с определенными трудностями, и она не всегда удовлетворяет в практических расчётах.

Практический интерес в изучении вихревого следа представляют его осредненные характеристики, которые определяются интегралом:

$$\bar{W}_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}) = \frac{1}{\tau_n - \tau_0} \int_{\tau_0}^{\tau_n} W_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}, \tau) d\tau, \quad (1)$$

где τ_0 – момент безразмерного времени, соответствующий началу осреднения; τ_n – момент безразмерного времени, соответствующий концу осреднения.

Пульсационные составляющие возмущённой скорости определяются с помощью выражений:

$$W'_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}, \tau) = W_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}, \tau) - \bar{W}_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}), \quad (2)$$

а их среднеквадратичные величины – через интегралы:

$$\bar{W}'^2_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}) = \frac{1}{\tau_n - \tau_0} \int_{\tau_0}^{\tau_n} W'^2_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}, \tau) d\tau, \quad (3)$$

представляющие собой нормальные рейнольдсовы напряжения.

Важной характеристикой вихревого следа является интенсивность турбулентности:

$$\bar{\sigma}_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}) = \sqrt{\frac{1}{\tau_n - \tau_0} \int_{\tau_0}^{\tau_n} [W_{y,z}(\bar{y}, \bar{z}, \tau) - \bar{W}_{y,z}(\bar{y}, \bar{z})]^2 d\tau}. \quad (4)$$

Интенсивность турбулентности характеризует величину среднеквадратичного отклонения от математического ожидания, в роли которого выступает возмущённая средняя скорость $\bar{W}_{y,z}(\bar{y}, \bar{z})$.

Важное практическое значение в определении зон, опасных для ЛА, следующих за самолётом-генератором, имеет значение среднеквадратичной величины приращения угла скоса потока и его пульсации, которые можно определить с помощью выражений:

$$\Delta \varepsilon = \arctg \frac{\bar{W}_y}{V_0} = \frac{1}{\tau_n - \tau_0} \int_{\tau_0}^{\tau_n} \arctg \frac{W_y}{V_0}(\bar{y}, \bar{z}, \tau) d\tau ; \quad (5)$$

$$\bar{\sigma}_\varepsilon(\bar{y}, \bar{z}) = \sqrt{\frac{1}{\tau_n - \tau_0} \int_{\tau_0}^{\tau_n} \left[\arctg \frac{W_y}{V_0}(\bar{y}, \bar{z}, \tau) - \arctg \frac{\bar{W}_y}{V_0}(\bar{y}, \bar{z}) \right]^2 d\tau} . \quad (6)$$

Рейнольдсовы напряжения сдвига возмущённых скоростей определяются интегралом:

$$\bar{W}'_x \bar{W}'_y(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{1}{\tau_n - \tau_0} \int_{\tau_0}^{\tau_n} W'_x(\bar{x}, \bar{y}, \tau) W'_y(\bar{x}, \bar{y}, \tau) d\tau . \quad (7)$$

Зная среднеквадратичную величину давления:

$$\bar{p}'^2(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{1}{\tau_n - \tau_0} \int_{\tau_0}^{\tau_n} p'(\bar{x}, \bar{y}, \tau) d\tau , \quad (8)$$

и рейнольдсовы напряжения сдвига возмущённых скоростей (7), есть возможность определить коэффициент корреляции:

$$R_{W_x W_y}(\bar{x}, \bar{y}) = \frac{\bar{W}'_x \bar{W}'_y(\bar{x}, \bar{y})}{\sqrt{\bar{W}'^2_x(\bar{x}, \bar{y}) \bar{W}'^2_y(\bar{x}, \bar{y})}} , \quad (9)$$

выражающий статистическую связь пульсации возмущённых скоростей W'_x и W'_y в рассматриваемой точке пространства с координатами \bar{x}, \bar{y} .

Корреляционная функция для сечения $\bar{y} = const$ определяется выражением:

$$R_{W_z W_y}^{(y)}(\bar{x} + \Delta \bar{x}, \bar{y}) = \frac{\bar{W}'_y(\bar{x}, \bar{y}) \bar{W}'_y(\bar{x} + \Delta \bar{x}, \bar{y})}{\sqrt{\bar{W}'^2_y(\bar{x}, \bar{y}) \bar{W}'^2_y(\bar{x} + \Delta \bar{x}, \bar{y})}} , \quad (10)$$

аналогично для сечения $\bar{x} = const$:

$$R_{W_x W_y}^{(x)}(\bar{x}, \bar{y} + \Delta \bar{y}) = \frac{\bar{W}'_x(\bar{x}, \bar{y}) \bar{W}'_x(\bar{x}, \bar{y} + \Delta \bar{y})}{\sqrt{\bar{W}'^2_x(\bar{x}, \bar{y}) \bar{W}'^2_x(\bar{x}, \bar{y} + \Delta \bar{y})}} . \quad (11)$$

Турбулентные характеристики вихревых следов представляют большой практический интерес. Их достоверность и точность в значительной степени зависят от пределов интегрирования $[\tau_0, \tau_T]$. Анализ работ, например, [2, 3, 4] позволяет утверждать, что при отрывном обтекании тел течение в вихревом следе нестационарное. Так при $\tau \geq 10$ структура возмущённого потока принимает вид «шахматной дорожки» (дорожка Кармана). Кроме того, при $\tau \geq 10$ «разгонный вихрь» (вихрь Прандтля) к этому моменту безразмерного времени τ сносится вниз по потоку, что не оказывает влияния на аэродинамические характеристики тела. Из этого следует, что в расчётах рекомендуется принимать значение $\tau_0 = 10$.

Верхний предел интегрирования τ_T определён результатами исследований по методике расчёта. Некоторые результаты исследований обтекания тонкой пластины ($\alpha = 90^\circ$) представлены на рис. 1.

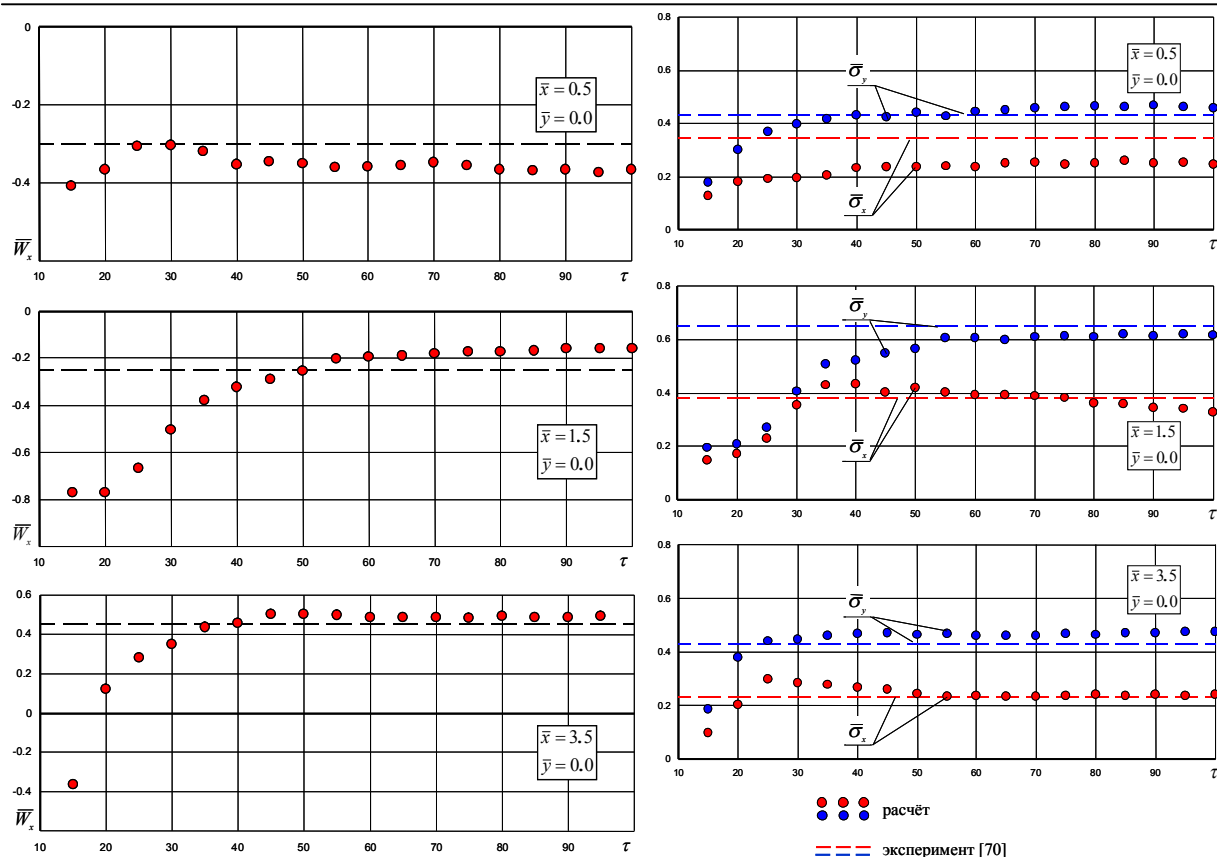


Рисунок 1 – К определению пределов интегрирования

Анализ зависимостей (рис. 1) определяет верхний предел интегрирования. Видно, что при $\tau \geq 50$ зависимость $\bar{W}_x(\tau)$ «выходит на полку» и при дальнейшем увеличении безразмерного времени τ практически не изменяется.

Таким образом, верхний предел интегрирования рекомендуется принимать $\tau_T \geq 50$.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методы аэродинамических исследований в полёте [Текст] : справ. библиотека авиац. инженера-испытателя / А. Д. Миронов, А. Н. Замятин, А. В. Роднов и др. – М. : Машиностроение, 1985.
2. Гайденко, В. И. К расчёту внешнего обтекания летательного аппарата с учётом работы его силовой установки [Текст] / В. И. Гайденко // Тр. ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского. – 1989. – Вып. 1315.
3. Желанников, А. И. Математическая модель строя летательных аппаратов с работающими силовыми установками. Численные методы в интегральных уравнениях и математическое моделирование [Текст] / А. И. Желанников, П. Е. Иванов, М. И. Ништ // Тр. ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского. – 1990.
4. Желанников, А. И. Спутные вихри за самолётом [Текст] / А. И. Желанников // Гражданская авиация. – 1987. – № 4.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ВБЛИЗИ ЭКРАНА

Редчиц Д.А.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины
(Украина, г. Днепропетровск)

Введение. Увеличение парка грузового автотранспорта приводит к росту потребления дизельного топлива. Поэтому вопрос экономии топлива является актуальным в условиях рыночной конкуренции грузовых перевозок. На сегодняшний день оптимизация аэродинамической формы автотягачей с прицепом проводится путем многократных продувок в аэродинамических трубах. В ближайшем будущем CFD (Computational Fluid Dynamics) расчеты могут существенно уменьшить число необходимых продувок в аэродинамических трубах и как следствие снизить конечную стоимость изделия.

Краткое описание натурального эксперимента. Экспериментальное изучение наземной транспортной системы (Ground Transportation – GTS), которая представляет собой автотягач с прицепом, проведено в аэродинамической трубе в Эймсовском исследовательском центре НАСА [1]. Конструкция GTS представляет собой упрощенную геометрию автотягача с прицепом, в которой отсутствуют колеса и зазор.

Постановка задачи математического моделирования. В настоящей работе для исследования процессов аэродинамики наземной транспортной системы применяются осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса несжимаемой жидкости, замкнутые дифференциальной однопараметрической моделью Spalart-Allmaras (SA). В качестве начальных условий задавались параметры невозмущенного потока во всей расчетной области. На внешней границе применялись неотражающие граничные условия. На поверхности твердого тела ставилось условие прилипания.

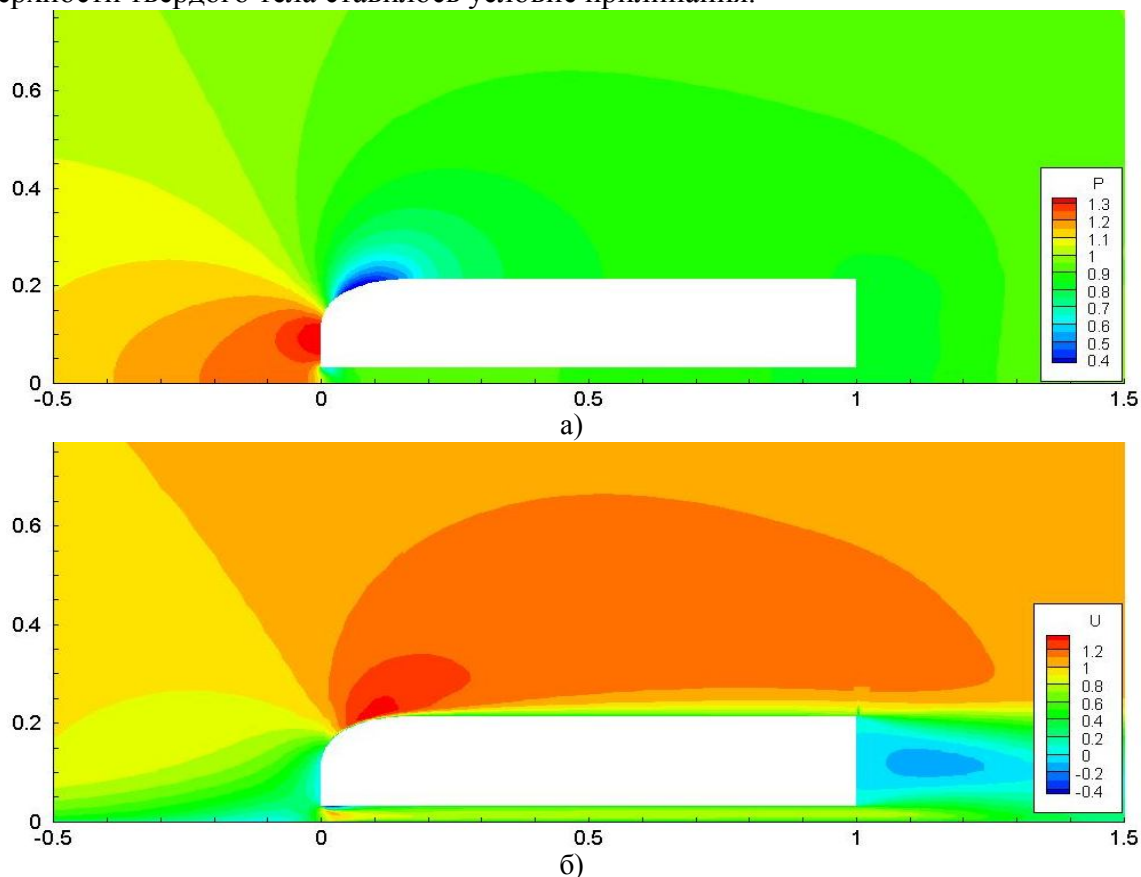
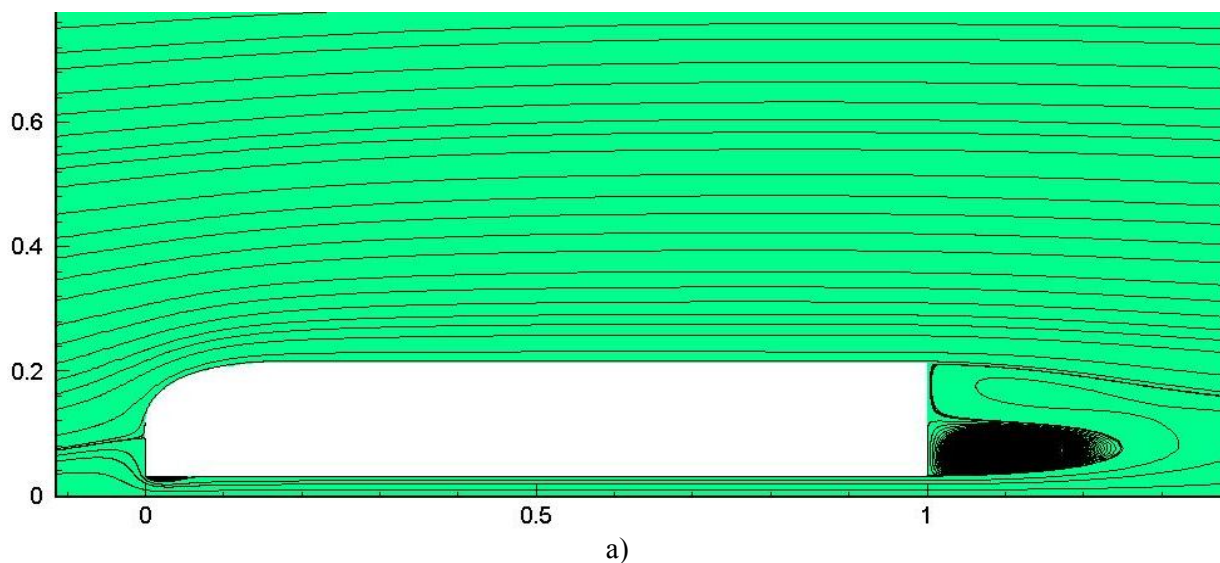


Рисунок 1 – Распределение давления (а) и продольной компоненты скорости (б) вблизи автотягача с прицепом

Численный метод. Система исходных уравнений, записывалась относительно произвольной криволинейной системы координат. Согласование полей давления и скорости осуществлялось с помощью метода искусственной сжимаемости, модифицированного для расчета нестационарных задач [2]. Для создания дискретного аналога исходных уравнений в качестве базовых использовались регулярные сетки. В неодносвязных областях применялись многоблочные вычислительные технологии, в которых размерность отдельных пересекающихся сеток не связана между собой. Такой подход позволил выработать единую методологию расчета течений вязкой жидкости вокруг тел сложной геометрической формы.

Результаты и обсуждение. В результате проведенных расчетов турбулентного обтекания профиля автомобиля вблизи экрана выделены физические особенности структуры течения и выполнен анализ коэффициентов давления, подъемной силы и силы лобового сопротивления. Получены распределения полей давления (рис. 1 а), компонент скорости (рис. 1 б), турбулентной вязкости, линий тока во всей области и вблизи автотягача с прицепом (рис. 2), а также значения интегральных и распределенных характеристик (рис. 3).

При обтекании модели автотягача с прицепом происходит ускорение потока в районе кабины и в зазоре между экраном (рис. 1). Отрыв потока возникает в донной части прицепа с острых кромок, а также в нижней части кабины вблизи экрана (рис. 2). В следе формируется рециркуляционное течение с противоположно направленным основному потоку течением. Над кабиной водителя, где происходит резкое ускорение потока, происходит падение давления. В дальнейшем коэффициент давления становится почти постоянным до края прицепа (рис. 3). Результаты расчетов удовлетворительно согласуются с экспериментальными данными [1].



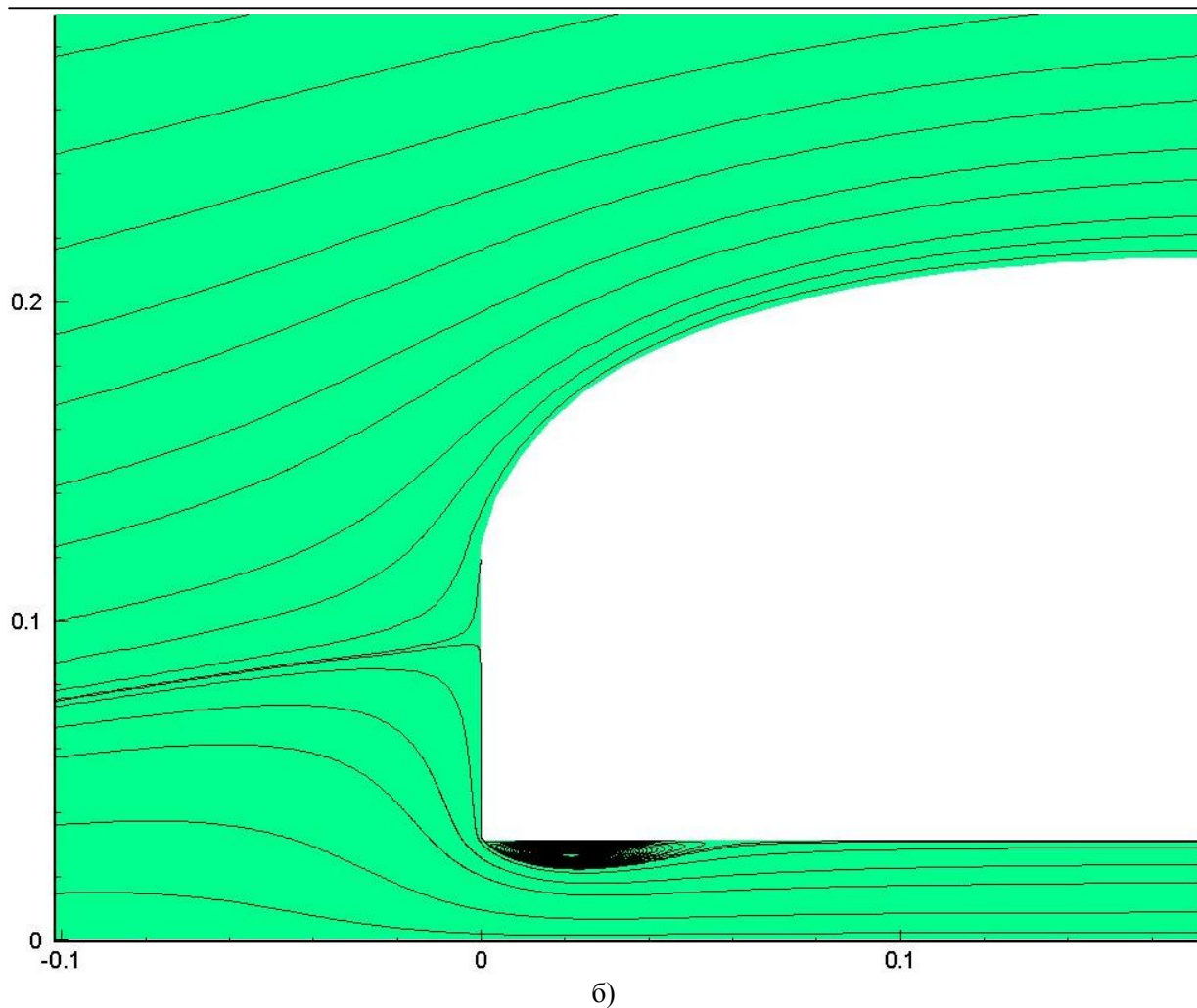
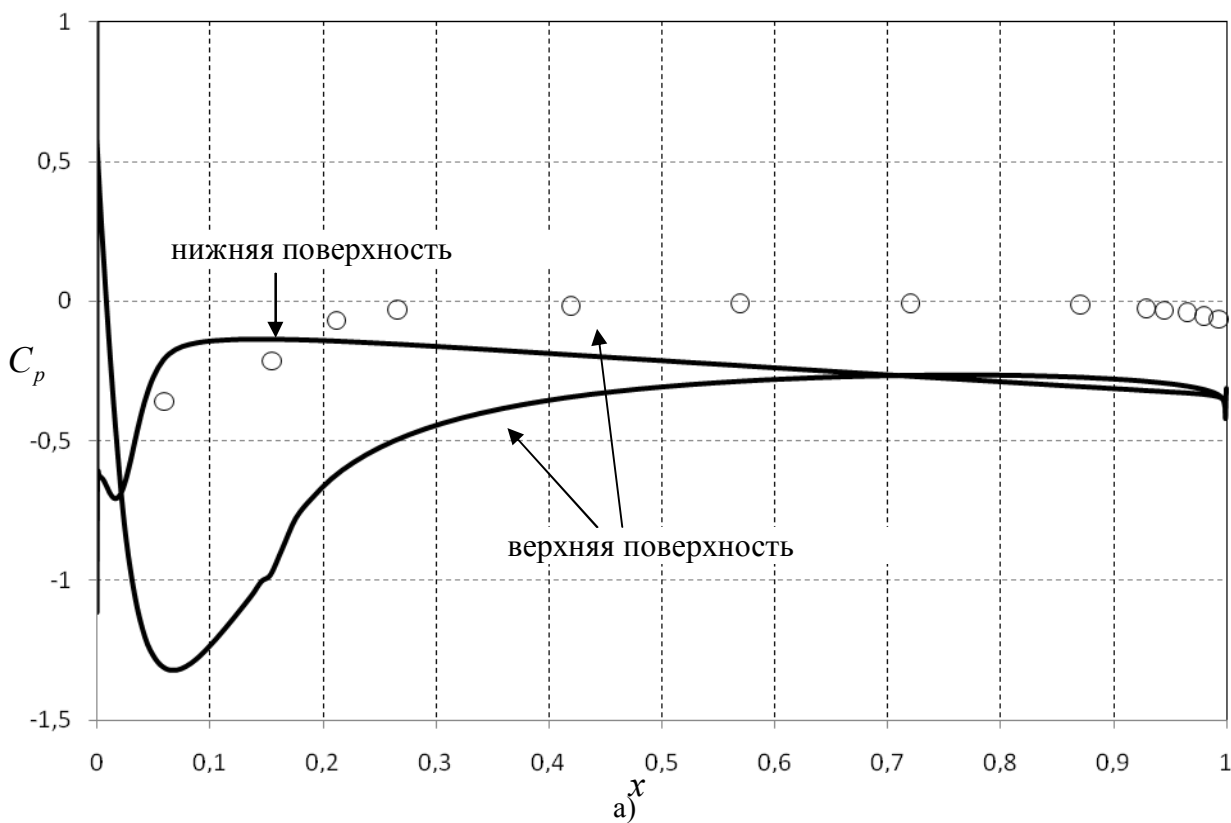


Рисунок 2 – Распределение линий тока во всей области (а) и вблизи кабины автотягача с прицепом (б)



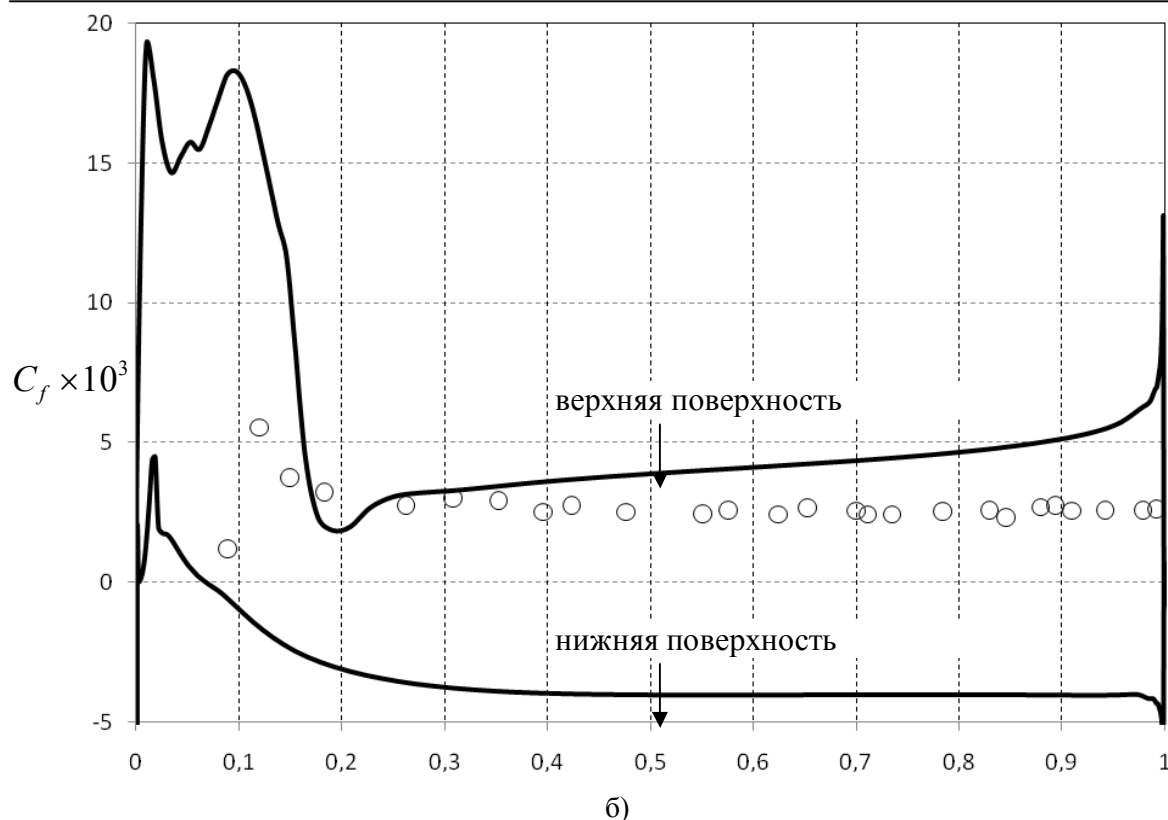


Рисунок 3 – Распределение коэффициентов давления (а) и трения (б) по верхней и нижней поверхности авто тягача с прицепом (○ - эксперимент [1], — - настоящая работа)

Заключение. Разработанный специализированный пакет вычислительной аэродинамики в целом правильно передает основные параметры обтекания транспортного средства вблизи поверхности. Стоит отметить, что для более адекватного воспроизведения структуры обтекания и расчета аэродинамических характеристик необходимо рассматривать трехмерную задачу и применять модели турбулентности, которые позволяют лучше передавать параметры течения при наличии массивного отрыва потока. В качестве таких могут выступать модели турбулентности Ментера (SST) или Спаларта-Аллмарасса, адаптированная к тензору скоростей деформаций (SALSA).

ЛИТЕРАТУРА

1. An experimental study of the ground transportation system (GTS) model in the NASA Ames 7- by 10-ft wind tunnel [Text] / B. L. Storms, J. C. Ross, J. T. Heineck, S. M. Walker, D. M. Driver, G. G. Zilliac // NASA/TM-2001-209621. – 2001.
2. Rogers, S.E. An upwind differencing scheme for the incompressible Navier-Stokes equations [Text] / S.E. Rogers, D. Kwak // Journal Numerical Mathematics. – 1991. – Vol. 8. – P. 43 – 64.

СИСТЕМА РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ

Романенков Ю.А.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
(Украина)

Пусть существует аналитическая зависимость, связывающая прогнозную оценку на момент времени $(t+1)$ и значения временного ряда в предыдущие моменты времени:

$$\hat{y}_{t+1} = f(y_{t-i}, \lambda), \quad i = \overline{0, n-1}, \quad (1)$$

где \hat{y}_{t+1} – прогнозная оценка на момент времени $(t+1)$, y_{t-i} – значения временного ряда длиной n , λ –внутренний параметр прогнозной модели.

Задача параметрического синтеза модели вида (1) может быть сведена к решению ретроспективного уравнения следующего вида [1]:

$$\varepsilon_t = \frac{y_t - \hat{y}_t}{y_t} = 1 - \frac{f(y_{t-i}, \lambda)}{y_t} = 0, \quad i = \overline{1, n-1}. \quad (2)$$

Пусть на множестве допустимых значений внутреннего параметра уравнение (2) имеет m вещественных корней $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$. При $m \geq 2$ из значений $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ необходимо выбрать то, которое обеспечивает лучшее качество ретро-прогноза на момент времени t .

Для сравнительного анализа всего набора прогнозных оценок, полученных при значениях параметра $\lambda = \lambda_1, \lambda = \lambda_2, \dots, \lambda = \lambda_m$, предлагается использовать преобразование, нормирующее значение параметра сглаживания λ относительно каждого из вещественных корней:

$$\lambda = \lambda_j + \Delta\lambda_j = \lambda_j + 0,01\lambda_j\varepsilon_\lambda, \quad j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

где λ_j – вещественные корни уравнения (2), $\Delta\lambda_j$ – абсолютное, а ε_λ – относительное отклонение относительно вещественного корня λ_j .

Если в уравнении (2) осуществить подстановку (3), то полученные зависимости для всех вещественных корней ретроспективного уравнения (2) общим количеством m можно изобразить в единой плоскости параметров $(\varepsilon_t, \varepsilon_\lambda)$, как показано на рис. 1.

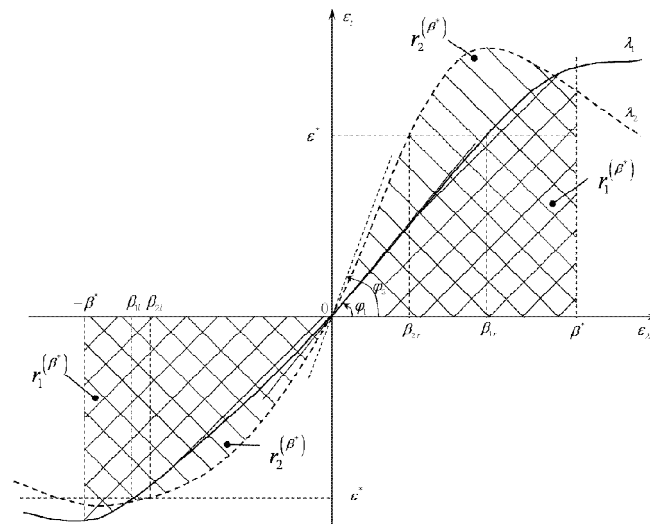


Рисунок 1 – Графическая интерпретация ретроспективных характеристик

Предлагается сформировать систему ретроспективных характеристик из таких показателей, как чувствительность и робастность к изменениям внутренних параметров прогнозной модели [2]. Обе они характеризуют зависимость качества прогнозной оценки (а именно точности) от изменения внутреннего настроечного параметра модели λ .

В качестве показателя чувствительности прогнозной оценки предлагается использовать значение модуля производной функции ошибки $\varepsilon'_t(\varepsilon_\lambda)$ в точках $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$:

$$s_j = \left| \frac{d\varepsilon_t^{(j)}(\varepsilon_\lambda)}{d\varepsilon_\lambda} \right|_{\varepsilon_\lambda=0} = |\operatorname{tg}\varphi_j|, \quad j = \overline{1, m}, \quad (4)$$

где s_j – показатель чувствительности j -й прогнозной оценки, $\left. \frac{d\varepsilon_t^{(j)}(\varepsilon_\lambda)}{d\varepsilon_\lambda} \right|_{\varepsilon_\lambda=0}$ – значения производной j -й функции ретроспективной ошибки в точке $\varepsilon_\lambda = 0$, φ_j – угол наклона кривой $\varepsilon_t^{(j)}(\varepsilon_\lambda)$ в точке $\varepsilon_\lambda = 0$, m – количество вещественных корней ретроспективного уравнения (2) на множестве допустимых значений.

В качестве показателей робастности предлагается использовать группу характеристик, геометрический смысл которых показан на рис. 1.

1. β_{jl}, β_{jr} – левая и правая границы интервала робастности, обеспечивающие сохранение точности прогнозной оценки в пределах $(-\varepsilon^*; \varepsilon^*)$.

2. $\Delta\beta_j = \beta_{jr} - \beta_{jl}$ – ширина интервала робастности.

3. $r_j^{(\beta^*)} = \frac{1}{\int_{-\beta^*}^{\beta^*} |\varepsilon_t^{(j)}(\varepsilon_\lambda)| d\varepsilon_\lambda}$ – степень робастности в диапазоне $(-\beta^*; \beta^*)$, степень

близости кривой $\varepsilon_t^{(j)}(\varepsilon_\lambda)$ к оси абсцисс.

Для решения задачи сравнительного анализа ретроспективных прогнозных оценок предложено нормирующее преобразование ретроспективного уравнения, позволяющее сформировать систему ретроспективных характеристик качества прогнозных оценок, включающий в себя показатели чувствительности и робастности. Использование предложенных показателей позволяет осуществить многокритериальную оптимизацию прогнозной модели в рамках задачи параметрического синтеза.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зейниев Т. Г. Постановка задачи синтеза оптимальных робастных прогнозных оценок в модели экспоненциального сглаживания / Т. Г. Зейниев, Ю. А. Романенков // Всеукраїнська науково-технічна конференція «Інтегровані комп'ютерні технології в машинобудуванні ІКТМ-2014»: Тези доповідей. – Харків. : Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 2014. – Том 3. – С. 5.
2. Романенков Ю. А. Метод параметрического синтеза модели Брауна на основе ретроспективной многокритериальной оптимизации / Ю. А. Романенков, Т. Г. Зейниев // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава : ПолтНТУ, 2014. – № 2 (41). – С. 48-56.

ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ МІСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ

Санько Я.В.

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

Вступ. Стрімке зростання рівня автомобілізації транспортного обслуговування населення призвело до такого негативного явища, як зниження пропускної здатності вулично-дорожньої мережі. Це спричинило збільшення витрат часу на пересування населення, збільшення рівня небезпеки елементів вулично-дорожньої мережі, збільшення кількості викидів шкідливих речовин у відпрацьованих газах транспортних засобів, зменшення швидкості сполучення транспортних засобів на ділянках мережі та інше.

Рішення цих проблем є розробка раціональної планувальної схеми вулично-дорожньої мережі міста.

Актуальність досліджень. Сучасні тенденції розвитку міських територій вимагають використання найбільш ефективних технологій у всіх сферах діяльності, у тому числі й транспортних системах. Головним завданням яких є використання енергоефективних й енергозберігаючих технологій, з метою зменшення витрат на експлуатацію, ремонт і т.п. [1-2].

Використовуючи дане твердження, доцільним є, розгляд всіх міських транспортних систем як єдиної транспортної системи міста (рис. 1).



Рисунок 1 – Структура міських транспортних систем

Головною проблемою такого підходу є наявність різнопланових характеристик і параметрів кожної системи, а також критеріїв ефективності їхнього функціонування. Що утрудняє процес адаптації параметрів вулично-дорожньої мережі до параметрів транспортних систем водо-, газо-, тепло-, електропостачання й кабельних мереж.

Постановка задачі. Метою роботи є пошук рішення адаптації міських транспортних систем за обраними критеріями.

Результати досліджень. З погляду проектної діяльності, то спочатку проектуються транспортні лінії (вулиці й дороги), враховуючи функціональне зонування території міста, а потім накладаються трубопроводи, лінії електропередач, кабелю й т.д. (рис. 2) [3-4].

Такий підхід не припускає комплексної оцінки прийнятих проектних рішень за обраним критерієм, що говорить про відсутність адаптаційних процесів.

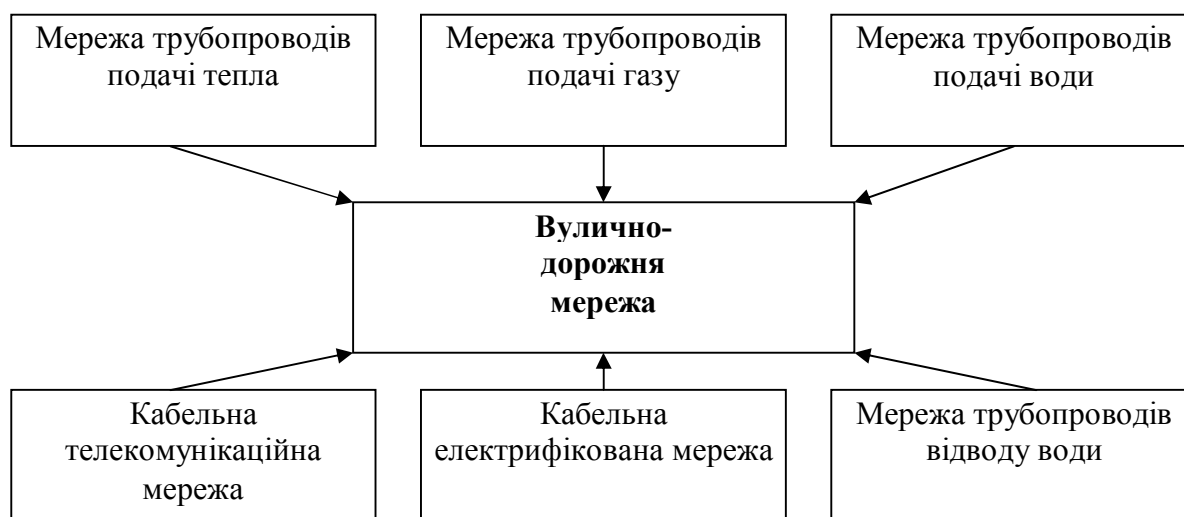


Рисунок 2 – Структура міських транспортних мереж

Аналіз критеріїв ефективності функціонування транспортної системи дозволив розділити їх на дві категорії:

- глобальні;
- локальні.

До глобального можна віднести показники, які оцінюють систему в цілому, а саме розподіл по території міста. До них відносяться: ступінь непрямолінійності й щільність мереж.

Ступінь непрямолінійності сполучень (коефіцієнт непрямолінійності транспортних сполучень) визначається, як відношення довжини шляху по дорогах між двома точками до довжини шляху між двома точками по повітрю:

$$k_{\text{непр}} = \frac{l_{ij}^{\text{дор}}}{l_{ij}^{\text{пов}}}, \quad (1)$$

де $k_{\text{непр}}$ – коефіцієнт непрямолінійності транспортних сполучень; $l_{ij}^{\text{дор}}$ – довжина шляху по дорогах між двома точками, км.; $l_{ij}^{\text{пов}}$ – довжина між двома точками по повітрю, км.

Щільність вулично-дорожньої мережі міста визначається, як відношення довжини транспортної мережі до площі території міста:

$$\delta = \frac{L_M}{S_M}, \quad (2)$$

де δ – щільність вулично-дорожньої мережі міста, км/км²; L_M – довжина транспортної мережі, км.; S_M – площа території міста, км².

До локального можна віднести показники, які оцінюють систему на окремій ділянці мережі. До них відносяться: рівень завантаження ділянки мережі й ступінь складності розподільних вузлів.

Рівень обслуговування вулиці (дороги) або ступінь використання пропускної здатності вулиці (дороги) визначається відношенням інтенсивності руху транспортних засобів до пропускної здатності вулиці (дороги):

$$z = \frac{N}{P}, \quad (3)$$

де z – рівень завантаження вулиці (дороги) рухом; N – інтенсивність руху транспортних засобів, авт./год.; P – пропускна здатність вулиці (дороги), авт./год.

Ступінь складності перехресть вулиць і доріг оцінюється за такими показниками, як рівень безпеки руху, забезпечення швидкості руху та пропускна здатність перехресть.

Використовуючи основи теорії систем і управління ними [5], можна переходити як від локального рівня до глобального, так і навпаки. Тому розглянувши, процеси адаптації транспортних систем міста на окремі ділянки результати можна буде застосовувати до всієї мережі.

Однак проведений аналіз основних критеріїв ефективності функціонування транспортної системи дозволив з'ясувати межі кожного показника та оптимальні значення, що описуються наступними залежностями:

$$\begin{cases} 1,1 \leq k_{непр}^{onm} \leq 1,2; \\ 2,2 \leq \delta_{onm} \leq 2,4; \\ 0,3 \leq z_{onm} \leq 0,8. \end{cases} \quad (4)$$

Висновки. В результаті проведеного аналізу встановлено, що використання усереднених технічних критеріїв ефективності функціонування транспортної системи не відповідає існуючим вимогам містобудування. Запропонований критерій – мінімум сумарних витрат на функціонування міських транспортних систем, дозволить визначати раціональну довжину сторони житлового району або кварталу на кожній ділянці вулично-дорожньої мережі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зачесов В. П. Энергетика, экология, энергосбережение, транспорт [Текст] / В. П. Зачесов. – Иртыш : Иртыш. фил. НГАВ, 2007. – 263 с.
2. Шпильрайн Э. Э. Энергосбережение - глобальная энергетическая стратегия [Текст] / Э. Э. Шпильрайн, В. М. Масленников. – М. : ИВТАН, 1988. – 203 с.
3. Містобудування. Довідник проектувальника [Текст] / За ред. Т. Ф. Панченко. – К. : ДП «Укрархбудінформ», 2001. – 192 с.
4. Безлюбченко О. С. Планування і благоустрій міст [Текст] / О. С. Безлюбченко, О. В. Завальний, Т. О. Черносова. – Х. : ХНАМГ, 2011. – 191 с.
5. Системологія на транспорті. Основи теорії систем і управління [Текст] / [Гаврилов Е. В., Дмитриченко М. Ф., Доля В. К. та ін.]; під ред. М. Ф. Дмитриченка – К. : Знання України, 2005. – 344 с.

СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В'ЯЗКОСТІ ПАЛИВА

Сіманенков А.Л., Рожков С.О.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Вступ. Для суднових дизелів і дизельних електростанцій широко використовують системи паливопідготовки (fuel conditioning module, FCM, наприклад, як модуль підготовки палива Alfa Laval, система ViscoSense®2) [7, 8]. На практиці використовують різні конфігурації систем паливопідготовки, переважно двоступінчасту систему. В одноступінчатих системах достатньо важко контролювати параметри, які залежать певною мірою від кавітації і газифікації, що пов'язані з високими температурами палива. Тому однією з основних вимог є те, що система паливопідготовки повинна легко налаштовуватись відповідно до вимог керування головною енергетичною установкою (ГЕУ).

Основна частина. У парових теплообмінниках на зовнішній поверхні труб конденсується пара, унаслідок чого температура їх стінок виявляється постійною [1, 2, 4, 6]. Ця обставина істотно полегшує аналіз динамічних властивостей таких підігрівачів. Розглянемо паровий підігрівач палива, у якому по трубках протікає мазут, а на зовнішній поверхні відбувається конденсація пари (рис. 1).

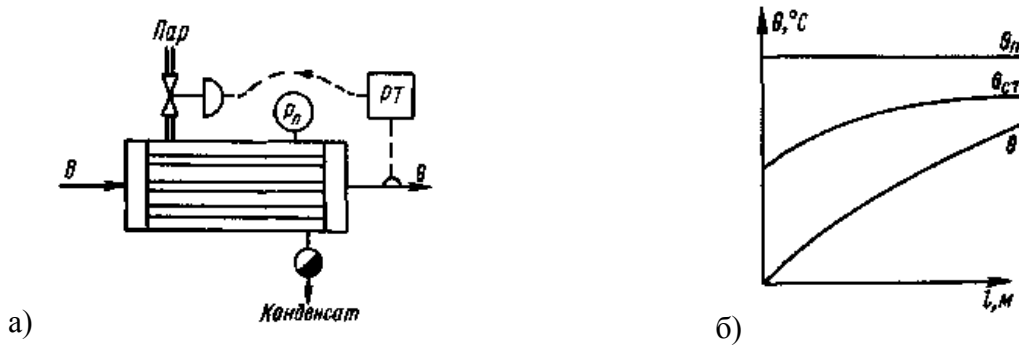


Рисунок 1 – Функціональна схема: а) парорідинного теплообмінника; б) зміна температур

На виході підігрівача температура палива залежить від витрати палива (збурююча дія), тиску пари, що гріє в підігрівачі та ступеню відкриття клапану регулювання пари (регулююча дія).

Паливо нагрівається за допомогою трубчастого теплообмінника. Завдання полягає в досягненні стабільної температури палива, крім збурень, які виникають при зміні температури або витрати рідкого палива на вході в теплообмінник. Існують два методи розрахунку оптимальних параметрів налаштування, які засновані на характеристиках перехідних процесів або у формі незгасаючих коливань (при $K_r/K_r \cdot k_p = 1$), або за дискременту загасання 0,25.

Зробивши наступні допущення [2, 5]:

- перенесення тепла в аксіальному напрямі відсутнє;
- всі параметри потоку середовища, що обігрівается, на вході в підігрівач незмінні;
- термічним опором стінок труб, а також тепловою ємкістю плівки конденсату можна нехтувати.

Рівняння теплового балансу для потоку палива на елементарній ділянці труби має вигляд:

$$c_T M_T \frac{\partial \theta}{\partial t} dl + c_T B \frac{\partial \theta}{\partial l} dl = K_1 F_1 (\theta_{CT} - \theta) dl ,$$

або

$$T_1 \frac{\partial \theta}{\partial t} + \nu T_1 \frac{\partial \theta}{\partial l} dl = \theta_{CT} - \theta, \quad (1)$$

де $T_1 = \frac{c_T M_T}{K_1 F_1}$ – постійна часу, с; c_T – питома теплоємність палива, кДж/(кг·°С); M_T – маса палива на одиницю довжини трубки, кг/м; K_1 – коефіцієнт теплопередачі на внутрішній поверхні трубки, кДж/(м²·с·°С); F_1 – площа внутрішньої поверхні теплообмінника, м²/м; $\nu = \frac{B}{M_T}$ – швидкість рідини, м/с.

Рівняння теплового балансу для стінки

$$c_{CT} M_{CT} \frac{\partial \theta_{CT}}{\partial t} dl = K_2 F_2 (\theta_{II} - \theta_{CT}) dl - K_1 F_1 (\theta_{CT} - \theta) dl,$$

або

$$T_2 \frac{\partial \theta_{CT}}{\partial t} = (\theta_{II} - \theta_{CT}) - \frac{T_2}{T_{1,2}} (\theta_{CT} - \theta). \quad (2)$$

де $T_2 = \frac{c_{CT} M_{CT}}{K_2 F_2}$ – постійна часу, с; $T_{1,2} = \frac{c_{CT} M_{CT}}{K_1 F_1}$ – постійна часу, с; c_{CT} – питома теплоємність металу стінки, кДж/(кг·°С); M_{CT} – маса трубки на одиницю довжини, кг/м; K_2 – коефіцієнт теплопередачі на зовнішній поверхні труби, кДж/(м²·с·°С); F_2 – площа зовнішньої поверхні, м²/м.

Вводячи в ці рівняння перетворення Лапласа-Карсона відносно незалежної змінної, отримаємо систему звичайних лінійних диференціальованих рівнянь відносно змінної

$$\left. \begin{aligned} sT_1 \Theta + \nu T_1 \frac{d\Theta}{dl} &= \Theta_{CT} - \Theta; \\ sT_2 \Theta_{CT} &= \Theta_{II} - \Theta_{CT} - \frac{T_2}{T_{1,2}} (\Theta_{CT} - \Theta) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Виключивши температуру стінки трубки, отримаємо диференціальне рівняння першого порядку

$$\frac{\nu}{A(s)} \frac{\partial \Theta}{\partial t} + \Theta = \frac{B(s)}{A(s)} \Theta_n, \quad (4)$$

у якому

$$\left. \begin{aligned} A(s) &= \frac{(sT_1 + 1)(sT_1 T_{1,2} + T_2 + T_{1,2}) - T_2}{T_1 (sT_2 T_{1,2} + T_2 + T_{1,2})}; \\ B(s) &= \frac{1}{s^2 T_1 T_2 + \left(T_1 + T_2 + \frac{T_1 T_2}{T_{1,2}} \right) s + 1}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Вирішення рівняння (5) для граничної умови $l = 0$; $\Theta(s, 0) = 0$ (відхилення температури палива визначається від її постійного значення на вході в підігрівач) представляє собою реакцію ланки першого порядку на ступеневе збурення:

$$\frac{\Theta(s, l)}{\Theta_n(s, l)} = \frac{B(s)}{A(s)} \left\{ 1 - \exp \left[-A(s) \frac{l}{\nu} \right] \right\}. \quad (6)$$

Відношення $\frac{l}{\nu}$ – час проходження палива через підігрівач (транспортне запізнювання Z).

Тому

$$W_T(s) = \frac{\Theta(s)}{\Theta_{II}(s)} = \frac{B(s)}{A(s)} \{1 - \exp[-zA(s)]\}. \quad (7)$$

Зміни модуля і фази частотної характеристики ланки носять періодичний характер, що приводить до появи резонансних піків на частотній характеристиці підігрівача. Це виникає унаслідок розподілення синусоїдального збурення по температурі пари уздовж всієї довжини теплообмінника [5]. Число максимумів і мінімумів на частотній характеристиці відповідає загальному числу напівперіодів вхідного збурення, які «укладаються» по довжині теплообмінника. Така різниця в часі зіткнення з більш і менш нагрітими стінками призводить до збільшення модуля частотної характеристики. Якщо число періодів ціле, то всі частки потоку одночасно стикаються з нагрітою і охолодженою стінками, внаслідок чого модуль частотної характеристики виявляється порівняно невеликим.

Схему моделювання системи контролю температури мазуту у середовищі Matlab зображено на рис. 2 [9].

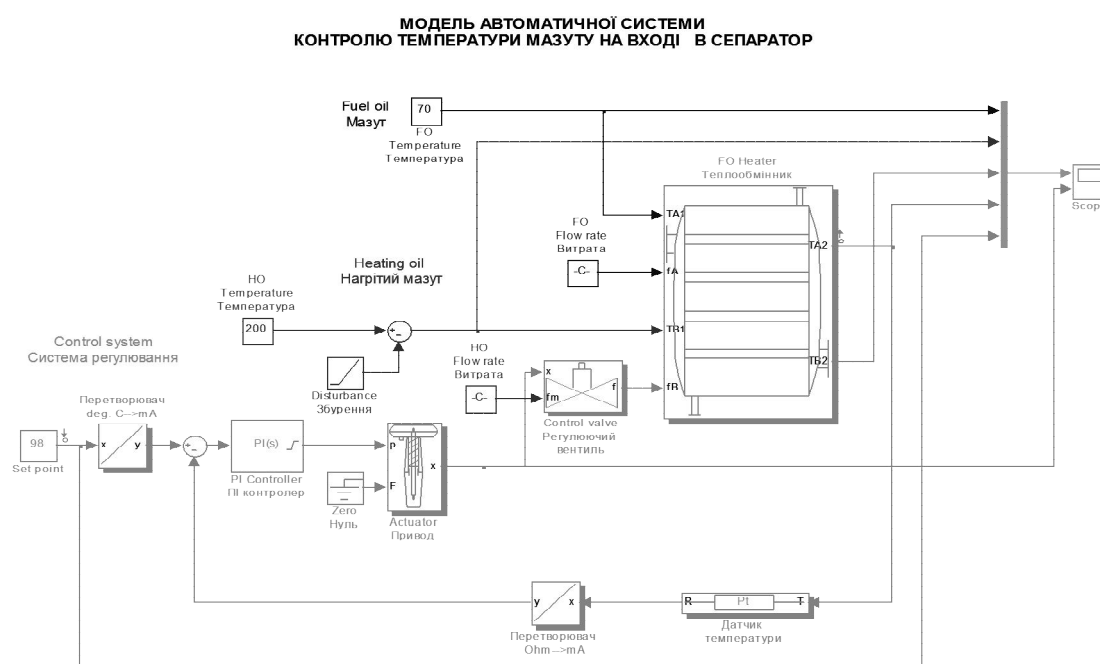


Рисунок 2 – Схема моделювання системи контролю температури мазуту у середовищі Matlab

Результати моделювання системи показано на рис. 3.

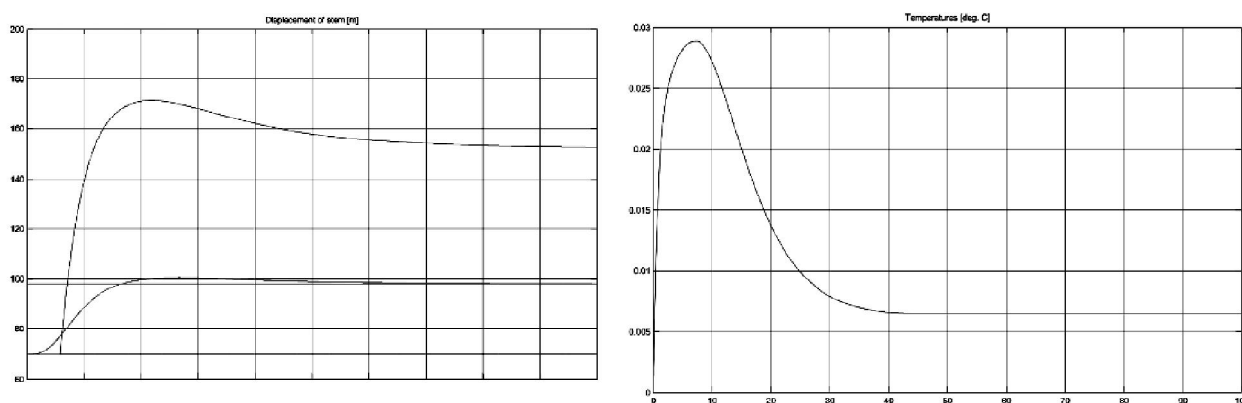


Рисунок 3 – Результати моделювання системи контролю температури мазуту:
а) перехідна характеристика; б) похибка регулювання

В даному випадку вихідний сигнал (тиск Р) знімається на виході з регулятора. Якщо в замкненій системі виникли сталі коливання на кордоні стійкості, частота їх буде однаковою на виході будь-якої з ланок системи: об'єкту, сервоприводу, вимірювача, регулятора.

Висновки: За дискрементом загасання першої отриманої кривої перехідного процесу можна судити про те, наскільки коефіцієнти посилення близькі до критичного значення. Визначення критичних коефіцієнтів посилення $K_R \cdot k_p$ і граничного періоду коливань T_{np} можна провести при досить невеликому числі дослідів. Для визначення оптимальних коефіцієнтів налаштувань регулятора треба враховувати режим незгасаючих коливань системи контролю температури.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артемов Г. А. Системы судовых энергетических установок /Г. А. Артемов, В. П. Волошин, А. Я. Шквар, В. П. Шостак: Учебное пособие. 2–е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1990. –376 с.
2. Корнилов Э.В. Технология топливоподготовки на судне /Э.В.Корнилов, П.В. Бойко, В.П. Смирнов. –Одесса: Студия «Негоциант», 2006. –246 с.
3. Ланчуковский В. И. Автоматизированные системы управления судовых дизельных и газотурбинных установок/ В. И.Ланчуковский, А. В. Козьминых.: Учебник. – М.: Транспорт, 1983.–320 с.
4. Никольский В.В. Повышение качества регулирования вязкости топлива на судне / В.В. Никольский, Е.М. Оженко, И.Г. Уранковский // Автоматизация судовых технических средств: научно-технический сборник. – 2007. – Вып. 12. – Одесса: ОНМА. – С.95–107.
5. Пахомов Ю.А. Топливо и топливные системы судовых дизелей / Ю.А.Пахомов, Ю.П.Коробков, Е.В.Дмитриевский, Г.Л.Васильев; под ред. Пахомова Ю.А. –М.: РКонсульт, 2004. – 496 с.
6. Перельман Р. С. Комплексная автоматизация судовых энергетических установок / Р. С. Перельман, Ю. А. Никифоров: Учебное пособие. –Одеса:Фенікс, 2008. – 312 с.
7. 750 ELECTRONIC FUEL VISCOSITY CONTROLLER. (Component of ViscoSense®, ViscoSense®2, Viscotherm® system). Technical Manual. TIB-750-GB-0711. <http://www.vaf.nl>
8. Fuel Conditioning Module, FCM. Fuel conditioning system for diesel engines. <http://www.alfalaval.com>
9. MSS, Marine Systems Simulator. Available online at <http://www.marinecontrol.org>.

ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АВАРИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Скоб Ю.А., Угрюмов М.Л.

Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»
(Украина)

Техногенные аварии на транспорте часто сопровождаются выбросом в атмосферу токсичных и горючих газов, формированием взрывоопасных смесей с последующим их взрывом и пожаром. В результате таких аварий возможны следующие процессы, представляющие опасность для людей: ударно-волновое воздействие при распространении волны сжатия в атмосфере; ингаляционное воздействие отравляющих веществ при распространении их в атмосфере в газовой фазе; тепловое излучение, возникающее в результате сгорания газовых облаков (рис. 1).

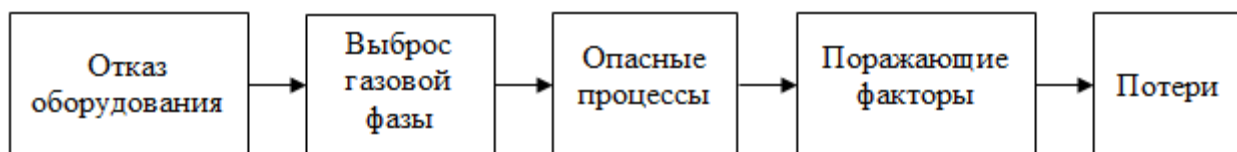


Рисунок 1 – Схема развития техногенной аварии

Оценка риска поражения обслуживающего персонала, населения и имущества при техногенной аварии является одним из основных этапов анализа опасности и оценки суммарного риска функционирования техногенного объекта (наряду с идентификацией опасных объектов предприятия, исследования эксплуатационных опасностей, оценкой вероятности возникновения и развития аварии), на основе которых можно сделать выводы о приемлемости риска и оценить эффективность систем защиты и действий персонала [1].

Прогноз и анализ воздействия техногенной аварии основан на математическом моделировании движения многокомпонентного газа в приземном слое атмосферы с учетом химического взаимодействия [2].

Решение системы фундаментальных уравнений газовой динамики для смеси, дополненной законами сохранения массы примесей в интегральной форме, получено явным методом С. К. Годунова [3]. Математическая модель реализована в виде подсистемы исследовательского программного комплекса «Fire» [4]. Для ускорения процесса расчета использовались встроенные инструменты распараллеливания языка программирования C# для циклических вычислений [5].

В результате моделирования рассеяния и взрыва горючей (токсичной) газовой примеси в атмосфере можно получить функции изменения во времени и пространстве массовой концентрации примеси Q , давления P и температуры T смеси. На основании этих функций определяются все основные характеристики опасности воздействия на обслуживающий персонал (рис. 2).



Рисунок 2 – Схема вероятностной оценки последствий аварии

Рассмотрим вычислительную технологию определения вероятности поражения. Пусть интегральная степень воздействия t является случайной, удовлетворяющей нормальному закону распределения с математическим ожиданием равным 5 и дисперсией

равной 1. В этом случае величина вероятности поражения P (измеряется в долях единицы) может быть оценена по следующей формуле

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{Pr} e^{-\frac{1}{2}(t-5)^2} dt.$$

С другой стороны, интегральную степень воздействия t можно оценить с помощью уравнения регрессии вида $t = a + b f(\vec{x})$, где $\vec{x} = \{x_k\}$ – количественные оценки поражающих факторов, a , b – коэффициенты уравнения регрессии.

Задавая верхний предел интеграла (1) (пробит-функцию $P_r = t|_{\vec{x}}$), можно определить вероятность поражения при заданных значениях поражающих факторов (максимальное избыточное давление ΔP_ϕ , импульс фазы сжатия ударной волны I_+ , токсодоза, плотность теплового потока излучения q).

Например, пробит-функцию для летального исхода обслуживающего персонала вследствие воздействия ударной взрывной волны можно определить по формуле:

$$P_r = 5 - 2,44 \cdot \ln \left[7,38 / \Delta P_\phi + 1,9 \cdot 10^3 / (\Delta P_\phi \cdot I_+) \right].$$

Основным поражающим фактором пожаров является термическое воздействие, обусловленное тепловым излучением пламени [6]. Термическое воздействие определяется величиной плотности потока поглощенного излучения q , кВт/м², и временем теплового излучения τ , с.

Плотность потока поглощенного излучения q связана с плотностью потока падающего излучения q' соотношением $q = \varepsilon \cdot q'$, где ε – поглощательная способность тепловоспринимающей поверхности. Чем больше отражательная способность, тем меньше при прочих равных условиях q .

Пробит-функцию для летального исхода обслуживающего персонала вследствие теплового воздействия на человека можно определить по формуле:

$$P_r = 9,5 + 2,56 \cdot \ln(q^{1,33} \cdot \tau).$$

При воздействии отравляющего химического вещества (ОХВ) на персонал техногенного объекта основным поражающим фактором является ингаляционная токсодоза D – интеграл по времени концентрации ОХВ в воздухе:

$$D = \int_0^{\tau_2} Q^n d\tau,$$

где τ_2 – время экспозиции (время, за которое набирается ингаляционная токсодоза), с; Q – пространственно-временное значение массовой концентрации ОХВ, ppm; n – табличный коэффициент (например, для окиси углерода $n = 1$).

Пробит-функция для поражения человека вследствие воздействия ингаляции смертельной токсодозы отравляющего химического вещества в общем случае определяется по формуле:

$$P_r = a + b \cdot \ln(D),$$

где a и b – табличные полуэмпирические коэффициенты (например, для окиси углерода $a = -37,98$, $b = -3,7$).

Обычно в инженерной практике эксперты для оценки вероятности поражения персонала по значению пробит-функции пользуются таблицей значений интеграла (1). Для автоматизации процесса предлагается заменить таблицу кусочно-кубическим эрмитовым сплайном Ю. К. Чернышева [7] (рис. 3). Данный сплайн обладает характеристиками, позволяющими ликвидировать осцилляции аппроксимируемой функции в промежутках.

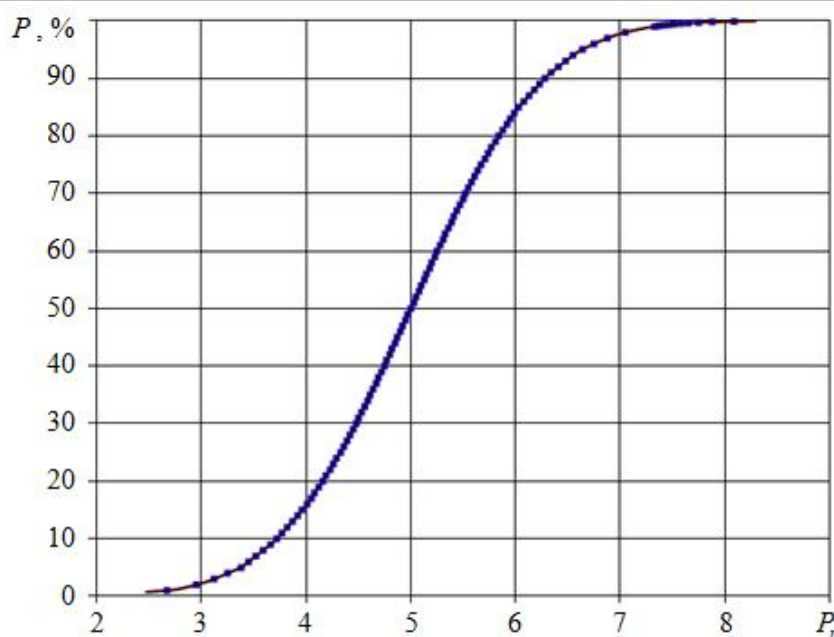


Рисунок 3 – Зависимость вероятности поражения от пробит-функции

Выводы. В докладе предложена вычислительная технология оценки вероятности последствий воздействия различных поражающих факторов при техногенной аварии на транспорте на основе трехмерной модели движения многокомпонентной газовой смеси в приземном слое атмосферы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Надежность технических систем и техногенный риск [Текст] / В. А. Акимов, В. Л. Лапин, В. М. Попов и др. – М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2002 – 368 с.
2. Numerical Modeling of Hydrogen Release, Mixture and Dispersion in Atmosphere [Электронный ресурс] / E. A. Granovskiyy, V. A. Lyfar, Yu. A. Skob, M. L. Ugryumov // 1-st International Conference on Hydrogen Safety. – Pisa (Italy). – 2005. – 11 p. – Режим доступа: <http://conference.ing.unipi.it/ichs2005/Papers/110021.pdf>. – 3.02.2013 г.
3. Численное решение многомерных задач газовой динамики [Текст] / С. К. Годунов, А. В. Забродин, М. Я. Иванов и др. – М.: Наука, 1976. – 400 с.
4. Свідोцтво про реєстрацію авторського права на твір № 30079 (Україна). Комп'ютерна програма «Комп'ютерна інтерактивна система інженерного аналізу та прогнозу руху хімічно реагуючих газоповітряних сумішей в задачах промислової аеродинаміки та екології атмосфери «FIRE»» [Текст] / Ю. А. Скоб, М. Л. Угрюмов, К. П. Коробчинський. – Дата реєстрації 28.08.2009.
5. Скоб, Ю. А. Технология параллельного расчета нестационарных задач газовой динамики [Текст] / Ю. А. Скоб // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: Сб. научн. трудов. Вып. 50. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2011. – С. 61-67.
6. Метод расчета тепловых нагрузок в пространстве от излучения пламени произвольной формы / Ю. А. Скоб, С. А. Вамболь, В. А. Лыфарь, М. Л. Угрюмов // Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. – Харьков: НУГЗУ, 2014. – Вып. 35. – С. 194 – 200.
7. Чернышев, Ю. К. Выпуклые векторные сплайны в применении к профилированию лопаток ГТД [Текст] / Ю. К. Чернышев // Авиационно-космическая техника и технология: Сб. научн. трудов. Вып. 21. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2000. – С. 16-18.

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ГОРОДСКИХ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТАХ В СРЕДНИХ И БОЛЬШИХ ГОРОДАХ

Таран И.А., Литвин В.В.

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»
(Украина, г. Днепропетровск)

Введение. Городской общественный транспорт (ГОТ) является неотъемлемой составной частью инфраструктуры современного города. Его работа оказывает существенное влияние на формирование баланса общественного времени, расширение территориальных связей и размещения производительных сил. Удовлетворяя потребности жителей в перевозках, пассажирский транспорт влияет на уровень производительности труда, качество бытового и культурного обслуживания населения города.

Однако в современных условиях качество транспортного обслуживания пассажиров в большинстве городов Украины находится на очень невысоком уровне. Данная ситуация объясняется целым комплексом негативных экономических, политических и социальных явлений, которые сегодня происходят в нашей стране. Так же следует отметить, что общепринятая оценка финансово-хозяйственной деятельности предприятий ГОТ по рентабельности и себестоимости перевозочного процесса не является обоснованной, так как повышение этих показателей не должно достигаться за счет снижения качества транспортного обслуживания пассажиров.

Актуальность исследований. По мере развития города и его инфраструктуры, повышается требование потребителей, в том числе и пассажиров, к качеству услуг. Однако внедрение показателей качества в систему стабилизации транспортного рынка не получило пока инженерных решений. Методики, применяемые специалистами отдела эксплуатации автомобильных предприятий, для расчета основных параметров работы подвижного состава на обслуживаемых маршрутах не учитывают качество обслуживания населения. Остается открытым вопрос и о самом понятии качества – большинство специалистов продолжают рассматривать качество обслуживания населения как время передвижения пассажира, однако в современных условиях совершенно очевидно, что необходимо учитывать и другие важные составляющие перевозочного процесса.

Постановка задачи. Выполнить критический анализ существующих методик оценки качества транспортного обслуживания пассажиров на городских автобусных маршрутах и разработать структура комплексного показателя качества, который максимально учитывает интересы пассажиров и перевозчиков.

Результаты исследований. Согласно приказу Министерства транспорта Украины городской транспортный комплекс должен полностью удовлетворять потребности населения и гостей города по ассортименту, качеству и объемам транспортных услуг. В настоящее время качество транспортного обслуживания пассажиров (КТОП) находится на неудовлетворительном уровне. Доля перевозок пассажиров в городском сообщении с полным соблюдением требований к их качеству в среднем не превышает 30 %. Недостатки КТОП определяются не только нехваткой необходимых финансовых ресурсов. Они имеют системный характер, поскольку традиционные цели и критерии оценки эффективности, организации управления пассажирскими перевозками исходят из достижения лишь количественных конечных результатов [1]. В условиях постоянной конкуренции с индивидуальными автомобилями городской общественный транспорт (ГОТ) должен предоставлять услуги конкурентоспособные, поэтому КТОП является одной из приоритетных его задач.

Согласно [2] качество продукции (услуги) – совокупность ее свойств, обуславливающих способность удовлетворять потребности населения. При этом

показатель качества продукции определяется как количественная характеристика одного или нескольких свойств, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

Как видно из самого определения, качество – это комплексный показатель, в который входит несколько частных параметров. Однако, в настоящее время отсутствует единый утвержденный подход к определению комплексного показателя качества обслуживания пассажиров, что затрудняет его использование при формировании тендеров на обслуживание маршрутов ГОТ перевозчиками, а также делает невозможным встраивание показателя качества в методики по выбору количества и вместимости подвижного состава для работы на маршруте ГОТ.

Вопросами определения качества услуг, в том числе и транспортных, занимались исследователи многих стран. Согласно [3] показатели качества пассажирских перевозок подразделяются на пять групп:

- показатели информационного обслуживания;
- показатели комфортности;
- показатели скорости;
- показатели своевременности;
- показатели безопасности.

К сожалению, в существующем стандарте достаточно подробно прописаны частные параметры качества транспортного обслуживания, но не приведены алгоритмы их расчета. Наличие большого количества показателей, ответственность за которые лежит на разных субъектах перевозочного процесса, затрудняет его использование и прописывания этих параметров в договорах на обслуживания маршрута. Проанализируем существующие методики оценки качества транспортного обслуживания.

До середины 90-х годов основным показателем качества являлся коэффициент качества, который определяется как отношение величины затрат времени на поездку при заданных теоретически абсолютно комфортных условиях t_{nep}^3 к фактическим затратам времени на поездку в реальных условиях t_{nep}^{ϕ} [4, 5]:

$$K = \frac{t_{nep}^3}{t_{nep}^{\phi}}. \quad (1)$$

В работе [6] основными показателями качества являются своевременность, время передвижения и безопасность. При этом безопасность предлагается оценивать с помощью коэффициента динамического изменения уровня дорожно-транспортных происшествий.

Большаков А. рекомендует определять показатель качества транспортного обслуживания в городах согласно выражению:

$$K_n = \frac{t_n}{t_{\phi}} \cdot \frac{\gamma_n}{\gamma_{\phi}} \cdot R, \quad (2)$$

где t_n – норматив времени, затрачиваемого на поездку, мин; t_{ϕ} – фактически затрачиваемое время на поездку, мин; γ_n – нормативный коэффициент наполнения, γ_{ϕ} – фактическое значение коэффициента наполнения; R – показатель регулярности.

Учитывая сложный и многогранный характер оценки КТОП, в настоящее время наиболее перспективной является комплексная его оценка. Н.Б.Островский [8] предлагает его определять, используя зависимость:

$$k_{общ} = k_{\gamma} \cdot k_t \cdot k_p \cdot k_{б.д}, \quad (3)$$

где k_{γ} – коэффициент относительного наполнения автобуса; k_t – коэффициент относительных затрат времени на передвижения пассажиров; k_p – коэффициент регулярности движения; $k_{б.д}$ – коэффициент динамического изменения уровня ДТП.

Таким образом, при наличии большого количества методик, нет одного общепринятого способа определения показателя качества перевозочного процесса, а существующие методы учитывают различное количество частных факторов.

Анализ литературных источников свидетельствует, что существует несколько подходов к определению показателя качества обслуживания на маршрутах. Наиболее перспективным в настоящее время является использование комплексного показателя качества. За основу при выборе показателей качества транспортного обслуживания пассажиров авторами были взяты следующие группы показателей качества:

- показатели информационного обслуживания;
- показатели комфортности;
- показатели скорости;
- показатели своевременности;
- показатели безопасности.

На основе проведенного анализа было выдвинуто предположение, что, с точки зрения пассажиров, наиболее значимыми будут показатели, характеризующие комфортность и скорость сообщения. Со стороны перевозчиков важным показателем является прибыль от перевозки пассажиров.

Комфортность. Для оценки комфортности передвижения пассажиров на маршруте был предложен частный показатель комфортности, который учитывает количество пассажиров, перевезенных сидя и стоя, а также коэффициенты комфортности поездки.

Скорость. Вторым значимым показателем качества является показатель скорости передвижения. Стандартный способ его оценки через время передвижения.

Прибыль от перевозки пассажиров. Прибыль – положительная разница между доходами (выручкой от реализации услуги) и затратами на реализацию услуги. Основным показателем влияющим на прибыль от перевозки пассажиров является показатель затрат на топливо, зависящий от расхода топлива подвижного состава.

Переходя далее к конструированию обобщенной оценки качества, было принято решение о расчете комплексного показателя качества как арифметической суммы относительных показателей (структура расчета составляющих для определения комплексного показателя качества транспортного обслуживания пассажиров представлена на рис. 1.):

$$K_{\text{компл}} = K_1^{\text{комфорт, \%}} + K_2^{\text{время, \%}} + K_3^{\text{прибыль, \%}} \quad (8)$$

где $K_1^{\text{комфорт, \%}}$, $K_2^{\text{время, \%}}$, $K_3^{\text{прибыль, \%}}$ – относительная величина соответственно комфортности поездки, времени поездки одного пассажира и прибыли предприятия, получаемой с маршрута.

Выводы. Качество транспортного обслуживания пассажиров является важнейшей составляющей перевозочного процесса, которая существенно влияет на его безопасность и рентабельность. В настоящее время качество транспортного обслуживания пассажиров находится на неудовлетворительном уровне. Доля перевозок пассажиров в городском сообщении с полным соблюдением требований к их качеству в среднем не превышает 30%. Недостатки КТОП определяются не только нехваткой необходимых финансовых ресурсов. Они имеют системный характер, поскольку традиционные цели и критерии оценки эффективности, организации управления пассажирскими перевозками исходят из достижения лишь количественных конечных результатов.

Выполнен анализ существующих методов оценки качества на городских автобусных маршрутах, который показал, что при наличии большого количества методик, нет одного общепринятого способа определения показателя качества перевозочного процесса. Имеющиеся методы учитывают разное количество частных факторов, которые зачастую противоречат интересам пассажиров и перевозчиков.

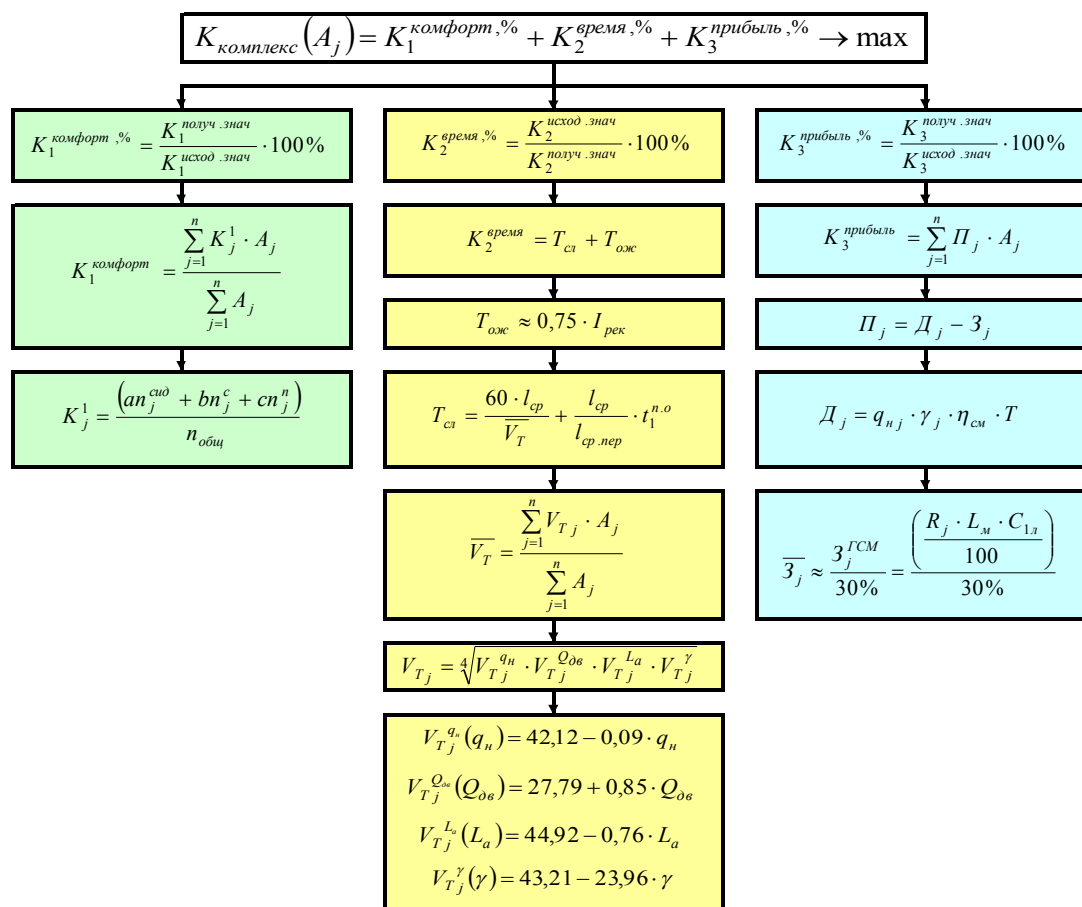


Рисунок 1 – Структура расчета составляющих комплексного показателя качества

Предложено ввести понятие комплексного показателя качества, который учитывает комфортность поездки, время поездки одного пассажира и прибыль автотранспортного предприятия, а также разработана структура расчета составляющих для его определения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И.В. Спирин – М.: ИКЦ «Академия», 2003. – 400 с.
2. Советский энциклопедический словарь / гл. ред. А.М. Прохоров. – 4-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1986. – 1600 с.
3. Государственный стандарт ГОСТ Р 51004 – 96. «Услуги транспортные. Пассажирские перевозки. Номенклатура показателей качества». – М.: ИПК Изд-во стандартов, 1997. – 9 с.
4. Гудков В.А. Пассажирские автомобильные перевозки: учебник для вузов / В.А. Гудков и др. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 448 с.
5. Логистика: общественный пассажирский транспорт: учебник. / Коллектив авторов под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Экзамен, 2003. – 224 с.
6. Касаткин Ф.П. Организация перевозочных услуг и безопасность транспортного процесса: учеб. Пособие / Ф.Л. Касаткин, С.И. Коновалов, Э.Ф. Касаткина – М. : Академический проект, 2005 – 347 с.
7. Артемьев С.П. Автомобильные перевозки пассажиров / С.П. Артемьев – М. : Высш шк., 1971. – 155с.
8. Афанасьев Л.Л. Автомобильные перевозки. Л.Л. Афанасьев, С.М. Цукерберг. – М.: Транспорт, 1973. – 320 с.

РОЗГОРТКА ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ В ЧАСІ НА ОСНОВІ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКУ

Фісун М.Т., Кулаковська І.В.

Чорноморський державний університет імені Петра Могили
(Україна, м. Миколаїв)

Введення. Завдання про максимальний потік в мережі вивчається вже більш 60 років. Цікавість до неї підігривається величезною практичною значущістю цієї проблеми. Методи вирішення задачі застосовуються на транспортних, комунікаційних, електричних мережах, при моделюванні різних процесів фізики і хімії, в деяких операціях над матрицями, для вирішення завдань теорії графів і для багатьох інших прикладних питань. Дослідження даного завдання проводяться в найбільших університетах світу. 60 років тому, це завдання вирішувалося *simplex* методом лінійного програмування, що було вкрай неефективно. Форд і Фалкерсон запропонували розглядати для вирішення завдання про максимальний потік орієнтовану мережу і шукати рішення за допомогою ітераційного алгоритму. Протягом 20 років, всі передові досягнення в дослідженні даної задачі базувалися на їх методі. У 1970 р. Дініц, запропонував вирішувати завдання з використанням допоміжних безконтурних мереж і псевдомаксимальних потоків, що набагато збільшило швидкодію розроблених алгоритмів. В 1974 р Карзанов поліпшив метод Дініца, ввівши таке поняття як передпотік. Алгоритми Дініца і Карзанова, як і дослідження Форда і Фалкерсона, внесли величезний вклад у вирішення даної проблеми. На основі їх методів 15 років досягалися найкращі оцінки швидкодії алгоритмів. У 1986 р. з'явився третій метод, який відноситься до фундаментальних. Цей метод був розроблений Голдбергом і Таряном, і отримав назву *Push-Relabel* методу. Для знаходження максимального потоку, в ньому використовуються передпотіки і мітки, змінювані під час роботи алгоритму. *Push-Relabel* алгоритми дуже ефективні, і досліджуються досі. В 1997 р. Голдберг і Рао запропонували алгоритм, що привласнює дугам неодиначну довжину. Це найсучасніший з усіх відомих алгоритмів.

Дане дослідження присвячено застосуванню цих алгоритмів до задач транспортної логістики, а саме, з урахуванням результату знаходження максимального потоку, оргграф руху товарів через ланцюги поставки модифікується в часі. Пропонується метод, який дозволяє, врахувавши результати одноразового обчислення максимального потоку (або знаходження мінімального розрізу потоку), будувати оргграф (схему) переміщення об'єктів в рамках періоду заданого в умові задачі. Розглядаються два типи задач, які використовують результати застосування даного методу.

Основи. Коли говорять про потік в деякому графі, то мають на увазі, що визначений спосіб переміщення деяких об'єктів (вантажів, товарів, людей та ін.) з одного пункту в інший, тобто з однієї вершини графа в іншу його вершину. Вершину, з якої починають переміщення об'єктів, називають джерелом та зазвичай позначають S , вершину в якій закінчується переміщення об'єктів, називають стоком і позначають t . Переміщувані об'єкти називають одиницями потоку, якщо число одиниць, яке може проходити по дузі (x,y) обмежене, тоді ця дуга має обмежену пропускну здатність. Максимальну пропускну здатність дуги (x,y) далі будемо позначати $c(x,y)$ і називати її пропускну спроможністю дуги. Граф, кожній дузі якого приписана пропускну здатність, називають мережею, якщо в мережі вже існує певний потік (від джерела до стоку), то для кожної одиниці потоку відомий маршрут руху. Число одиниць потоку, що проходить по дузі (x,y) , назвемо потоком в даній дузі і позначимо $f(x,y)$. Очевидно, що $0 \leq f(x,y) \leq c(x,y)$.

Задачі та метод. На практиці при оптимізації систем логістики та ланцюгів поставок завдання максимізації потоку в мережі може формулюватися в більш загальній постановці, а саме з урахуванням специфіки руху одиниць потоку для конкретного ланки

ланцюга поставок. Така специфіка може зажадати обліку не тільки пропускних спроможностей дуг графа, а й особливостей задачі оптимізації, до яких відносяться задачі:

1) складання розкладу, який відобразить можливість відправки одиниць потоку по відповідних дугах графа в конкретні моменти часу (наприклад, врахування конкретних днів тижня, коли можлива така відправка);

2) обчислення термінів проходження дуг графа (коли потрібно облік інтервалів часу, що характеризують рух одиниць потоку за відповідною дугою).

Далі представлений не алгоритм максимізації потоку в мережі, а метод врахування особливостей завдань оптимізації такого типу. Підкреслимо, що в зазначеному випадку при знаходженні оптимального рішення все-таки можна використовувати довільні класичні алгоритми пошуку максимального потоку (з однієї вершини графа S в іншу його вершину t). Однак, для використання зазначеного методу спочатку потрібно початковий граф даної мережі **модифікувати** спеціальним чином. Відповідна модифікація називається **розгорткою графа в часі**, для її реалізації вказують інтервал часу, на якому вирішують завдання максимізації потоку в мережі. У форматі зазначеної модифікації буде побудований новий граф (мережа). При цьому використовують три правила.

1. *Вершини розгорнутого графа.* З кожним моментом часу з інтервалу, на якому вирішують задачу оптимізації, буде поєднаний повний набір вершин початкового графа (до процедур його розгортки в часі). Зокрема, якщо завдання максимізації потоку розглядають на проміжку часу, що включає моменти $[T_0, T_1, T_2, \dots, T_m]$, причому якщо граф (мережа) містить вершини, множина яких має вигляд $\{S, a, b, c, \dots, t\}$, тоді відповідність реалізують так, як це представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Відповідність графів (мереж)

| <i>Момент часу</i> | <i>Відповідний набір вершин</i> |
|--------------------|--|
| T_0 | $\{S_0, a_0, b_0, c_0, \dots, t_0\}$, |
| T_1 | $\{S_1, a_1, b_1, c_1, \dots, t_1\}$, |
| T_2 | $\{S_2, a_2, b_2, c_2, \dots, t_2\}$, |
| ... | |
| T_m | $\{S_m, a_m, b_m, c_m, \dots, t_m\}$, |

Таким чином, розглянутий модифікований (розгорнутий у часі) граф, який представляє оптимізовані потоки в мережі, буде мати $(m+1) \cdot n$ вершин, де $(m+1)$ - число моментів часу на заданому часовому проміжку оптимізації, n - число вершин вихідного графа (до реалізації процедур його розгортки в часі).

2. *Дуги розгорнутого графа.* Для побудови дуг модифікованого (розгорнутого в часі) графа потрібно пам'ятати наступне. Спочатку відзначимо, в якому випадку можуть бути задані дуги, що з'єднують вершини модифікованого графа, які співвіднесені з однією і тією ж вершиною вихідного графа, але зіставлені різним моментам часу (наприклад, вершини a_0 і a_1 або, скажімо, вершини b_0 і b_2 і т.д.). Вершини такого типу можуть бути з'єднані спрямованою дугою (в напрямку збільшення індексу прив'язки до часу) в тому і тільки тому випадку, якщо оптимізаційна модель допускає можливість скупчення і очікування відправки вантажу на відповідному часовому проміжку в зазначеному вершиною пункті. Вершини розгорнутого в часі графа, які співвідносять з різними вершинами вихідного графа (наприклад, вершини S_0 і a_1 або, вершини S_0 і b_3 і т.д.), будуть з'єднані спрямованою дугою (в напрямку збільшення індексу часу) тоді і тільки тоді, коли виконуються всі зазначені нижче умови:

а. у вихідному графі є дуга, що з'єднує однойменні вершини в зазначеному напрямку (тобто є реальна фізична можливість пересилки вантажу між зазначеними вершинами в вихідному графі);

б. є можливість почати пересилання одиниць потоку (забезпечується заданим розкладом) по зазначеній дузі в момент, який відповідає нижньому індексу вершини, що починає дугу;

с. тривалість пересилання вантажу по такій дузі в вихідному графі відповідає різниці нижніх індексів в нових позначеннях початкової і кінцевої вершин зазначеної дуги.

Іншими словами, час пересилки одиниць потоку якраз і буде прив'язано до такої дуги; наприклад, наявність дуги $(S_0; a_1)$ в модифікованому розгорнутому в часі графі буде підкреслювати наступне: в форматі початково заданого графа (до його модифікації) є можливість відправляти одиниці потоку (їх число буде визначено з урахуванням пропускної здатності) з вершини S в a , при цьому відправка можлива (з урахуванням заданого при постановці завдання розкладу) в початковий момент часу T_0 (інтервалу оптимізації); крім того, вантаж прибуде в вершину a точно через одну одиницю часу (різниця нижніх індексів для вершин зазначеної дуги, тобто для вершин a_1 і S_0).

Зауваження. Відповідні пропускні спроможності приписують дугам нового модифікованого розгорнутого в часі графа на основі заданих пропускних спроможностей пересилання одиниць потоку для вихідної задачі оптимізації.

3. *Максимізація потоку в розгорнутій мережі.* Для побудованого нового модифікованого графа реалізують розмітку його дуг (облік наявних потоків і обмежень на їх пропускну здатність). Таким чином, отримують нову модифіковану мережу, в форматі якої вирішують завдання максимізації потоку. Вимоги обліку наявного розкладу руху для одиниць потоку будуть враховані введеними дугами. Пропускні спроможності дуг дозволяють враховувати алгоритми оптимізації. Таким чином, завдання максимізації потоку в модифікованій мережі з урахуванням її розгортки в часі можна вирішувати на основі відомих алгоритмів знаходження максимального потоку в мережі.

Зауваження. Для зручності використання алгоритмів зручно додатково ввести фіктивну вершину S (поєднуючи її фіктивно з вершинами S_0, S_1, \dots, S_m), а також фіктивну вершину t (поєднуючи її також фіктивно з вершинами t_0, t_1, \dots, t_m). Пропускні спроможності відповідних фіктивних дуг слід задати необмеженими.

Результат. Продемонструємо процедури максимізації потоку в мережі (з урахуванням тривалості пересилання вантажу по дугам, можливостей, що обумовлюються графіком відправлення і пропускними здатностями) з використанням методу розгортки графа в часі на наведеному нижче прикладі.

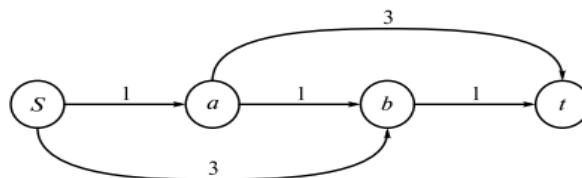


Рисунок 1 – Граф взято з книги [1, р.125]

Для графа, представленого на рис. 1, необхідно визначити, яку максимальну кількість вантажу можна поставити з пункту S в пункт t за 7 діб, якщо почати відправку можна в перший же день. На представленому графі позначені проміжні пункти a і b доставки (зберігання вантажу в цих пунктах не допускається). Пропускна здатність кожної дуги дорівнює одиниці. Наявні варіанти доставки вказані на графі дугами. Обмежень у відправці по днях тижня немає. Відповідні витрати часу на перевезення вказані над дугами.

Використовуємо метод розгортки графа в часі (на інтервалі часу 7 діб). Модель представлена на рис. 2. Кожному моменту часу з множини $\{0, 1, 2, \dots, 7\}$ зіставлені вершини вихідного графа, причому з нижнім індексом по моменту часу. Дуги на цій множині вершин проведені за вказаною вище правилом (з урахуванням вимог максимізації обсягу пересилання до моменту часу $T_7 = 7$ і відсутності вантажу в проміжних вершинах графа в момент $T_0 = 0$). Фіктивні дуги показані пунктиром.

Мінімальний розріз даного графа вказаний на малюнку 2, його пропускна спроможність за 7 діб дорівнює 14 одиницям (за теоремою и наслідками алгоритму Форда-Фалкерсона). Розгорнутий у часі граф моделює також розклад відправлення вантажу.

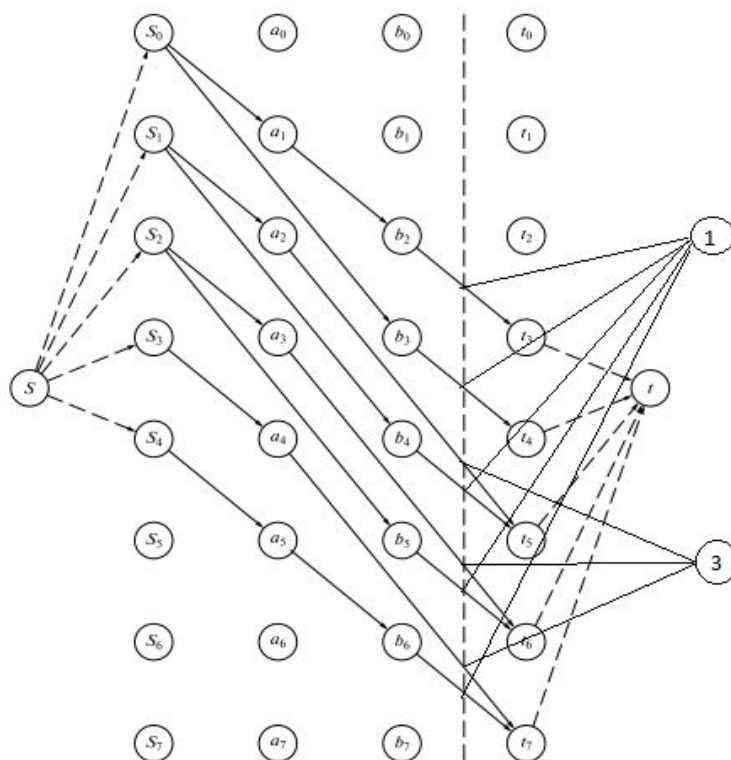


Рисунок 2 – Розгорнутий в часі граф з розрізом

Висновки. Метод модифікації графа і використання максимального потоку в мережі є важливим для інтелектуальних систем прийняття рішень, планування і управління в інформаційних інфраструктурах, тому що дозволяє достовірно визначити місце максимального потоку в часі і оптимізувати функціонування логістичних систем, які їх використовують. Застосування цього методу до задач транспортної логістики, а саме для розрахунку схеми руху товарів не одноразово через ланцюги поставки, а в часі. Отримано метод, який дозволяє, врахувавши результати одноразового обчислення максимального потоку (знаходження мінімального розрізу потоку), будувати схеми переміщення об'єктів в рамках умови задачі. Розглядаються два типи задач, які використовують результати застосування даного методу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Майніка Е. Алгоритми оптимізації на мережах і графах; пер. з англ. – М.: Мир, 1981.
2. Кормен, Т., Лейзерсон, Ч., Ривест, Р., Штайн, К. Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Под ред. И. В. Красикова. – 2-е вид. – М. : Вильямс, 2005. – 1296 с. (Глава 26. Максимальный поток).
3. Форд, Л. Р. Потоки в сетях: пер. з англ./ Л. Р. Форд, Д. Р. Фалкерсон. – М. : Мир, 1966. – 372 с.

СЕКЦІЯ:

***ПРОБЛЕМИ НАДІЙНОСТІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ,
ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ***

БЕЗОКСИЛИТЕЛЬНЫЙ НАГРЕВ СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ПОД ТЕРМООБРАБОТКУ И ОБРАБОТКУ ДАВЛЕНИЕМ

Алексенко В.Л., Зинченко Д.А., Сметанкин С.А., Сердюк Н.В.

Херсонская государственная морская академия

(Украина)

Вступление. Не вдаваясь в причины обвальная деиндустриализации большинства стран постсоветского пространства, и Украины в частности, отметим, что базисом возрождения нашей экономики вероятно будут отдельные мелкие и средние фрагменты дореформенного промышленного потенциала. Сохранение наработанных и создание новых технологий для повышения конкурентоспособности таких предприятий, которые станут точками роста посткризисной экономики, является одной из задач, стоящих перед прикладной наукой Украины. Так традиционные для юго-востока металлообрабатывающие производства нуждаются в совершенствовании технологии нагрева заготовок под термообработку и штамповку, что связано в значительной степени с негативными побочными эффектами этой важной технологической операции. Борьба с такими из них как окисление и обезуглероживание поверхности представляет для технологов наибольшие трудности. Окалинообразование не только снижает коэффициент использования материала, стойкость штампов и требует увеличения припусков, но и ведет к общему ухудшению качества поверхности (куски окалины вминаются в металл) и резкому увеличению трудоемкости очистных операций.

Результаты исследования. В настоящее время окисление металла при нагреве удастся уменьшить регулированием состава топочных газов и с помощью скоростного нагрева. С целью защиты деталей от окисления применяют печи с контролируемой атмосферой, а также вакуумные печи. Небольшие детали нагревают в контейнерах из коррозионностойких сталей и в расплавах солей и стекла. Широкие перспективы открывает технология безокислительного нагрева, основанная на использовании временных защитных покрытий.

Разработчик поставил своей задачей их анализ и выбор одной-двух таких технологий, которые с наименьшими капитальными затратами дали бы наибольший эффект на сохраняющихся производствах.

Сравнение перечисленных методов в пределах основных требований, которые могут к ним чаще всего предъявляться в машиностроении (возможность практически полной защиты от окисления и обезлегирования поверхностных слоев; возможность обработки крупных заготовок; простота и недефицитность технологического оборудования; растворение в стекломассе исходной окалины; недефицитность вспомогательных материалов; невысокие цены на вспомогательные материалы; отсутствие повышенного износа основного и вспомогательного оборудования; относительная безопасность процесса; наличие положительных побочных технологических эффектов – легирование поверхностных слоев, технологические высокотемпературные смазки) показало, что среди способов, обеспечивающих высокую степень защиты заготовок от окисления, наиболее целесообразным является использование нагрева в расплавах стекла и высокотемпературных защитных покрытий.

Оба метода обладают единым защитным механизмом – поверхность заготовок отделяется от атмосферы печи расплавом окислов, препятствующих диффузии кислорода. Отличие фактически состоит в толщине защитного слоя. В первом случае она составляет несколько сантиметров и защита получается исключительно надежной (если сам расплав не проявляет агрессивных свойств) в течение нескольких часов. Во втором случае толщина покрытия - доли миллиметра и надежное предохранение от коррозии возможно в

более короткий период и при более низких температурах (речь идет только об апробированных покрытиях). Эти способы защиты нашли применение на предприятиях с высокой культурой производства.

Нами подобранно и испытано в лабораторных а так же заводских условиях эффективное защитное покрытие на базе боросиликатной фритты. Особое внимание уделено требованию самоочищаемости при охлаждении. Известно существенное различие коэффициентов теплового расширения керамики и стали. Поэтому эмали и глазури, предназначенные для керамики будучи нанесёнными на сталь, хорошо отслаиваются за счёт температурных напряжений при остывании. Кроме того, широкое производство фритты эмалей для керамики не требует создания аналогичных производств на предприятиях металлообрабатывающей промышленности. Такая эмаль с высоким содержанием бора показала хорошие защитные свойства и способность к самоудалению при лабораторных и заводских экспериментах с углеродистыми и легированными сталями: высокопрочные болты, детали трубных ключей, метчики. Исходное сырьё для приготовления этой эмали включает следующие доступные материалы: кварцевый песок; бура или вместо неё можно применить природные боросодержащие минералы, например, данбурит (в последнем случае вместе с окислами бора в состав эмали одновременно вводятся кварц и окислы калия); пегматит - горная порода и мел - в природе образует мощные залежи.

Детали состава предлагаемой защитной эмали не приводятся в связи с подготовкой заявки на предполагаемое изобретение. Её состав близок к существующим боросиликатными и алюмоборосиликатными покрытиями и обеспечивает: защиту от окисления и смазку при выдавливании, прессовании и штамповке жаропрочных и никелевых сплавов до 1200-1240°C, а также защиту от окисления и обезуглероживания стали при нагреве до 950-1050°C.

В лабораторных условиях проверены литературные данные о ценных, технологических свойствах легкоплавких стекол № 291а и № 291В1 и подобран состав шихты на основе относительно дешёвых и доступных местных компонентов.

Важным достоинством предлагаемых методов является их относительная простота, дешевизна и недефицитность используемых сырьевых материалов и оборудования, а также отсутствие необходимости в сколь-нибудь существенной реконструкции имеющихся производственных мощностей. Кроме того, при совместном применении оба метода взаимно дополняют друг друга, компенсируя некоторые свои недостатки. Применение нагрева в расплавах стекла ограничивает размеры заготовок и более эффективно при повышенных (более 1000-1100°C) температурах, когда достигается достаточно низкая вязкость и слой стекла на поверхности извлеченных заготовок получается равномерным, тонким, не требующим удаления излишков и может служить технологической смазкой при обработке давлением. Необходимость подготовки поверхности заготовок отсутствует, т.к. исходная окалина быстро и полностью растворяется в расплаве. Применение этого способа защиты эффективно на кузнечнопрессовых участках в существующих нагревательных печах. При нагреве в расплавах угар металла уменьшается на 70 и более процентов, увеличивается в 1,5-2,5 раза стойкость штампов, а усилие штамповки уменьшается в 1,5-2 раза. Точность и качество поверхности повышаются, снижается трудоемкость очистки.

Если послековки, штамповки и механической обработки необходима термическая обработка (850-950°C), то целесообразно использование защитных покрытий. Подготовка поверхностей к нанесению покрытия сведется в этом случае лишь к обезжириванию поверхностей, обработанных режущим инструментом или чистых поверхностей от обработки давлением с использованием нагрева в расплавах стекла. В термических цехах

с мелкосерийным характером производства рекомендуется организация небольшого участка для нанесения защитных покрытий. Термообработка при этом ведется с использованием имеющихся нагревательных печей по существующей технологии. Небольшое возрастание трудоемкости при нанесении защитного покрытия компенсируется значительным ее сокращением при окончательной очистке готовых деталей (самоудаление). При этом практически полностью исключается обезуглероживание и существенно возрастает точность изготовления изделий и качество их поверхности.

Выводы. Таким образом, последовательное применение нагрева в расплавах стекла при ковке и штамповке с последующей защитой готовых изделий временными покрытиями при термообработке позволяют создать «сплошной» безокислительный технологический процесс производства разных видов продукции повышенного качества.

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ФРОНТАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ РОБОТИ В СТИСЛИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Аржаєв Г.О., Лисак С.І., Красніков В.Ф.

Миколаївський будівельний коледж
Київського національного університету будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. Ефективність використання фронтальних будівельних навантажувачів можна підвищити за рахунок створення багатоцільових робочих органів, зокрема двощелепних ковшів з бічним зміщенням [1].

Актуальність досліджень. В умовах щільної міської забудови і реконструкції діючих промислових об'єктів застосування навантажувачів, оснащених ковшами з бічним зміщенням, обумовлене необхідністю виконувати навантажувально-розвантажувальні роботи в безпосередній близькості від існуючих будівель чи споруд, що зводяться [2].

Постановка задачі. Пропонується метод визначення величини бічного зміщення ковша навантажувача відносно його поздовжньої осі, враховуючи максимальну реалізацію тягово-зчіпних властивостей пневмоколісного рушія при збереженні курсової стійкості машини.

Результати досліджень. У відповідності із розрахунковою схемою (рис. 1):

а) опір W на робочому органі машини долається силою тяги T , яку розвиває рушій, відповідно

$$T \geq W;$$

б) момент, що прагне розвернути машину відносно точки O – $M_{nos} = W \cdot c$, врівноважується стримуючим моментом від бокових сил F – $M_{cmp} = F \cdot (L_0/2)$, тобто повинна дотримуватись умова $M_{cmp} \geq M_{nos}$.

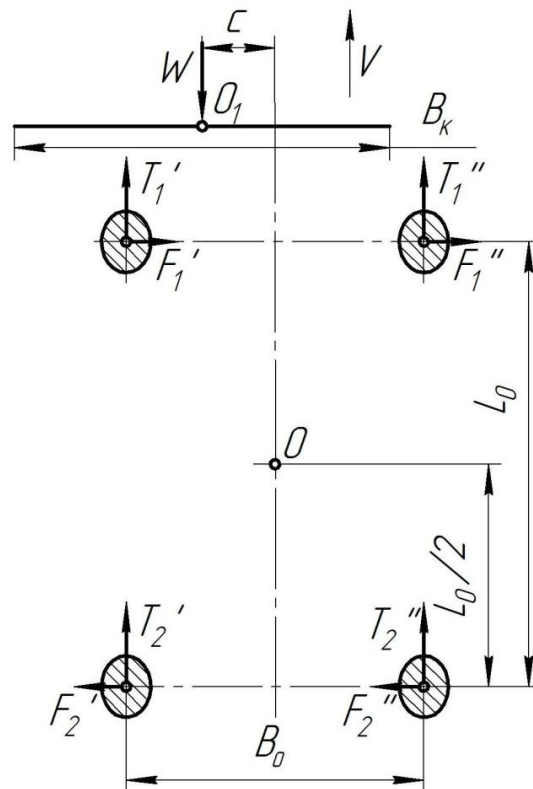


Рисунок 1 – Схема до розрахунку величини бічного зміщення ковша

При виборі розрахункової схеми прийняті наступні припущення:

а) система сил і реакцій розташована в площині взаємодії колісного рушія з пневматичними шинами, який встановлений на горизонтальній опорній поверхні, що не деформується;

б) справедливі співвідношення (рисунок 1)

$$T = T_1' + T_1'' + T_2' + T_2'';$$

$$F = F_1' + F_1'' + F_2' + F_2''.$$

Зв'язок між величиною бокової сили F і тяговим зусиллям T колеса з пневматичною шиною можна визначити за умови, якщо припустити, що шина в області контакту з опорною поверхнею реалізує максимально допустиму силу $P_{\max.j}$ в будь-якому напрямку, тобто в аналізі явища, що вивчається, застосовується принцип «еліпса тертя» (рис. 2):

$$\left(\frac{F}{F_0}\right)^2 + \left(\frac{T}{T_\varphi}\right)^2 = 1, \quad (1)$$

де T_φ – сила тяги машини по зчепленню (велика піввісь «еліпса тертя»); F_0 – максимальна величина бокової сили, яка реалізується в області контакту шини з опорною поверхнею (мала піввісь «еліпса тертя»).

$$T_\varphi = G_{зч} \cdot \varphi_1;$$

$$F_0 = G_{зч} \cdot \varphi_2,$$

де $G_{зч}$ – зчїпна вага машини; φ_1 , φ_2 – відповідно коефіцієнти зчеплення рушія в повздовжньому і поперечному напрямках, як правило $\varphi_1 > \varphi_2$ [4].

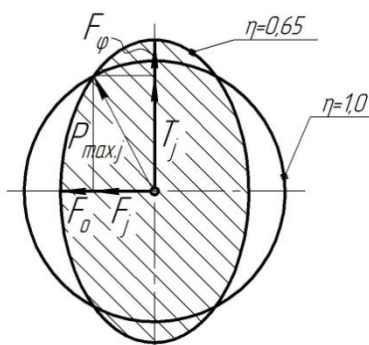


Рисунок 2 – Еліпс тертя

На основі вищевикладеного поставлена задача зводиться до визначення максимально можливого зміщення в сторону центру ковша (точка O_1 , рисунок 1) відносно повздовжньої осі машини – c , при заданих її вагових $G_{зч}$ і геометричних L_0 параметрах, відомому співвідношенні коефіцієнтів зчеплення рушія в повздовжньому і поперечному напрямках $\eta = \varphi_2 / \varphi_1$, а також величині зовнішнього опору на робочому органі W .

Маючи на увазі, що $F \cdot (L_0 / 2) = W \cdot c$, $T = W$, $\psi = T / T_\varphi$, після перетворень отримаємо:

$$\theta = \frac{\eta}{2} \frac{\sqrt{1 - \psi^2}}{\psi}; \quad (2)$$

$$c = \theta \cdot L_0, \quad (3)$$

де L_0 – база навантажувача; θ – коефіцієнт, що характеризує співвідношення між боковою силою і зовнішнім опором на робочому органі.

На рисунку 3 представлені залежності $\theta = f(\psi)$, які побудовані при різних значеннях η (позначені цифрами на кривих).

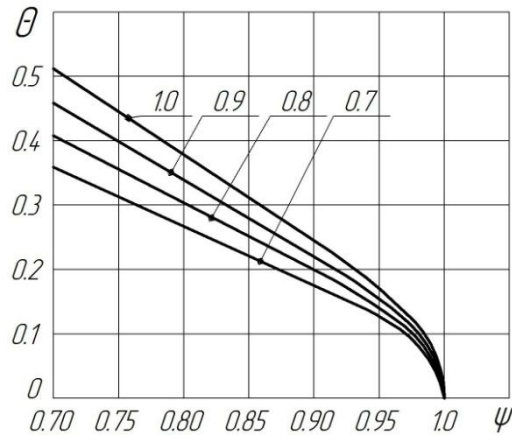


Рисунок 3 – Залежність $\theta = f(\psi)$

Величину зовнішнього опору на робочому органі – W , який долається силою тяги T , визначаємо за формулою [5]

$$W = q_n \cdot B_k, \quad (4)$$

де q_n – питоме напірне зусилля, кН/м; B_k – ширина ріжучої кромки ковша, м.

Рекомендовані значення q_n в функції номінальної вантажопідйомності Q (т) – головного параметра одноківшевих будівельних навантажувачів відповідно до ГОСТ 12568-67 «Погрузчики одноковшовые строительные. Типы, основные параметры и размеры» і типу ходового обладнання наведені в [5].

Розрахунки, виконані за формулою (4) для рекомендованих значень q_n показали, що у всіх випадках справедливе наступне відношення:

$$(T = W) \geq [T = T_n \approx (0,70 \div 0,73)T_\phi]$$

де T_n – номінальна сила тяги, що відповідає 20% буксування колісного рушія.

Таким чином, зовнішній опір на ковші необхідно визначати задаючись значеннями q_n і B_k , а не керуючись оптимальним, з точки зору досягання максимуму тягової потужності $N_{T.\max}$, режимом роботи колісного рушія – $T_{N_T} \approx T_n$ [6].

На рисунку 4 представлена графічна інтерпретація залежності $c = f(Q)$, побудована по запропонованому методу, при $\eta = 1$. Вказана залежність має явно виражений лінійний характер при зміні Q , в діапазоні від 2 до 6 т при будь-якому значенні η , може бути коректно апроксимована виразом вигляду

$$c = [A + k(Q - 2)]\eta,$$

де A – вільний член, $A = 0,562$ м; k – кутовий коефіцієнт, $k = 0,0655$ м/т.

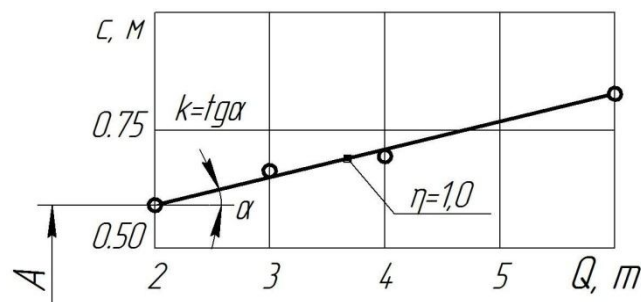


Рисунок 4 – Залежність $c = f(Q)$

В табл. 1 приведені вихідні дані [4] і результати розрахунку величини бічного зміщення ковша машини c (при збереженні курсової стійкості) для деяких фронтальних будівельних пневмоколісних навантажувачів, що випускаються країнами СНД.

Таблиця 1 – Вихідні дані і результати розрахунку величини бокового зміщення c ковша деяких пневмоколісних навантажувачів

| Параметр | Модель навантажувача | | | |
|--|----------------------|--------|-------|---------|
| | ТО-30 | ТО-18А | ТО-28 | ТО-27-1 |
| Вантажопідйомність Q , т | 2 | 3 | 4 | 6 |
| Ширина ковша B_k , м | 2,32 | 2,44 | 2,60 | 3,25 |
| База L_0 , м | 2,44 | 2,67 | 2,80 | 3,74 |
| Зчіпна вага $G_{зч}$, кН | 73,5 | 100,5 | 130,8 | 287,8 |
| Сила тяги по зчепленню T_φ , кН | 54,39 | 74,37 | 96,79 | 212,97 |
| Питоме напірне зусилля q_n , кН/м [5] | 22,5 | 27,5 | 33,5 | 60,0 |
| $T = W$, кН | 52,2 | 67,1 | 87,1 | 195,0 |
| ψ | 0,907 | 0,902 | 0,899 | 0,915 |
| Величина бічного зміщення c , м | 0,45 | 0,51 | 0,55 | 0,66 |
| Примітка: величина $\eta = \varphi_2 / \varphi_1$ для пневматичних шин, які використовуються в пневмоколісних навантажувачах, прийнята рівною 0,8 (підлягає експериментальному уточненню). | | | | |

Висновки. Розроблена методика визначення величини максимального бічного зміщення ківша фронтального будівельного навантажувача в залежності від його вантажопідйомності при збереженні курсової стійкості машини і повній реалізації тягово-зчіпних властивостей рушія.

ЛІТЕРАТУРА

1. Чебанов Л.С. Эффективность применения погрузчиков в строительстве / Л.С. Чебанов. – К. : Будівельник, 1987. – 80 с.
2. Беляков Ю.И. Средства механизации при реконструкции промышленных зданий / Ю.И. Беляков, Е.Г. Романушко, С.А. Запороженко. – К.: Будівельник, 1987. – 144 с.
3. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля / Д.Р. Эллис; пер. с англ. Г.К. Мирзоева. – М.: Машиностроение, 1975. – 216 с.
4. Котович С.В. Двигатели специальных транспортных средств. Ч.1 / С.В. Котович. – М.: Изд-во МАДИ (ГТУ), 2008. – 160 с.
5. Базанов А.Ф. Самоходные погрузчики / А.Ф. Базанов, Г.В. Забегалов. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Машиностроение, 1979. – 406 с.
6. Ульянов Н.А. Колесные двигатели строительных и дорожных машин / Н.А. Ульянов. – М.: Машиностроение, 1982. – 279 с.
7. Фохт Л.Г. Одноковшовый погрузчик / Л.Г. Фохт. – М.: Стройиздат, 1986. – 110 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ, НАПОВНЕНИХ ЧАСТКАМИ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАМУ

Бень А.П., Сапронов О.О., Букетова Н.М., Лещенко О.В., Нігалатій В.Д.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Вступ. На сьогодні все більше уваги приділяють розробці та вдосконаленню методів антикорозійного захисту технологічного устаткування. При цьому ефективним методом захисту машин та механізмів є використання неметалевих захисних покриттів. Серед гами неметалевих адгезивів характеризуються поліпшеними властивостями у комплексі покриття на основі епоксидних зв'язувачів. Розвинута сировинна база та можливість багатотоннажного постачання інгредієнтів дають можливість використовувати такі матеріали у вигляді покриттів для різних галузей промисловості. Слід зауважити, що введення активних наповнювачів, які мають функціональні групи на поверхні часток, дозволяє суттєво поліпшити як адгезійні, так і когезійні властивості захисних покриттів. Водночас, на сьогодні значної уваги приділяють утилізації вторинних енергоресурсів, тобто відходів промисловості, одним із яких є конвертерний шлам (КвШ). Наявність комплексу сполук FeO , Fe_2C , FeCO_3 та ін. дає можливість поліпшувати властивості покриттів, а також аналізувати процеси структуроутворення при введенні часток у епоксидний зв'язувач. Це дозволяє прогнозовано керувати властивостями композитів та покриттів на їх основі шляхом введення оптимального вмісту дисперсних часток у зв'язувач. При цьому використання таких наповнювачів, які, окрім підвищення експлуатаційних характеристик композитів, сприяють зменшенню вартості конструкційних матеріалів є вигідним з економічної і екологічної точки зору [1-3].

Мета роботи – дослідити вплив часток наповнювача, який є відходом від промислового виробництва, на процеси структуроутворення композитних матеріалів.

Результати досліджень та їх обговорення. При формуванні композитного матеріалу використано епоксидний діановий олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84). Для зшивання епоксидних композицій використано твердник поліетиленполіамін (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78). Як наповнювач для експериментальних досліджень використано частки конвертерного шламу (КвШ) наступного складу, %: SiO_2 – 20,85; Al_2O_3 – 2,42; Fe_2O_3 – 12,69; FeO – 7,68; MgO – 5,08; MnO – 2,94; CaO – 46,70; S – 0,19; Fe – 14,85. Дисперсність часток становить $d = 60 \dots 63$ мкм.

Для дослідження процесу структуроутворення використано: ІЧ-спектральний аналіз та оптичну мікроскопію.

ІЧ-спектри реєстрували на спектрофотометрі марки «IRAffinity-1» (Японія) у ділянці хвильових чисел $\nu = 400 \dots 2400$ cm^{-1} однопроменевим методом у відбитому світлі. Дослідження топології матеріалів проводили на металографічному мікроскопі моделі XJL-17AT, який обладнаний камерою 130 UMD (1,3 Mega Pixels). Для обробки цифрових зображень використовували програмне забезпечення «Image Analyse».

Для дослідження процесів, які відбуваються на межі поділу фаз «епоксидний зв'язувач – наповнювач – твердник» при зшиванні композитів, попередньо визначали хімічну активність часток конвертерного шламу, тобто наявність активних груп на їх поверхні. Для цього використовували ІЧ-спектральний аналіз.

Згідно ІЧ-спектрального аналізу часток наповнювача виявлено смуги поглинання у діапазоні хвильових чисел $\nu = 2353,16 \dots 2333,87$ cm^{-1} , характерні для зв'язків $-\text{C}\equiv\text{N}$. Смуга поглинання при хвильовому числі $\nu = 1114,86$ cm^{-1} свідчить про валентні коливання зв'язків $\text{C}-\text{O}$, а відносна величина площі піку $S = 100,2$ % вказує на значну їх кількість. Хвильове число $\nu = 1114,86$ cm^{-1} характеризує з'єднання $\text{Si}-\text{O}_2$. Смуга поглинання при хвильовому числі $\nu = 979,84$ cm^{-1} свідчить про наявність валентних коливань зв'язків $-\text{C}-\text{N}$, $-\text{C}-\text{C}$, $-\text{C}-\text{O}$. Водночас діапазон хвильових чисел $\Delta\nu = 873,10 \dots 979,84$ cm^{-1} характеризує

наявність з'єднань Fe-O, Fe-O₂. Смуга поглинання при хвильовому числі $\nu = 632,65 \text{ см}^{-1}$ свідчить про наявність маятникових коливань зв'язків -CH-, а відносна величина площі піку $S = 99,4 \%$ вказує на значну їх кількість. Хвильове число $\nu = 632,65 \text{ см}^{-1}$ характеризує з'єднання Ca-O. Надалі, аналіз смуг поглинання у діапазоні хвильових чисел $\Delta\nu = 600,00 \dots 400,00 \text{ см}^{-1}$ опосередковано свідчить про присутність сполук Mg-O, Mn-O, S.

Отже, аналіз ІЧ-спектру наповнювача КвШ, який є відходом промислового виробництва сталі, дозволяє констатувати про фізико-хімічну взаємодію часток з компонентами зв'язувача (ЕД-20 – ПЕПА) за рахунок значної кількості активних груп на поверхні наповнювача. При цьому проведений комплекс досліджень дозволив підтвердити наведене вище припущення про активність наповнювача за результатами ІЧ-спектрального аналізу часток. Так при введенні за оптимального вмісту КвШ ($q = 40 \text{ мас.ч.}$) спостерігали суттєве поліпшення властивостей захисного покриття: адгезійна міцність при відриві – $\sigma_a = 52,83 \text{ МПа}$, адгезійна міцність при зсуві – $\tau = 11,4 \text{ МПа}$, залишкові напруження – $\sigma_z = 2,45 \text{ МПа}$, руйнівні напруження при згинанні – $\sigma_{z2} = 55,0 \text{ МПа}$, модуль пружності при згинанні – $E = 4,7 \text{ ГПа}$. Зростання наведених показників свідчить про взаємодію зв'язків -C-N-, -C-C-, -C-O-, -CH- наповнювача з боковими групами та сегментами епоксидного зв'язувача. При цьому важливим є те, що при збільшенні вмісту часток КвШ зростає і кількість зв'язків -C-N-, -C-C-, -C-O-. Тобто, формується просторова сітка полімеру з високим ступенем зшивання.

Водночас цікавим з наукової та практичної точки зору є порівняння структури композитів наповнених КвШ із структурою матриці. Аналіз фрактограм зламу епоксидної матриці дозволяє стверджувати про формування поверхні руйнування з розгалуженими лініями сколювання, які мають виражені заглиблення, що характеризують напружений стан матеріалу та опосередковано свідчать про можливу крихкість полімеру у процесі експлуатації. При дослідженні композиту з оптимальним вмістом часток КвШ виявлено структуру поверхні зламу, у якій відсутні широкі лінії сколювання і чітко виражені агломерати. Тобто, при оптимальному вмісті часток КвШ ($q = 40 \text{ мас.ч.}$) збільшується густина зв'язувача, а, отже, і ущільнюється просторова сітка полімеру. За таких умов зменшується можливість утворення концентраторів напружень і, як наслідок, поліпшуються властивості епосикомпозитного матеріалу. Це свідчить про можливість використання даних матеріалів впродовж значного терміну експлуатації.

Водночас слід зауважити, що перенасичення зв'язувача частками КвШ зумовлює формування у структурній сітці полімеру незначних агломератів, поява яких не приводить до стабільності когезійних властивостей при експлуатації захисних покриттів.

Висновки. На основі проведеного комплексу досліджень можна констатувати, що використання відходів киснево-конвертерного способу виробництва сталі є досить ефективним. При цьому забезпечується їх утилізація та водночас суттєве поліпшення показників адгезійної міцності композитів і фізико-механічних властивостей, а отже і параметрів структури, що підтверджено сучасними методами дослідження (ІЧ-спектральний аналіз, оптична мікроскопія).

ЛІТЕРАТУРА

1. Михайлин Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы. – С-Пб.: Научные основы и технологии, 2009. – 660 с.
2. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений: пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 536 с.
3. Сапронов О.О. Вплив вмісту і природи дрібнодисперсного наповнювача на механічні властивості і структуру полімерних захисних покриттів / О.О. Сапронов, В.Д. Нігалатій, К.М. Клевцов, І.В. Смирнов, М.А. Долгов // Вісник ХДМА, 2013. – № 2 (9). – С. 228-237.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ДИСКОВЫХ ФРЕЗ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ СМЕННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН

Блах И.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Современные дисковые фрезы ведущих мировых производителей инструмента [1] используемые для обработки заготовок с уступами и пазами, в основном представлены фрезами с механическим креплением ножей и с напайными твердосплавными режущими пластинами. Такие фрезы компактны и обеспечивают хороший стружкоотвод. Однако фрезы с напайными пластинами требуют переточек и постепенно вытесняются фрезами со сменными неперетачиваемыми твердосплавными пластинами (СМП).

Конструкции дисковых фрез группируют по способам выполнения баз под сменные многогранные пластины и установку их в нужное положение:

- базы выполнены непосредственно в корпусе фрезы;
- используются вкладыши, которые устанавливают с помощью специального приспособления;
- используются вкладыши, которые устанавливают с помощью регулировочного механизма, введенного в конструкцию фрезы.

Дисковые двухсторонние фрезы с механическим креплением СМП во многом аналогичны торцовым фрезам. Исключением являются лишь фрезы для обработки двух взаимоперпендикулярных поверхностей в относительно узких пазах или комплектные фрезы [1].

Конструкция дисковой фрезы Шведской фирмы «Сандвик Коромант» с механическим креплением трехгранных СМП с задними углами показана на рис. 1. б. Пластины 2 устанавливают в У-образных пазах вкладышей 5, которые закрепляют в корпусе винтом 6. Саму пластину закрепляют клином 3 и винтом 4.

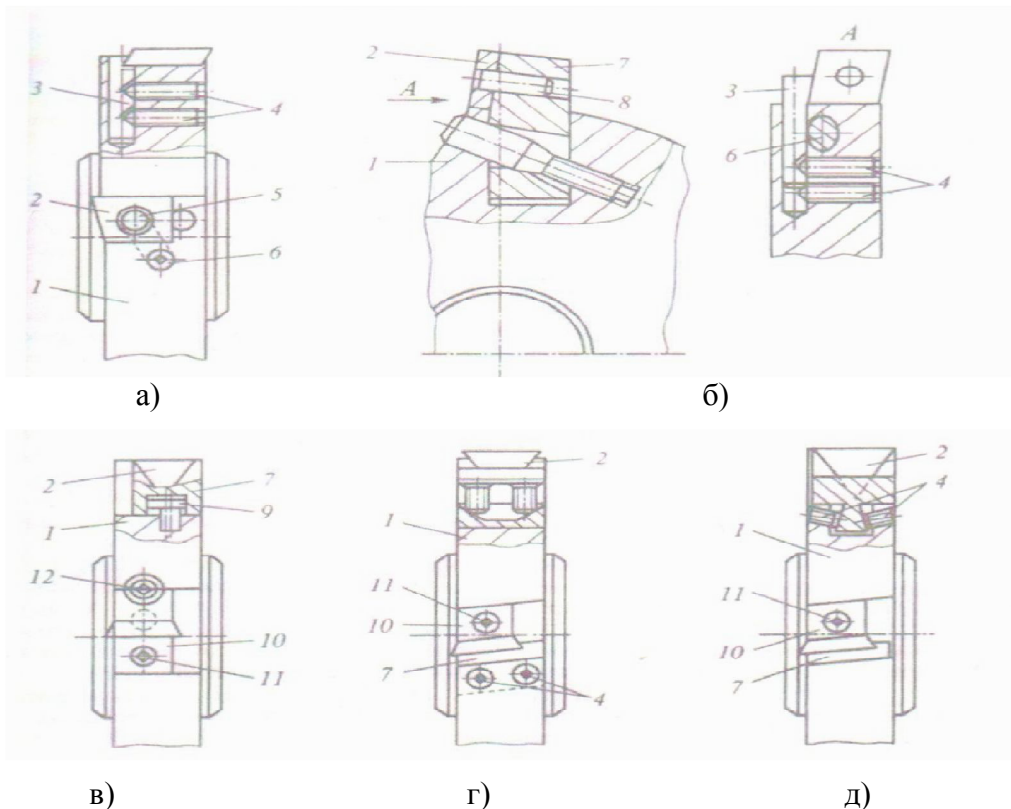


Рисунок 1 – Дисковые фрезы ведущих мировых фирм

Использование у фрез сменных вкладышей существенно снижает трудоемкость выполнения баз на корпусе фрезы, а также повышает срок его службы. Угол наклона пластин – разнонаправленный, способствующий устранению вибраций. Однако в технологическом отношении такая конструкция фрезы является достаточно сложной, причем, в случае поломки СМП, повреждается и сложный в изготовлении вкладыш.

Германская фирма «Феттэ» разработала конструкцию фрезы (рис. 1в), в пазах корпуса которой вкладыши 5 закрепляются винтами 6. Режущие трехгранные пластины 2 закрепляют в У-образном пазу вкладышей со стороны их опорных поверхностей клиньями 3 с помощью дифференциальных винтов 4.

В этой конструкции устранена опасность повреждения вкладыша при поломке пластины, но возникает возможность несовпадения опорной поверхности пилы сторон фрезы при обеспечении удовлетворительных условий резания (угол наклона главной режущей кромки, деление стружки по ширине) связана с выполнением закрытых баз под СМП, что существенно повышает трудоемкость изготовления фрез.

Фирмой «Хайнлайн» разработана конструкция трехсторонней фрезы с трехгранными СМП, технология изготовления которой значительно упрощается вследствие устранения необходимости выполнения закрытых баз на корпусе фрезы (р Фреза состоит из корпуса, на ступицах которого винтом закреплены кольца. Конические поверхности колец, служащие базами под режущие пластины, выполняют при одной установке инструмента второго порядка, что значительно повышает точность их выполнения. Введение открытых наклонных пазов в корпусе, также служащих базами под режущие пластины, значительно облегчает их изготовление и повышает точность выполнения баз. Кроме того, расположение клиньев за режущей пластиной дает возможность увеличить объем стружечных канавок, что частично устраняет пакетирование стружки между зубьями. Такие фрезы характеризуются большим числом крупногабаритных сопряженных деталей, требующих точного исполнения.

Дисковая трехсторонняя фреза с механическим креплением СМП в форме параллелограмма фирмы «Йонас энд Калвер» (Англия), в которой устранены указанные недостатки, показана на рис. 1а. Здесь пластины 2, закрепленные в корпусе 1 клиньями 3 и винтами 4, расположены в смежных пазах и взаимно смещены в осевом направлении, что улучшает стружкоотвод и устраняет вибрации. Пластины не имеют опорной поверхности в осевом направлении фрезы, поэтому ступицы последней точно шлифуют до заданной ширины, что дает возможность легко установить пластину на ту же ширину, поместив ступицу на поверочную плиту и установив пластины по одному торцу (через одну). Настраивать фрезу на ширину, отличающуюся от ширины ступицы, можно установкой фрезы на прокладки соответствующих размеров. В случае износа одной режущей кромки повернуть пластину можно непосредственно на станке, используя индикатор. Но настройка этой фрезы требует значительных затрат времени (особенно при настройке фрезы на станке). Кроме того, при относительно высоких режимах резания возможно смещение СМП в осевом направлении и по ширине корпуса фрезы при поломке режущей пластины. Поэтому, с целью завышения срока службы корпуса фрезы и надежности крепления СМП, в дисках фрез предусмотрено использование вкладышей с пластинами с двумя или тремя базами под пластину.

В этих конструкциях устранена опасность повреждения вкладыша при поломке пластины, но возникает возможность несовпадения опорной поверхности пластины с клином в случае регулирования вкладыша в осевом направлении, т.е. предъявляются более высокие требования к точности изготовления фрезы.

В данных конструкциях фрез регулирование положения вкладышей в осевом направлении осуществляют за счет зазора между крепежными винтами и отверстиями во вкладышах, что существенно ограничивает диапазон изменения ширины фрез. При режимах резания с большими значениями параметров, возможно смещение вкладышей под действием сил резания.

Наряду с этим, такие фрезы обеспечивают хороший стружкоотвод при работе с относительно малыми глубинами резания. Однако увеличение глубины резания и, особенно обработка заготовок из вязких материалов, будет вести к «пакетированию» стружки между зубьями фрезы. Это обусловлено малыми размерами стружечных канавок, которые, в свою очередь, ограничиваются размерами режущих пластин и клиньев.

Для устранения этого недостатка разработаны конструкции дисковых фрез с использованием вкладышей, которые выходят за пределы корпуса фрезы, а передняя поверхность режущих пластин не закрыта элементами крепления, например, дисковая фреза фирмы «Планзея» (Австрия). В пазах корпуса этой фрезы установлены вкладыши 5 (рис. 1г), которые закреплены в корпусе фрезы клиньями с помощью дифференциальных винтов 4. Режущие пластины 2 закреплены на вкладышах через центральные отверстия винтами с коническими головками. На опорных поверхностях вкладыша и боковых поверхностях пазов корпуса выполнены рифления. Наличие рифлений предотвращает поворот вкладышей или их осевое смещение под действием сил резания. При этом изменение ширины фрезы не может быть более 3 мм.

В России также разработаны подобные дисковые фрезы, отличающиеся повышенной технологичностью (рис. 1д). В пазах корпуса такой фрезы установлены вкладыши с пластинами 2, закрепленными винтами с конической головкой. Вкладыши закрепляют в пазах корпуса специальными винтами 4, шейки которых входят в вилки, установленные в отверстия корпуса. Закрепление вкладышей с помощью специальных винтов и вилок обеспечивает возможность изменения ширины фрезы до 5 мм. Положение вкладышей в осевом направлении регулируют при предварительно затянутых винтах. Вкладыши размещают в пазах корпуса с небольшим перекосом (под некоторым углом ко дну паза), вследствие чего при закреплении их винтами возникают опрокидывающие моменты, гарантирующие контакт опорных поверхностей вкладышей с верхними точками боковых поверхностей пазов. Это повышает жесткость конструкции, по сравнению с конструкцией фирмы «Планзея» (рис. 1г), в которой при закреплении вкладышей клиньями возможно отсутствие вышеуказанных контактов. Кроме того, в этой конструкции фрезы отсутствуют рифления и резьбовые отверстия в корпусе, что улучшает ее технологичность. Наряду с этим, существенно упрощается выполнение гнезд под пластины во вкладышах относительно их опорных поверхностей, так как требуется выдерживать размер только в радиальном направлении.

Анализ конструкций дисковых фрез по работам показывает, что основными направлениями их конструирования являются: использование СМП, базируемых на вкладышах и регулируемых в осевом направлении с помощью специальных приспособлений или с помощью регулировочных элементов фрез. При этом существенно усложняются конструкции.

При конструировании дисковых трехсторонних фрез необходимо предусмотреть открытые режущие кромки инструмента, а также получить заданные геометрические параметры с обеих сторон фрезы, так как процесс резания таким инструментом, имеющим малую ширину, характеризуется стесненными условиями стружкоотвода.

3-х сторонние дисковые сборные фрезы с СМП предназначены для обработки заготовок с уступами и пазами. До настоящего времени с целью повышения производительности обработки в основном применяли сборные дисковые фрезы с механическим креплением ножей, на которые напаяны твердосплавные пластины.

Основным недостатком данных конструкций фрез является большая ширина реза, что приводит к дополнительному расходу обрабатываемого материала, электроэнергии, а также твердого сплава. Радиальная установка пластин в корпусе отрезной фрезы не позволяет в полной мере повышать подачу, поскольку силу резания P_2 воспринимает относительно небольшая толщина твердосплавной пластины. Большая площадь резания по всей ширине пластины увеличивает выделение тепла, что ведет к чрезмерному ее нагреванию во время обработки паза, где усложнен теплоотвод.

Проведенный анализ показал, что ширина паза формируемого известными фрезами определяется шириной расположенных радиально правых и левых режущих пластин, поэтому необходим поиск новых технических решений, уменьшающих ширину резания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранчиков В.И., Боровский Г.В. и др. Справочник конструктора-инструментальщика. – М. : Машиностроение, 2006.
2. Высокопроизводительная обработка металлов резанием – М. : МАО «Сандвик МКТС», Полиграфия, 2003.
3. ГОСТ 28437-90 Фрезы дисковые с механическим креплением сменных многогранных пластин. Типы и основные размеры.

ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ НА ОСНОВІ ЗВ'ЯЗУВАЧА З ЕПОКСИДНОГО ОЛІГОМЕРУ І ПОЛІЕФІРНОЇ СМОЛИ

Брайло М.В.

Херсонська державна морська академія
(Україна),

Кристал М.Г.

Волгоградський державний технічний університет
(Російська Федерація),

Маляренко О.Д.

Білоруський національний технічний університет
(Республіка Білорусь, м. Мінськ)

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій. Епоксидні композитні матеріали (КМ) використовують у вигляді захисних покриттів в багатьох галузях промисловості. Зокрема, широко і ефективно використовують КМ на основі епоксидіанової смоли ЕД-20 (ГОСТ 10587-84) та твердника поліетиленполіаміну (ПЕПА) (ТУ 6-05-241-202-78). Водночас, слід зазначити про застосування поліефірних смол у вигляді захисних покриттів або несучих конструкцій у промисловості, у тому числі і у суднобудуванні. У працях А.В. Букетова, П.Д. Стухляка, М.М. Братичака, Т.Т. Яковенка зазначається про використання матеріалів як на основі епоксидних мол, для захисту деталей та механізмів від корозії, так і поліефірних. Водночас, цікавим і актуальним є поєднання даних компонентів у одному зв'язувачі та створення на їх основі матеріалів з поліпшеними властивостями для підвищення надійності експлуатації деталей судових енергетичних установок.

Мета роботи – дослідити адгезійні властивості та залишкові напруження у композитних матеріалах на основі зв'язувача з епоксидного олігомеру і поліефірної смоли.

Результати досліджень та їх обговорення. Загальновідомо, що для формування полімерної матриці на основі епоксидного олігомеру ЕД-20 (100 мас.ч) необхідно вводити $q = 10$ мас.ч. твердника ПЕПА, при температурі зшивання $T = 393$ К. Водночас, відомо, що оптимальний вміст твердника на основі перекису метилетилетилкетону у поліефірній смолі становить $q = 1$ мас.ч. (ГОСТ 22181-91). Виходячи з цього, для створення матеріалів з поліпшеними адгезійними властивостями на основі епоксидних та поліефірних смол, було встановлена наступну послідовність гідродинамічного суміщення:

1. Епоксидний олігомер ЕД-20 – $q = 100$ мас.ч.
2. Поліефірна смола Norsodyne O 12335 AL – вміст змінювали у діапазоні $q = 0 \dots 200$ мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру
3. Твердник для поліефірних смол Butanox-M50 – $q = 1$ мас.ч. на 100 мас.ч. поліефірної смоли Norsodyne O 12335 AL
4. Твердник ПЕПА – $q = 10$ мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру.

На початковому етапі було досліджено адгезійну міцність матеріалів з додаванням до епоксидного олігомери різного вмісту поліефірної смоли у діапазоні $q = 0 \dots 200$ мас.ч. з кроком $q = 10$ мас.ч.. Встановлено, що при збільшенні вмісту поліефірної смоли у епоксидному компаунді, полімеризованому твердниками Butanox-M50 та ПЕПА, підвищуються показники адгезійної міцності матеріалів. Зокрема проаналізовано, що максимальні показники мають матеріали із вмістом поліефірної смоли Norsodyne O 12335 AL у кількості $q = 100$ мас.ч. і епоксидного олігомеру ЕД-20 у кількості $q = 100$ мас.ч. При цьому адгезійна міцність при відриві зростає з $\sigma_a = 18,2$ МПа (для епоксидної матриці) до $\sigma_a = 66,5$ МПа, адгезійна міцність при зсуві підвищується з $\tau = 4,8$ МПа (для епоксидної матриці) до $\tau = 12,5$ МПа. Очевидно, що при суміщенні компаунду за даних концентрацій інгредієнтів інтенсивно відбуваються процеси полімеризації з утворенням

розгалужених незалежних двох тривимірних полімерних сіток. Тобто, вважали, що формуються міжмолекулярні хімічні зв'язки як епоксидної компоненти, зшитої твердником ПЕПА, так і поліефірної смоли, полімеризованої твердником Butanox-M50. Додатково передбачали виникнення незначної кількості хімічних зв'язків між двома сітками, що забезпечує підвищення показників адгезійної міцності розроблених композитів. Водночас, слід відмітити, що при збільшенні вмісту поліефірної смоли у епоксидному олігомері, а, відповідно, і твердника Butanox-M50, призводить до зниження показників адгезійних властивостей та підвищення залишкових напружень у матеріалах. Очевидно, що збільшення вмісту поліефірної смоли у зв'язувачі негативно впливає на співвідношення концентрації зв'язків молекул компонентів і функціональності їх груп.

Додатково досліджували залишкові напруження матеріалів на основі епоксидної та поліефірної смол. Встановлено, що при збільшенні вмісту поліефірної смоли до $q = 100$ мас.ч. показники залишкових напружень зменшуються від $\sigma_3 = 2,3$ МПа (для епоксидної матриці) до $\sigma_3 = 1,5$ МПа. Однак, збільшення концентрації смоли Norsodyne O 12335 AL до $q = 200$ мас.ч. призводить до підвищення напружень у матеріалах до $\sigma_3 = 2,3$ МПа. Отже, зміна показників залишкових напружень залежно від вмісту добавки у компаунді корелює з динамікою показників адгезійної міцності КМ. Це додатково підтверджує отримані максимальні значення адгезійної міцності КМ за оптимального співвідношення інгредієнтів, а також твердження про перебіг хімічних процесів та кінетику полімеризації розроблених матеріалів, про що зазначено попередньо.

Відомо, що для пришвидшення перебігу процесу полімеризації та поліпшення властивостей КМ до поліефірних смол додають прискорювач. Виходячи з цього, на наступному етапі до попередньо розробленої полімерної матриці з поліпшеними адгезійними властивостями додавали кобальтовий прискорювач за вмісту $q = 0,1$ мас.ч. Експериментально встановлено (табл. 1), що введення даного прискорювача у зв'язувач призводить до зниження показників адгезійної міцності та підвищення залишкових напружень у матеріалах. При цьому показники адгезійної міцності матриці при відриві знижуються від $\sigma_a = 50,0 \dots 66,5$ МПа (без додавання прискорювача) до $\sigma_a = 39,4 \dots 50,7$ МПа, адгезійної міцності при зсуві від $\tau = 9,7 \dots 12,5$ МПа до $\tau = 9,0 \dots 11,1$ МПа. Водночас залишкові напруження у матеріалах зростають від $\sigma_3 = 1,5 \dots 1,6$ МПа до $\sigma_3 = 2,0 \dots 2,2$ МПа. Можна припустити, що вміст прискорювача у КМ призводить до підвищення швидкості перебігу процесів полімеризації, що зумовлює формування структури матеріалів зі значною кількістю дефектів.

Отже, на основі проведених досліджень експериментально доведено, що для створення матриці з поліпшеними адгезійними властивостями і незначними залишковими напруженнями слід використовувати наступні інгредієнти:

- епоксидний олігомер марки ЕД-20 ($q = 100$ мас.ч.);
- поліефірна смола марки Norsodyne O 12335 AL ($q = 100$ мас.ч.);
- твердник Butanox-M50 ($q = 1$ мас.ч.);
- твердник ПЕПА ($q = 10$ мас.ч.).

Висновки. На основі результатів експериментальних встановлено, що для формування покриттів з поліпшеними адгезійними властивостями необхідно використовувати композицію наступного складу: епоксидний олігомер марки ЕД-20 ($q = 100$ мас.ч.), поліефірна смола марки Norsodyne O 12335 AL ($q = 100$ мас.ч.), твердник Butanox-M50 ($q = 1$ мас.ч.) твердник ПЕПА ($q = 10$ мас.ч.). Температура зшивання композиції становить $T = 393$ К. Розроблений матеріал відзначається наступними властивостями: адгезійна міцність при відриві – $\sigma_a = 66,5$ МПа, адгезійна міцність при зсуві – $\tau = 12,5$ МПа, залишкові напруження – $\sigma_3 = 1,5$ МПа. Доведено, що введення кобальтового прискорювача за вмісту ($q = 0,1$ мас.ч.) до розробленої композиції призводить до погіршення показників адгезійних властивостей матеріалів та підвищення залишкових напружень. Такий матеріал відзначається наступними властивостями: адгезійна міцність при відриві – $\sigma_a = 50,7$ МПа, адгезійна міцність при зсуві – $\tau = 11,1$ МПа, залишкові напруження – $\sigma_3 = 2,0$ МПа.

ВПЛИВ АНТИФРИКЦІЙНОЇ ДОБАВКИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ

Букетов А.В., Зінченко Д.О., Акімов О.В., Сметанкін С.О.

Херсонська державна морська академія

(Україна)

Постановка проблеми. Враховуючи умови експлуатації (агресивні середовища, знакозмінні температури, динамічні навантаження та ін.) сучасного технологічного устаткування, виникає необхідність застосування антифрикційних покриттів для вузлів тертя різного функціонального призначення. При розробленні покриттів з необхідними характеристиками доцільно раціонально поєднувати властивості матриці, інгредієнтів та технологічні режими формування епоксикомпозитних матеріалів. Перспективним є використання сульфідів металів, що потребує глибокого вивчення механізму їх формування в умовах впливу різних факторів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На сьогодні значну кількість робіт присвячено дослідженню фізико-механічних властивостей композитних матеріалів, зокрема, композитів, що містять дисперсні наповнювачі [1-4]. Вводячи у зв'язувач активний до міжфазової взаємодії дисперсний наповнювач за оптимального вмісту (наприклад, антифрикційні частки) отримують композити з наперед заданими і прогнозованими характеристиками. Окрім того, введення наповнювачів зменшує можливість утворення і поширення тріщин на початковому етапі руйнування композитів, що, як наслідок, поліпшує надійність матеріалів при їх експлуатації.

Мета роботи – дослідити вплив антифрикційної добавки на фізико-механічні властивості епоксидних композитів.

Результати дослідження. Композитні матеріали (КМ) з наповнювачем формували за технологією [3], що передбачає десять послідовних етапів.

У роботі досліджено вплив вмісту дисульфиду молібдену (ДМ) на фізико-механічні властивості матеріалів з використанням попередньо розробленої технології формування композитів. Експериментально встановлено (табл. 1), що руйнівні напруження та модуль пружності матриці становлять $\sigma_{32} = 48,0$ МПа та $E = 2,9$ ГПа, відповідно. Мікродисперсний наповнювач з розміром часток $d = 7 \dots 10$ мкм вводили у епоксидний зв'язувач за вмісту $q = 5 \dots 80$ мас.ч. Результати проведених досліджень наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості КМ наповнених ДМ

| <i>Вміст часток, q, мас.ч.</i> | <i>Руйнівні напруження при згинанні, σ_{32}, МПа</i> | <i>Модуль пружності при згинанні, E, ГПа</i> |
|------------------------------------|--|--|
| 0 | 48,0 | 2,9 |
| 5 | 39,5 | 2,9 |
| 10 | 38,3 | 3,0 |
| 15 | 35,6 | 3,2 |
| 20 | 33,8 | 3,4 |
| 30 | 31,4 | 3,5 |
| 40 | 29,7 | 3,7 |
| 50 | 29,6 | 3,8 |
| 60 | 29,5 | 3,9 |
| 80 | 29,4 | 3,9 |

Експериментально встановлено, що введення у епоксидний олігомер часток дисперсного наповнювача ДМ у кількості $q = 5 \dots 80$ мас.ч. приводить до поступового зменшення показників руйнівних напружень КМ з $\sigma_{32} = 48,0$ МПа (для епоксидної матриці) до $\sigma_{32} = 29,4 \dots 39,4$ МПа. Такі результати можна пояснити поступовим перенасиченням матриці адсорбентом, а, отже, зменшенням енергії адсорбції та

молекулярної рухливості структурних елементів ланцюгів, підвищенням в'язкості системи і водночас незначним ступенем змочування дисперсного наповнювача олігомером та зменшенням у зв'язку з цим міжшарової рухливості системи.

Відомо [4], що в кристалі дисульфиду молібдену кожен атом Мо (IV) знаходиться в центрі тригональної призми і оточений шістьма атомами сірки. Тригональна призма орієнтована так, що в кристалі атоми молібдену знаходяться між двома шарами атомів сірки. За рахунок незначних ван-дер-ваальсових сил взаємодії між атомами сірки в MoS_2 шари можуть легко ковзати один відносно одного. Це призводить до появи ефекту змащування, що суттєво впливає як на когезійні, так і, очевидно, на антифрикційні властивості розроблених композитів. Такий вплив наповнювача розповсюджується на увесь об'єм полімеру і змінює його макрохарактеристики. Максимальне значення руйнівних напружень при згинанні ($\sigma_{32} = 39,4$ МПа) встановлено для КМ за вмісту ДМ у кількості $q = 5$ мас.ч. Даний вміст наповнювача ($q = 5$ мас.ч.) зумовлює умови для формування матеріалу зі значною густиною просторової сітки.

Паралельно досліджували залежність модуля пружності при згинанні від вмісту ДМ (табл. 1). Встановлено, що при введенні ДМ за вмісту $q = 5 \dots 80$ мас.ч. спостерігали значне зростання модуля пружності від $E = 2,9$ ГПа (для епоксидної матриці) до $E = 3,0 \dots 3,9$ ГПа, причому це добре узгоджується із результатами дослідження руйнівних напружень при згинанні КМ. Введення наповнювача за вмісту $q = 80$ мас.ч. сприяє максимальному підвищенню модуля пружності до $E = 3,9$ ГПа. Такі результати можна пояснити тим, що при структуроутворенні композитів відбувається перерозподіл міжмолекулярних зв'язків у композиційній системі «олігомер – наповнювач – твердник» та утворюються фізичні зв'язки у структурній сітці внаслідок взаємодії сегментів олігомеру з активними центрами на поверхні часток дисперсного наповнювача.

Висновки. За результатами проведених досліджень композитних матеріалів встановлено критичний вміст дисперсних часток дисульфиду молібдену ($d = 7 \dots 10$ мкм) при формуванні матеріалів з підвищеними експлуатаційними характеристиками.

Доведено, що для формування композитів з поліпшеними фізико-механічними властивостями необхідно у епоксидний олігомер ЕД-20 (100 мас.ч.) вводити наповнювач дисульфід молібдену за вмісту $q = 5 \dots 15$ мас.ч. У такому випадку формується матеріал з наступними властивостями: руйнівні напруження при згинанні $\sigma_{32} = 35,6 \dots 39,4$ МПа, модуль пружності при згинанні – $E = 2,9 \dots 3,2$ ГПа. Водночас, слід зазначити, що введення часток у кількості $q = 60 \dots 80$ мас.ч. є доцільним у випадку критичних умов експлуатації матеріалів, зокрема, під впливом динамічних навантажень в умовах тертя і одночасного впливу агресивних середовищ. Такі дослідження заплановано провести авторами у майбутньому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Стухляк П.Д. Епоксикомпозитні матеріали, модифіковані ультрафіолетовим опроміненням: монографія / П.Д.Стухляк, А.В.Букетов. – Тернопіль: Збруч, 2009. – 237 с.
2. Букетов А.В. Епоксидні нанокompозити: монографія / А. В. Букетов, О.О. Сапронов, В.Л. Алексенко. – Херсон : ХДМА, 2015. – 184 с.
3. Липатов Ю.С. Межфазные явления в полимерах,- К.: Наукова думка, 1980. – 260с.
4. Буря А.И. Новые полимерные композиты в узлах трения железнодорожного транспорта / Буря А.И., Дудин В.Ю., Чукаловский П.А. // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Техн. науки. Серія : Транспорт. – 2004. – № 8. – С. 184–189.

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ R23/R744 И R41/R744 И ИХ ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ КАК ХЛАДАГЕНТОВ

Вассерман А.А., Мальчевский В.П.

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Бинарные смеси альтернативных хладагентов R23 и R41 с диоксидом углерода R744 – перспективные рабочие тела холодильных установок. Температуры затвердевания этих смесей ниже, чем у чистого диоксида углерода, потенциал глобального потепления смеси R23/R744 меньше, чем у R23, а смесь R41/R744 не воспламеняется (в отличие от R41). На основании экспериментальных p, ρ, T, x - данных нами были составлены уравнения состояния указанных смесей [1], по которым рассчитаны их термодинамические свойства. Данные о свойствах позволили оценить эффективность указанных смесей как хладагентов.

В настоящее время осуществляется поиск новых рабочих тел холодильных установок. Поэтому оценка эффективности смесей R23/R744 и R41/R744 как хладагентов является актуальной задачей.

Была поставлена задача рассчитать термодинамические свойства смесей R23/R744 и R41/R744 в характерных точках циклов холодильных установок с целью последующего определения основных данных этих смесей как хладагентов. Для расчёта свойств использованы уравнения состояния [1], составленные по методике, предложенной Леммоном [2], в форме

$$A = A^{id} + A^E, \quad (1)$$

где A и A^{id} — свободные энергии Гельмгольца реальной и идеальной смеси, A^E — добавка к энергии Гельмгольца от смешения.

Величины A^{id} и A^E для бинарной смеси рассчитывают по выражениям:

$$A^{id} = \sum_{k=1}^2 x_k \left[A_k^0(\omega, \tau) + A_k^r(\omega, \tau) + RT \ln x_k \right], \quad (2)$$

$$\frac{A^E}{RT} = \alpha^E(\omega, \tau, x) = x_1 x_2 \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=0}^r a_{ij} \omega^i \tau^{-j} + \exp(-\omega^2) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^s b_{ij} \omega^i \tau^{-j} \right], \quad (3)$$

где A_k^0 и A_k^r — идеально-газовая и реально-газовая части свободной энергии Гельмгольца компонента k , x_k — мольные доли компонентов, a_{ij} и b_{ij} — коэффициенты функции взаимодействия (3), $\omega = v_c/v$ и $\tau = T/T_c$ — приведенные плотность и температура смеси.

Величины v_c и T_c — это критические значения удельного объема и температуры смеси, рассчитываемые на базе так называемой линейной модели:

$$v_c = x_1 v_{c1} + x_2 v_{c2}, \quad (4)$$

$$T_c = x_1 T_{c1} + x_2 T_{c2}, \quad (5)$$

где v_{c1} , v_{c2} , T_{c1} , T_{c2} — критические значения удельного объема и температуры компонентов смеси.

Полученные уравнения состояния смесей введены в автоматизированную информационную систему [3] для расчета термодинамических свойств веществ, разработанную в Одесском национальном морском университете. Кроме исследуемых смесей, данная система позволяет определять свойства ряда веществ, в том числе хладагентов R22, R32, R125, R134a, R143a, R290, R717, R729, R744 и смесей R32/R125, R125/R290 и R134a/R290 при 12 комбинациях независимых переменных.

При использовании смеси в качестве хладагента желательно, чтобы она была азеотропной. Поэтому с помощью полученных уравнений состояния была определена разность температур ΔT насыщенных пара и жидкости на изобарах для четырёх составов

смесей R23/R744 и R41/R744 (0,2; 0,4; 0,6 и 0,8 мольные доли первого компонента) в интервале давлений от 0,1 до 5 МПа. В результате этих расчётов было выявлено, что данные смеси не являются азеотропными. Однако, температуры насыщенных пара и жидкости для них близки: их разность не превышает 1,3 К для первой смеси и 1,8 К для второй.

Это позволяет сделать вывод, что обе смеси могут быть пригодны в качестве хладагента в широком интервале значений состава. В качестве примера на рис. 1 показана зависимость разности температур насыщенных пара и жидкости ΔT на изобарах от давления и средней на изобаре температуры $T_{ср}$ для смеси R23/R744.

Холодильные установки, использующие альтернативные хладагенты, по своей энергетической эффективности должны, по меньшей мере, не уступать прежним, а желательно превосходить их. Для оценки эффективности новых хладагентов и их смесей нами разработана программа расчёта циклов пароконденсаторных холодильных установок [4] с помощью автоматизированной информационной системы [3]. Программа обеспечивает определение термодинамических свойств хладагента в характерных точках цикла, удельной массовой и объёмной холодопроизводительности q_0 и q_{0v} , удельной работы $l_{ц}$ и холодильного коэффициента ϵ .

Программа предусматривает ввод наименования хладагента (либо смеси) и значений температур испарения и конденсации. Для неазеотропных смесей в качестве таких температур принимаются температуры в конце указанных процессов, и по ним определяются соответствующие значения давления. Далее рассчитываются свойства в характерных точках цикла по уравнениям состояния. Свойства в однофазной области определяются при независимых переменных p, t ; p, h либо p, s , а свойства насыщенных пара и жидкости и влажного пара — при переменных p, x . На заключительном этапе рассчитываются характеристики цикла: $q_0, q_{0v}, l_{ц}$ и ϵ .

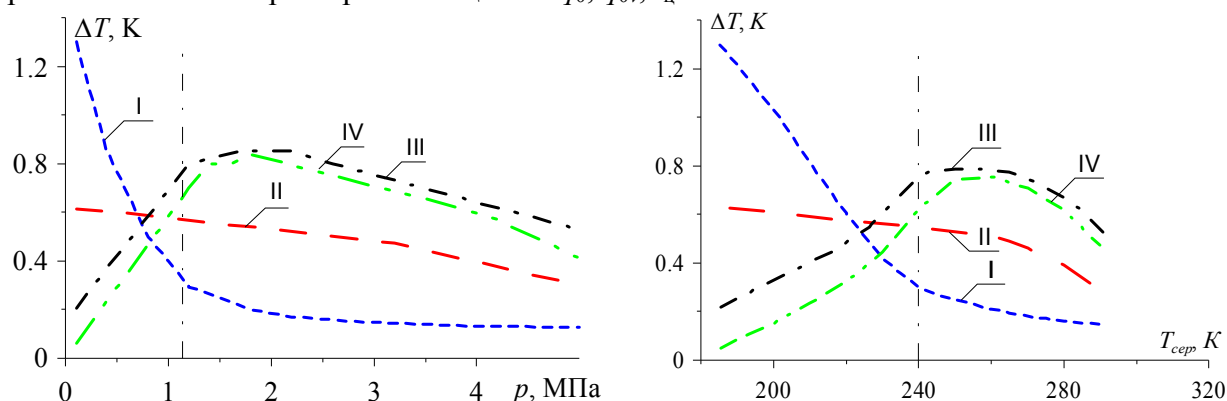


Рисунок 1 – Зависимость разности температур насыщенных пара и жидкости ΔT на изобарах от давления и средней на изобаре температуры $T_{ср}$ для смеси R23/R744: I, II, III, IV – для составов 0,2; 0,4; 0,6 и 0,8 мольной доли R23

С помощью программы [4] рассчитаны значения холодильного коэффициента ϵ цикла одноступенчатой холодильной установки с регенеративным теплообменом при $t_{кип} = -40 \div -20$ °С, $t_{конд} = 5 \div 25$ °С и $\Delta t_{ж} = 5$ °С при работе на смесях R23/R744 и R41/R744 четырёх составов, а также на их компонентах. При сравнении смесей с одинаковой мольной долей диоксида углерода установлено, что вторая смесь на 2÷38 % превосходит первую по энергетической эффективности. Различия между значениями холодильного коэффициента сравниваемых смесей возрастают с уменьшением содержания CO₂.

Также рассчитаны значения удельной объёмной холодопроизводительности q_{0v} смесей R23/R744 и R41/R744 четырёх составов и их компонентов при условиях, указанных выше. Объёмная холодопроизводительность первой смеси при температурах $t_{конд} = 5 \div 15$ °С больше, чем второй, а при более высоких температурах меньше (при одинаковом содержании диоксида углерода). Значения q_{0v} смесей являются промежуточными по сравнению с соответствующими значениями для компонентов.

В качестве примера на рис. 2 изображены графики зависимости значений ε и q_{0v} для смеси R41/R744 четырёх составов и чистых компонентов от температуры кипения при температуре конденсации $t_{\text{конд}} = 15^\circ\text{C}$.

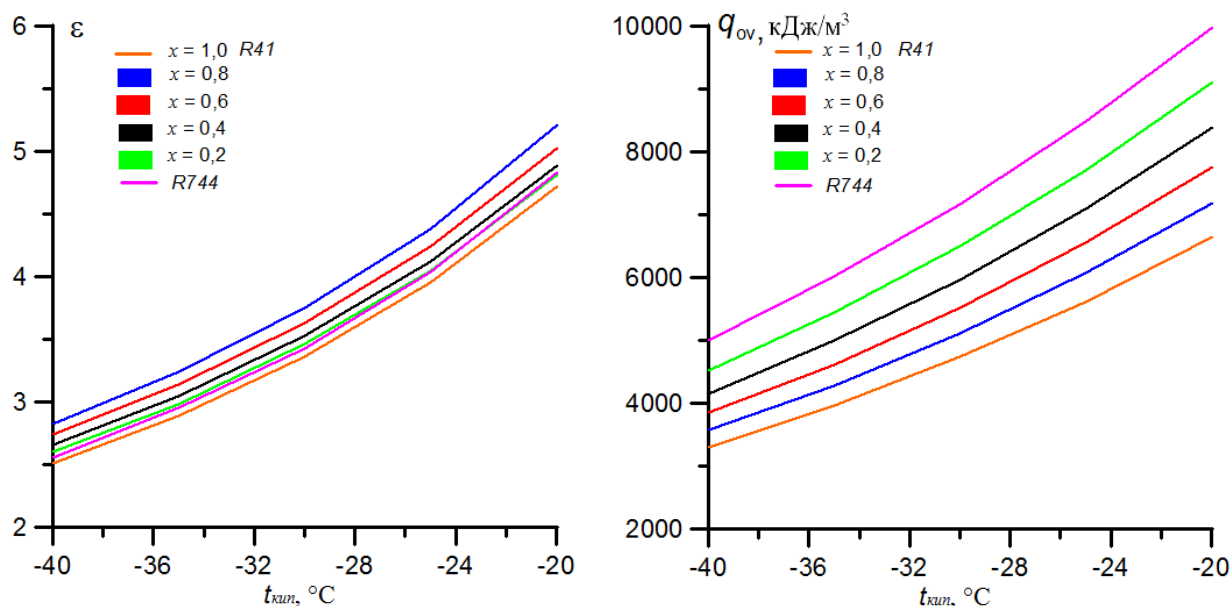


Рисунок 2 – Значения ε и q_{0v} для смеси R41/R744 и её компонентов в зависимости от температуры кипения при температуре конденсации $t_{\text{конд}} = 15^\circ\text{C}$

Выводы. Анализ термодинамического поведения смесей R23/R744 и R41/R744 в состоянии насыщения показал, что обе смеси не являются азеотропными. Однако разность температур насыщенных пара и жидкости на изобарах ΔT этих смесей не превышает 1,8 К во всём диапазоне составов. Это свидетельствует о возможности использования указанных смесей в качестве хладагентов.

При сравнении смесей с одинаковой мольной долей диоксида углерода установлено, что вторая смесь на 2÷38 % превосходит первую по значениям холодильного коэффициента, причём различия возрастают с уменьшением содержания CO_2 . Объёмная холодопроизводительность первой смеси при температурах $t_{\text{конд}} = 5\div 15^\circ\text{C}$ больше, чем второй, а при более высоких температурах меньше. Значения q_{0v} смесей являются промежуточными по сравнению со значениями для компонентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Суміші озонобезпечних та природних холодагентів R125/R290, R134a/R290, R23/R744 і R41/R744. Рівняння стану і таблиці термодинамічних властивостей (СДД 12–2010). – Київ: Держспоживстандарт України, 2012. – 93 с.
2. Lemmon E. W., Jacobsen R. T. A generalized model for the thermodynamic properties of mixtures // Int. J. of Thermophys. – 1999. – V. 20. No. 3. – P. 825-836.
3. Вассерман А.А., Мальчевский В.П. Система для расчёта теплофизических свойств криогенных веществ и альтернативных хладагентов // Технические газы. – 2007. – №5. – С. 57-63.
4. Вассерман А.А., Мальчевский В.П. Программа для расчёта термодинамических циклов холодильных установок и выбора компрессоров // Вісник Одеського національного морського університету. – 2008. – Вип. 25. – С. 157-165.

СТАТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ПРИВОД-ГЕНЕРАТОР

Вороненко С.В., Блах І.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. В зависимости от типа привода судовые электроэнергетические агрегаты разделяются на следующие виды:

- дизель-генераторы, для которых в качестве привода применяются средне- и высокооборотные двигатели внутреннего сгорания;
- паровые турбогенераторы, приводом которых служат паровые турбины;
- газотурбогенераторы, в качестве привода в которых используют газотурбинные двигатели или турбины систем утилизации тепла.

Актуальность исследований. В судовых электроэнергетических системах процессы регулирования частоты и напряжения взаимосвязаны и в общем случае эти системы рассматриваются как двумерные объекты регулирования. При этом, одним из основных вопросов обеспечения требуемого качества электроэнергии является устойчивость систем привод-генератор при различных возмущающих воздействиях.

Уравнение системы привод-генератор в общем виде можно записать следующим образом:

$$M_n = M_g + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (1)$$

где M_n – момент, развиваемый приводом; M_g – момент, создаваемый генератором; J – момент инерции вращающихся частей привода и генератора; ω – угловая скорость вала.

Уравнение (1) в приращениях имеет вид

$$\Delta M_n = \Delta M_g + J \frac{d\Delta\omega}{dt}. \quad (2)$$

Момент, развиваемый приводом и создаваемый генератором, является функцией двух параметров. Момент, развиваемый приводом, является функцией частоты вращения и управляемого параметра, на который воздействует управляющее звено стабилизатора частоты вращения, как например: у гидропередачи – положение наклонной шайбы, у турбины – положение соплового аппарата, ли дроссельной заслонки; у газовой турбины – положение соплового аппарата или органа, дозирующего подачу топлива:

$$M_n = f(\omega, \gamma).$$

Момент на валу генератора является функцией частоты вращения и мощности:

$$M_g = \varphi(\omega, P_g).$$

Поэтому значения ΔM_n и ΔM_g запишутся как

$$\Delta M_n = \left(\frac{\partial M_n}{\partial \omega} \right)_{\frac{\gamma_0}{\omega_0}} \Delta \omega + \left(\frac{\partial M_n}{\partial \gamma} \right)_{\frac{\omega_0}{\gamma_0}} \Delta \gamma; \quad (3)$$

$$M_g = \left(\frac{\partial M_g}{\partial \omega} \right)_{\frac{P_{g0}}{\omega_0}} \Delta \omega + \left(\frac{\partial M_g}{\partial P_g} \right)_{\frac{\omega_0}{P_{g0}}} \Delta P_g. \quad (4)$$

Подставив (3) и (4) в (2), получим

$$J \frac{d\Delta\omega}{dt} + \left[\left(\frac{\partial M_g}{\partial \omega} \right)_{\frac{P_{g0}}{\omega_0}} - \left(\frac{\partial M_n}{\partial \omega} \right)_{\frac{\gamma_0}{\omega_0}} \right] \Delta \omega = \left(\frac{\partial M_n}{\partial \gamma} \right)_{\frac{\omega_0}{\gamma_0}} \Delta \gamma - \left(\frac{\partial M_g}{\partial P_g} \right)_{\frac{\omega_0}{P_{g0}}} \Delta P_g. \quad (5)$$

Поделив приращения моментов на равновесное значение момента M_0 , получим уравнение в безразмерных относительных перемещениях

$$J \frac{\omega_0}{M_0} \cdot \frac{d \frac{\Delta \omega}{\omega_0}}{dt} + \frac{\omega_0}{M_0} \left[\left(\frac{\partial M_z}{\partial \omega} \right)_{\frac{P_{z0}}{\omega_0}} - \left(\frac{\partial M_n}{\partial \omega} \right)_{\frac{\gamma_0}{\omega_0}} \right] \frac{\Delta \omega}{\omega_0} =$$

$$= \frac{\gamma_0}{M_0} \left(\frac{\partial M_n}{\partial \gamma} \right)_{\frac{\omega_0}{\gamma_0}} \frac{\Delta \gamma}{\gamma_0} - \frac{P_{z0}}{M_0} \left(\frac{\partial M_z}{\partial P_z} \right)_{\frac{\omega_0}{P_{z0}}} \frac{\Delta P_z}{P_{z0}},$$
(6)

где ω_0 , γ_0 , P_{z0} – равновесные значения угловой скорости, управляемого параметра и электромагнитной мощности.

Принимая обозначения:

$T_c = \frac{J \omega_0}{M_0}$ – механическая постоянная времени системы привод-генератор;

$\bar{\omega} = \frac{\Delta \omega}{\omega_0}$ – относительное приращение угловой скорости;

$\bar{Y}_y = \frac{\Delta \gamma}{\gamma_0}$ – относительное изменение управляющего параметра (перемещение цилиндра);

$R = \frac{\omega_0}{M_0} \left[\left(\frac{\partial M_z}{\partial \omega} \right)_{\frac{P_{z0}}{\omega_0}} - \left(\frac{\partial M_n}{\partial \omega} \right)_{\frac{\gamma_0}{\omega_0}} \right]$ – коэффициент самовыравнивания системы;

$N = \frac{\gamma_0}{M_0} \left[\left(\frac{\partial M_n}{\partial \gamma} \right)_{\frac{\omega_0}{\gamma_0}} \right]$ – коэффициент управляющего параметра;

$P = \frac{\Delta P_z}{P_{z0}}$ – относительное приращение мощности генератора.

Уравнение (6) запишется следующим образом:

$$T_c \frac{d\bar{\omega}}{dt} + R\bar{\omega} = N\bar{Y}_y - P.$$
(7)

Значение $\frac{P_{z0}}{M_0} \frac{\partial M_z}{\partial P} = 1$, если принять зависимость $P_z = f(M_z)$ линейной.

Статическая устойчивость системы, описываемой уравнением (7), характеризуется коэффициентом самовыравнивания R . Система статически устойчива при $R > 0$. Знак коэффициента R определяется разностью производных $\left(\frac{\partial M_z}{\partial \omega} \right)_{\frac{P_{z0}}{\omega_0}} - \left(\frac{\partial M_n}{\partial \omega} \right)_{\frac{\gamma_0}{\omega_0}}$, которые в свою очередь, зависят от жесткости механических характеристик $M = f(\omega)$.

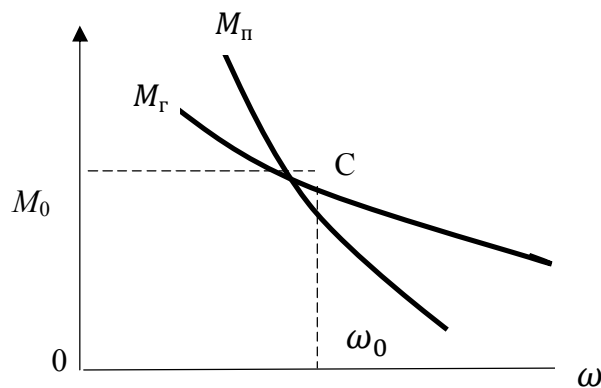


Рисунок 1 – Механические характеристики привода M_n и генератора M_r

На рис. 1 состояние равновесия системы соответствует координатам точки C , в которой пересекаются кривые $M_{\text{п}}$ и $M_{\text{г}}$. Если по каким-либо причинам угловая скорость системы возрастет на величину $\Delta\omega$, то момент привода станет меньше момента генератора и привод будет тормозиться до тех пор, пока его частота вращения не станет равной ω_0 . При уменьшении ω момент привода будет больше момента генератора и его угловая скорость начнет повышаться до величины, соответствующей положению равновесия.

Если поменять местами характеристики $M_{\text{п}}$ и $M_{\text{г}}$, то величина коэффициента самовыравнивания R будет отрицательной. В этом случае любое отклонение угловой скорости генератора от равновесного состояния приводит к нарушению устойчивости работы системы регулирования частоты.

Вывод. Для обеспечения динамической устойчивости системы генератор-привод расчет механических характеристик генератора при различных нагрузках необходимо проводить таким образом, чтобы коэффициент самовыравнивания при различных режимах работы был положительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пипченко А.Н. и др. Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления. – Одесса: ТЭС. – 2009. – 372 с.
2. Корнилов Э.В., Бойко П.В., Танасов Е.Н. Дизель-электрические агрегаты с приводом ВОД. – Одесса, 2009. – 224 с.
3. Корнилов Э.В., Бойко П.В. Системы газотурбинного наддува судовых дизелей. – Одесса: студия «Негоциант», 2006. – 224 с.
4. Зонтов В.М., Куприн Б.В. Системы электроснабжения летательных аппаратов. Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1988. – 390 с.

СОВРЕМЕННЫЕ СУДОВЫЕ БАТАРЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРОПУЛЬСИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Глазева О.В., Власов В.Б.

Национальный университет «Одесская морская академия»
(Украина)

Введение. Массовое применение литий-ионных технологий в альтернативной и морской энергетике, несмотря на явные технические преимущества, только начинается. До недавнего времени в автономных системах электроснабжения использовались в основном свинцово-кислотные аккумуляторы – как из-за более высокой стоимости их литий-ионных аналогов, так и из-за технологического несовершенства последних (батареи большой мощности были склонны к возгоранию). И лишь относительно недавно появились литий-ионные аккумуляторы третьего поколения, сочетающие большую мощность с безопасностью, которые и стали использовать в качестве накопителей энергии.

Актуальность исследований. Ужесточение требований по охране окружающей среды: предстоящий переход на более дорогие сорта топлива с низким содержанием серы, уменьшение вредных выбросов в атмосферу, снижение шумовых характеристик судов в определенных районах плавания, выделение отдельных районов судоходства и портов, где исключается работа судовых дизелей, вызвало необходимость поиска альтернативных источников энергии, отвечающих возросшим требованиям морского и экологического законодательства.

Это заставило критически переосмыслить опыт использования литий-ионных аккумуляторов и батарей в других отраслях индустрии, убедиться в безопасности их эксплуатации и совершенствовании технологии их изготовления и получить одобрения ведущих Классификационных обществ. Таким образом, литий-ионные аккумуляторные батареи все более широко внедряются в судовую энергетику.

Постановка задачи. В работе поставлена задача провести обзор существующих современных батарейных систем, их компоновки, режимов работы и выработать критерии оценки и рекомендации по применению батарейных систем в судовых пропульсивных комплексах.

Важной особенностью батарейных систем является их возможность подзаряжаться от систем отбора тепла, регенерации от судовых кранов в режимах торможения, от гребного вала, а также от возобновляемых источников энергии. Батарейные системы являются также необходимым компонентом в системах водородных топливных элементов.

Вариант современной литий-ионной батарейной системы, одобренный классификационным обществом DNV, проиллюстрирован на блок-диаграмме (рис. 1). Здесь также представлены главные и вспомогательные компоненты современной судовой гибридной электропропульсивной установки.

Рассмотрим основные компоненты судовой батарейной системы (табл. 1).

Эксплуатационные режимы как судовой пропульсивной установки, так и батарейных систем различны (табл. 2). Примером типовых эксплуатационных нагрузок пропульсивной установки являются: динамическое позиционирование, проход с малой скоростью узкостей или мелководий, швартовные операции с резко отличающимися друг от друга нагрузками на силовую установку, ходовой режим, буксировка и др.

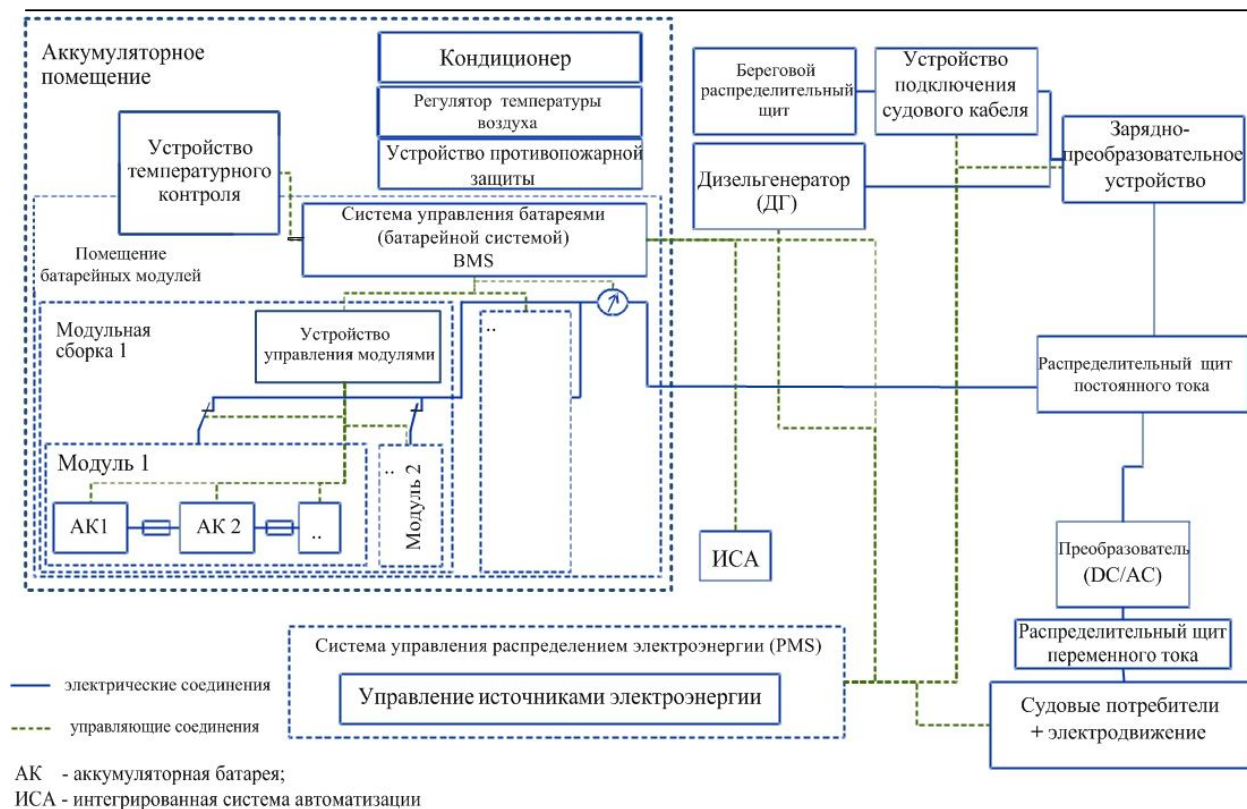


Рисунок 1 – Блок-диаграмма современной судовой батарейной системы

Таблица 1 – Перечень основных компонентов и подсистем для судовой батарейной системы

| Общие компоненты батарейных систем | Судно, оборудованное только батарейным питанием | Судно с гибридной системой питания |
|---|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – Система управления батареями (BMS) – Электрические соединения внутри батарейной системы – Система управления распределением электроэнергии (PMS). – Силовая электроника (зарядные устройства, преобразователи) – Электрическая система распределения на судне. Распределительный щит – Системы управления температурой – Помещение батарейных модулей – Система вентиляции батарейных помещений – Системы противопожарной защиты и пожаротушения в батарейных помещениях – Система электродвижения | <ul style="list-style-type: none"> – Подключение к береговому питанию – Подключение к береговой системе распределения – Зарядно-преобразовательное устройство | <ul style="list-style-type: none"> – Дизель-генератор – Подключение к береговому питанию – Подключение к береговой системе распределения – Зарядное устройство |

Таблица 2 – Эксплуатационные режимы батарейной системы и судна в целом

| <i>Батарейная система</i> | <i>Система(ы) судна</i> |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Контакторы отключено/включено в режиме проверки • Проверка отключения, мониторинг и ввод в действие (пуск) • Отключение, мониторинг, балансировка • Батарея в ждущем режиме • Заряд батареи • Разряд батареи | <ul style="list-style-type: none"> • Ввод в действие (оживление судна) • Полное управление в режиме электрохода • Гибридное управление • Отключение систем для регламентного обслуживания • Пришвартовка – разряд • Пришвартовка – заряд • Режим ожидания • Перестой: межэксплуатационная стоянка судна |

Результаты исследований. Прорыв в аккумуляторных технологиях дает все основания ожидать значительного сдвига во внедрении надежных чисто электрических и гибридных электрических систем морского применения. Наиболее привлекательным и целесообразным является использование таких систем на паромов, офшорных судах, танкерах-шаттлах, судах, на которых уже имеются штатные генераторы для электродвижения, буксирах, судах прибрежного плавания с большим диапазоном изменения нагрузок на силовую установку.

Приведем функциональные схемы чисто электрических и гибридных пропульсивных систем. На рис. 2 приведена блок-схема электрического пропульсивного комплекса, отвечающего современным экологическим стандартам. Основной принцип данной системы с аккумуляторной батареей (АБ) крайне прост: гребной электродвигатель приводится в действие от АБ, которая может подзарядиться от береговой сети (при стоянке судна) или от судового возобновляемого источника электроэнергии (солнечных элементов или ветряных турбин).

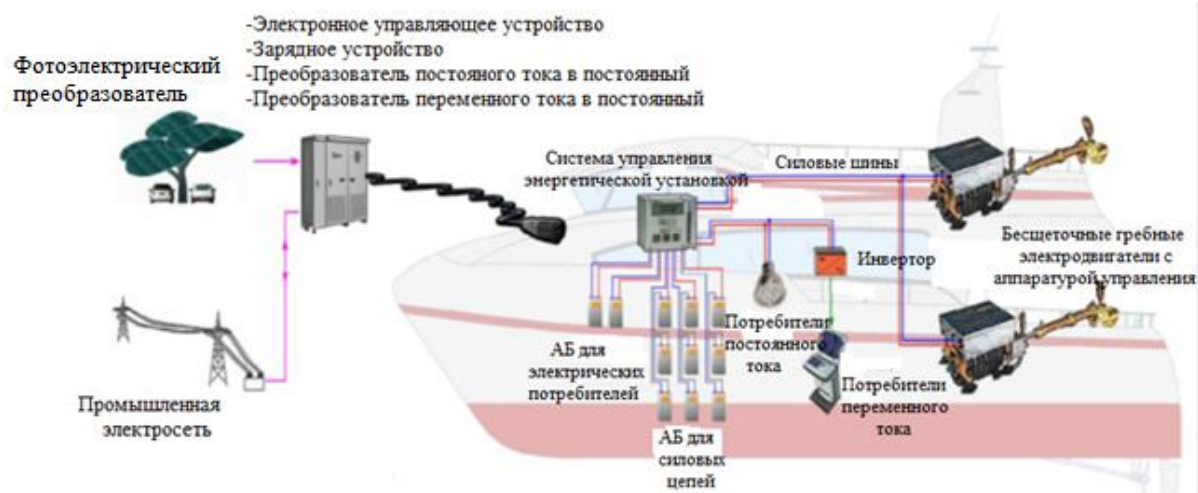


Рисунок 2 – Блок-схема электрического пропульсивного комплекса

Электропропульсивные системы гибридного типа включают в себя двигатель внутреннего сгорания (ДВС), генератор, устройство накопления электрической энергии и гребной электродвигатель (ГЭД).

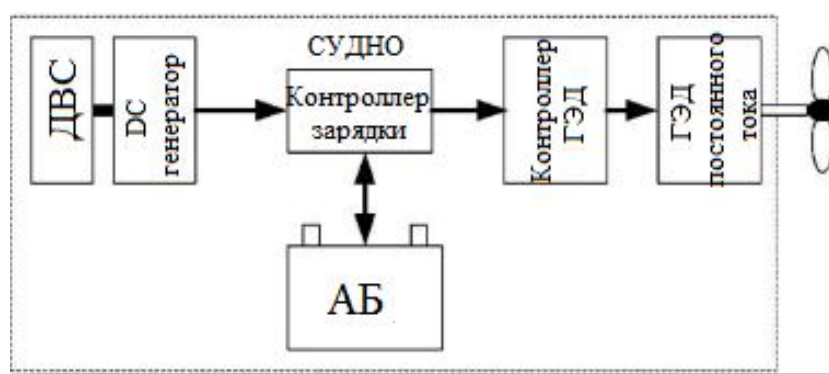
При значительных нагрузках движение судна обеспечивает ДВС, работающий при этом и на подзаряд батарейной системы, которая может обеспечивать электроснабжение на менее напряженных режимах нагрузки: электродвижение на малых скоростях, электрическое освещение, питание электронных устройств и других «отельных» потребителей.

В настоящее время используют гибридные системы, построенные по следующим принципам.

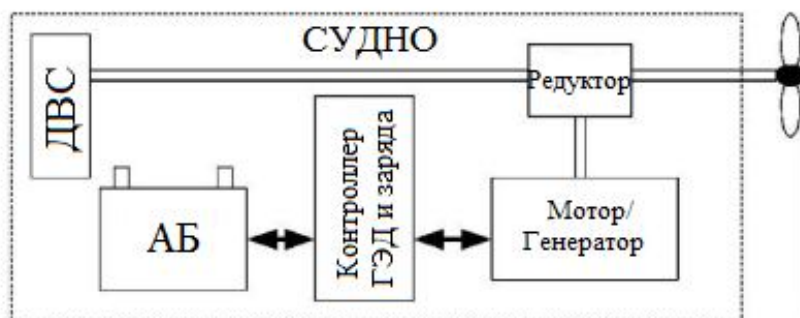
Последовательная морская гибридная система (рис. 3, а): привод винта обеспечивает ДВС в режимах его наибольших КПД. При остановленном по каким-либо причинам ДВС, привод винта обеспечивается от АБ.

В последовательной гибридной системе электрический двигатель работает непосредственно на винт, получая электрическую энергию или от АБ или от генератора, приводимого в действие ДВС. Это позволяет обеспечить движение судна, даже если АБ разряжена.

Параллельная морская гибридная система (рис. 3, б) добавляет или отбирает мощность от гребного вала, обеспечивая работу ДВС с наибольшим КПД. При остановленном ДВС привод винта может осуществляться от АБ. Привод гребного винта может обеспечиваться как от ДВС, так и от ГЭД. Мотор/генератор может и приводить в движение гребной винт от АБ или используется для заряда АБ.



(а)



(б)

Рисунок 3 – Последовательная (а) и параллельная (б) гибридные системы

Применяется также третий вид системы – комбинация последовательной и параллельных систем. Обычно, при малых нагрузках, ДВС останавливают, и судно обеспечивается электрической энергией от АБ, в том числе для привода гребного винта. АБ могут быть заряжены от берегового источника, возобновляемых источников энергии или от ДВС, вращающего гребной винт на ходу судна.

Сопоставление систем позволяет выделить ключевые параметры для оценки эксплуатационных характеристик батарейных систем и их безопасной работы в различных режимах (табл. 3).

Таблиця 3 – Параметри для оцінки батарейних систем

| <i>Общие параметры системы</i> | <i>Режим электрохода</i> | <i>Гибридная система: батарея / двигатель внутреннего сгорания</i> |
|--|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Степень заряда • Диапазон напряжения • Тип электролита • Диапазон температур • Требования к мощности • Энергоемкость • Напряжение на распределительном щите постоянного тока • Рекомендуемые максимальные режимы заряда и разряда • Предполагаемый срок эксплуатации • Размер и вес батарейных систем • Система управления температурой: тип и емкость • Применение систем диагностики и параметры, подлежащие диагностике. | <ul style="list-style-type: none"> • Характеристики берегового питания • Ударный ток короткого замыкания автоматического выключателя | <ul style="list-style-type: none"> • Характеристики берегового питания • Ударный ток короткого замыкания автоматического выключателя при полной нагрузке батареи • Типоразмер дизеля |

Выводы. Литий-ионные накопители электрической энергии уверенно становятся эффективной альтернативой традиционным источникам питания судовых энергетических систем. Успехи в батарейных инновациях приведут к дальнейшему внедрению электропропульсивных систем на морских судах. Важной задачей надежной и долговременной работы АКБ является выбор систем управления батарейными системами (BMS) в соответствии с назначением и режимами работы судовой пропульсивной установки, выбор рационального сочетания емкости и стоимости АБ с BMS.

ЛИТЕРАТУРА

1. DNV GL – 10/03/2014 No. 2013-1632, Rev. V1.0 – www.dnvgl.com.
2. Reprinted with Permission from the August 2015 edition of Maritime Reporter – www.marinelink.com.
3. Nova Scotia Boatbuilders Association Review of All-Electric and Hybrid-Electric Propulsion Technology for Small Vessels March 2015.
4. www.corvus-energy.com
5. Fundamental and application of Li-ion Batteries in Electric Drive, 2015.
6. Nanomaterials for Lithium-Ion Batteries: Fundamentals and Applications copyright © 2014, под редакцией Rachid Yazami.
7. Материалы международного специализированного журнала SAFT INTERNATIONAL MAGAZINE №№ 22,23.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА НА ПОВЕРХНОСТИ КОМПАКТНЫХ ПОПЕРЕЧНО ОБТЕКАЕМЫХ ГЛАДКОТРУБНЫХ ПУЧКОВ

Горобец В.Г.

Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины
(Украина, г. Киев),

Богдан Ю.А.,

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

Троханяк В.И.

Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины
(Украина, г. Киев)

Введение. Пучки труб являются весьма важной теплообменной поверхностью и широко применяются в судовой энергетике во многих теплообменных аппаратах (ТА). Пучок представляет собой конструкцию, составленную из параллельных цилиндрических трубок продольно или поперечно омываемых потоком теплоносителя, обычно их выполняют в коридорной или шахматной компоновке. Широкое применение пучков требует дальнейшего повышения их эффективности путем их оптимальной компоновки, что целесообразно на современном этапе развития науки осуществлять при помощи моделирования процессов гидродинамики и теплопереноса, протекающих в них с помощью специального программного обеспечения (CFX, Flowvision, OpenFOAM, ANSYS Fluent и др.).

Актуальность исследований. В настоящее время значительное распространение получили высококомпактные пучки из поперечно-омываемых труб с развитой поверхностью [1]. Наряду с высококомпактными пучками с развитой поверхностью теплообмена, отличающимися существенным развитием поверхности и сложностью рельефа, широко применяются (и в ряде случаев являются единственно приемлемыми) традиционные гладкотрубные пучки. Особенно актуальна задача интенсификации конвективного теплообмена в поперечно обтекаемых пучках гладких цилиндрических трубок с коридорной компоновкой при использовании высокотемпературных загрязненных газовых потоков, когда нерационально или невозможно использовать оребрение поверхности или пристенные интенсификаторы теплообмена.

Совершенствование трубных конвективных поверхностей теплообмена связано с поиском компактных схем расположения трубок пучка в поперечном потоке, а также наиболее энергетически выгодных условий их обтекания, которые обеспечивают высокую интенсивность теплоотдачи для конкретных условий эксплуатации.

Одним из условий повышения их эффективности является достижение минимального газодинамического сопротивления, что является важной характеристикой трубного пучка. При этом особый интерес вызывают гладкотрубные пучки коридорной компоновки, в которых помимо снижения газодинамического сопротивления пучков необходимо также решать задачи повышения эффективности условий теплопереноса, интенсификации теплообмена, повышения компактности ТА, снижения загрязняющих отложений (сажи) в межтрубном пространстве пучка, повышения надежности конструкции и др.

Анализ исследований приведенных в [2, 3], показал, что мало изученными остаются процессы тепломассопереноса и гидродинамики в сжатых трубных пучках при отсутствии зазора между соседними трубками продольных рядов при поперечном обтекании их теплоносителем.

Исследования процессов гидродинамики и теплообмена при поперечном обтекании сжатых пучков гладких труб различной геометрии с коридорным их расположением были проведены в работах S. Aiba [4, 5].

Пронин В.А. [6], проводил исследования теплоаэродинамических процессов при поперечном обтекании гладких цилиндрических трубных пучков нетрадиционной компоновки с извилистым и конфузурно-диффузорным расположением, которые обладают пониженным аэродинамическим сопротивлением по сравнению с коридорными или шахматными компоновками.

Анализ имеющихся научных исследований по повышению эффективности гладкотрубных пучков коридорной компоновки, которые обладают минимальным аэродинамическим сопротивлением, показывает, что особого внимания заслуживают предельно сжатые пучки с соприкасающимися в продольных рядах соседними трубками малого диаметра. Влияние геометрии таких пучков на их эффективность, компактность и массогабаритные показатели приведены в статье [7]. Важную роль при изучении физического механизма теплоотдачи пучков при поперечном их обтекании с компактным расположением трубок играют исследования локальной теплоотдачи по поверхности отдельных трубок, что позволяет выбрать оптимальную геометрию таких пучков. В данной работе проведены исследования, посвященные указанным выше вопросам.

Постановка задачи. Провести компьютерное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена, которые протекают в каналах компактного гладкотрубного пучка с соприкасающимися в продольных рядах соседними трубками малого диаметра. Получить локальные распределения коэффициентов теплоотдачи по окружности трубок 1-4-го рядов. Геометрия исследуемого канала пучков труб с компактным расположением приведена на рис. 1, где диаметр трубок $d = 10$ мм, поперечный шаг $S_1 = 15$ мм, продольный шаг $S_2 = 10$ мм. Количество труб в пучках составляет 378 штук (высота пучка $h = 1$ м), причем отдельные секции пучка разделены между собой технологическим зазором (см. рис. 1).

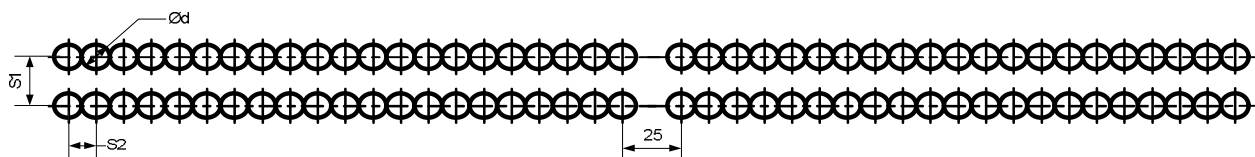


Рисунок 1 – Геометрия канала пучка труб

Результаты исследований. Компьютерное моделирование гидродинамических процессов и процессов переноса теплоты в пучках трубок, проведено с применением методов вычислительной гидродинамики (англ. Computational fluid dynamics, CFD) и использованием специального программного обеспечения.

Численные расчеты в исследуемых пучках труб ($a \times b = 1,5 \times 1,0$ где $a = S_1/d$, $b = S_2/d$ относительный поперечный и продольный шаг соответственно) проведены используя программный пакет ANSYS Fluent. Математическая модель включает в себя систему уравнений Навье-Стокса, уравнения конвективного переноса энергии и стандартную $k-\epsilon$ модель турбулентности. В качестве внешнего теплоносителя выбраны дымовые (отработанные) газы с температурой 140 °C. В расчетах принято, что число Рейнольдса равно $Re = Vd/\nu = 6044$ (V – скорость потока, м/с; d – диаметр трубки, м; ν – кинематическая вязкость, m^2/c), а число Прандтля равно $Pr = 0,692$. Результаты расчетов в виде аппроксимированных зависимостей локального распределения коэффициента теплоотдачи по окружности труб 1-4-го поперечных рядов для первой секции пучка приведены на рис. 2.

На рис. 3 приведен график аппроксимирующих полиномиальных функций для распределений относительного коэффициента теплоотдачи α_m/α_{cp} на поверхности первых

четырёх трубок исследуемого пучка с геометрией $a \times b = 1,5 \times 1,0$ и значением числа Рейнольдса и Прандтля $Re = 6044$; $Pr = 0,692$. Кроме того, для сравнения на рис. 3 приведены аппроксимирующая полиномиальная функция распределения относительного коэффициента теплоотдачи $\alpha_m/\alpha_{ср}$ на поверхности трубок 3-7-го рядов для пучков с коридорной компоновкой.

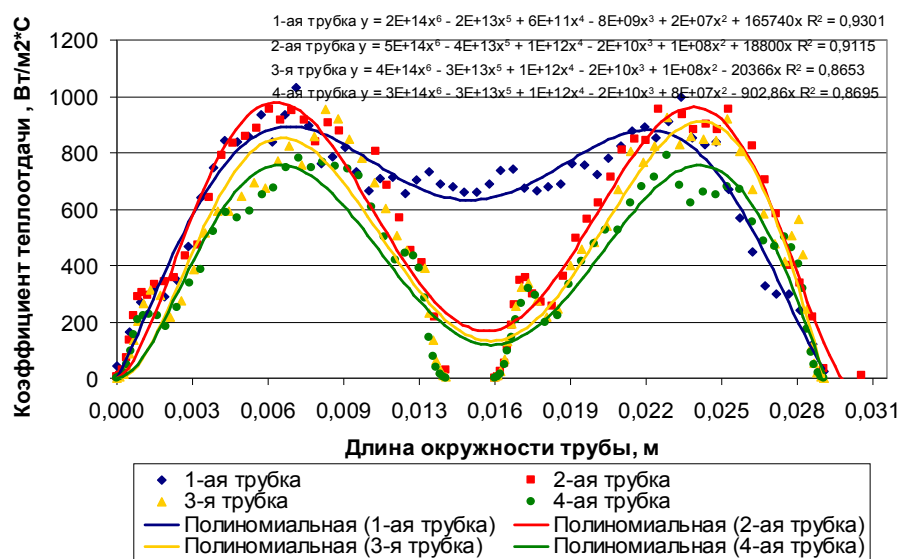


Рисунок 2 – Аппроксимирующие полиномиальные функции распределения локального коэффициента теплоотдачи α_m на поверхности первых четырех трубок продольного ряда исследуемого пучка $a \times b = 1,5 \times 1,0$ при $Re = 6044$; $Pr = 0,692$

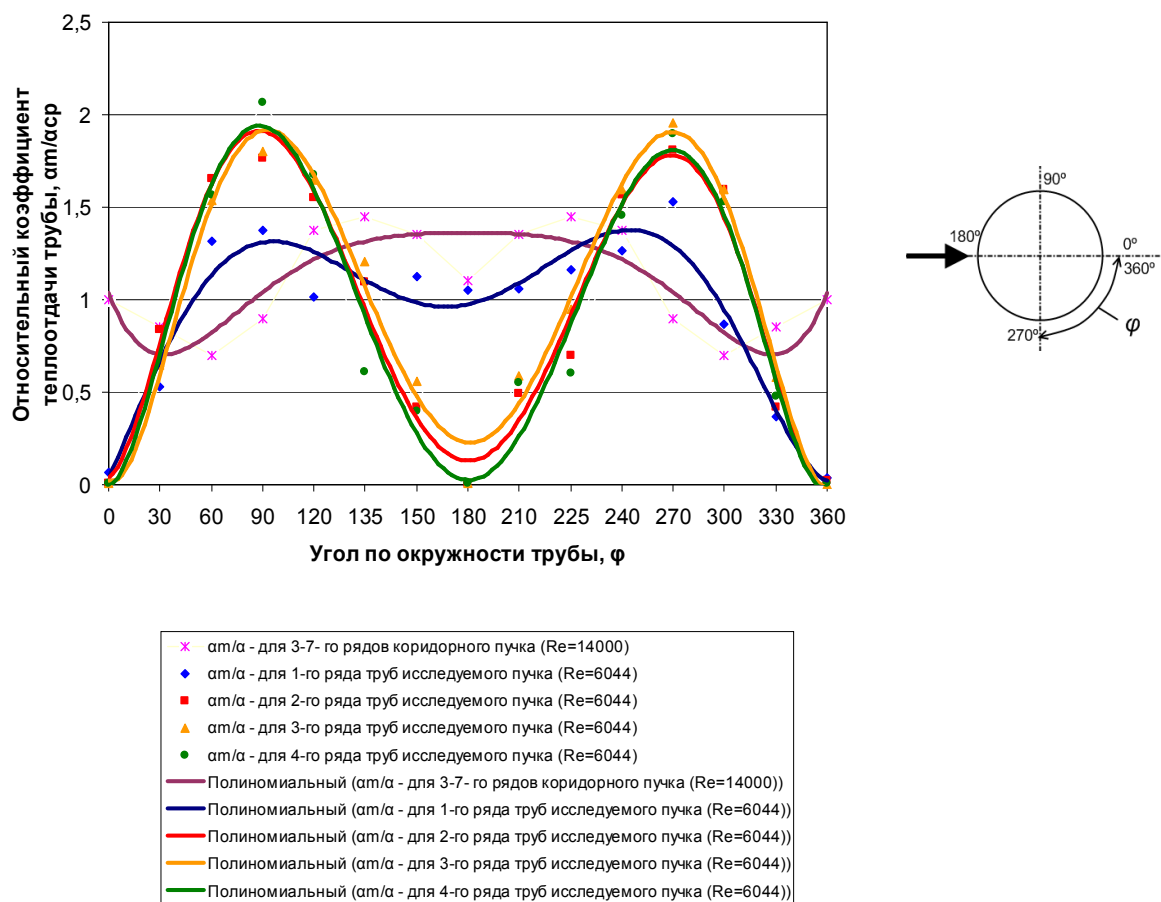


Рисунок 3 – Сравнительный график аппроксимирующих полиномиальных функций распределения относительного коэффициента теплоотдачи $\alpha_m/\alpha_{ср}$ на поверхности первых четырех трубок продольного ряда исследуемого пучка $a \times b = 1,5 \times 1,0$ при $Re = 6044$; $Pr = 0,692$ и аналогичные распределения $\alpha_m/\alpha_{ср}$ на поверхности труб 3-7-го рядов коридорного пучка при $Re = 14000$ [8]

Интенсификация теплообмена в разработанной конструкции пучка достигается путем использования трубок малого диаметра, что обеспечивает небольшие участки формирования пограничного слоя для присоединенных течений и малые размеры отрывных зон. Небольшая протяженность зон пограничного слоя в области присоединения внешнего потока дает возможность существенно увеличить как локальные значения коэффициента теплоотдачи, так и локальные тепловые потоки, отводимые с поверхности труб при сравнительно небольших отрывных зонах с ухудшенной теплоотдачей. Количество локальных максимумов и амплитуда коэффициента теплоотдачи по поверхности трубного пучка с компактной компоновкой существенно больше по сравнению с коридорными пучками с известными компоновками. В целом это приводит к повышению суммарных значений коэффициента теплоотдачи и отводимых с поверхности тепловых потоков. При этом аэродинамическое сопротивление для обоих типов пучков остается примерно одинаковым. Для исследуемых пучков α_m на участках присоединенного течения существенно больше α_m на участках отрывного течения. При этом максимальное значение относительного коэффициента теплоотдачи 2-4-го рядов труб α_m/α_{cp} на участках присоединенного течения (при $Re = 6044$) превышает на 0,46 (29 %) максимальное значение α_m/α_{cp} для 3-7-го рядов труб коридорного пучка (при $Re = 14000$). Причем у исследуемого пучка максимумов α_m/α_{cp} больше вдвое, что в конечном результате повышает интенсивность процесса теплообмена. Эта идея конструктивно обеспечивается «гофрированностью» канала, то есть последовательным чередованием участков сужения и расширения по каналу. При этом относительный коэффициент теплоотдачи выше в местах сужения канала, чем в местах его расширения.

Выводы: 1. Проведено компьютерное моделирование процессов гидродинамики и теплообмена в каналах поперечно обтекаемого компактного гладкотрубного пучка с соприкасающимися в продольных рядах соседними трубками малого диаметра при помощи прикладного программного обеспечения ANSYS Fluent. Получены поля скоростей, температур и давлений в исследуемых пучках, проанализировано условия гидродинамического течения в них.

2. Получены локальные распределения коэффициента теплоотдачи по окружности труб 1-4-го поперечных рядов первой секции пучка. Для последующих секций пучка полученные распределения имеют аналогичный характер.

3. Определено, что максимальное значение относительного коэффициента теплоотдачи 2-4-го рядов труб α_m/α_{cp} на участках присоединенного течения (при $Re = 6044$) превышает на 0,46 (29 %) максимальное значение α_m/α_{cp} для 3-7-го рядов труб коридорного пучка (при $Re = 14000$). Причем у исследуемого пучка максимумов α_m/α_{cp} больше вдвое, что интенсифицирует процесс теплообмена.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горобец В.Г. Теплообмен при обтекании неизотермических развитых поверхностей / В.Г. Горобец. – К.: НУБиП Украины, 2010. – 297 с.

2. Жукаускас А.А., Улинскас Р.В. Теплоотдача поперечно обтекаемых пучков труб / А.А. Жукаускас, Р.В. Улинскас. – Вильнюс: Москлас, 1986. – 204 с.

3. Goel M.K., Gupta S.N. Effect of tube bank configuration and geometry on heat transfer coefficient for the flow of Newtonian and power law non-Newtonian fluids flowing across tube banks / M.K. Goel, S.N. Gupta // International Journal of Science, Engineering and Technology Research (IJSETR), Vol. 3, Issue 4, 2014. – p.1166-1172

4. Aiba S. Heat transfer of tubes closely spaced in an in-line bank / Aiba S., Ota T., Tsuchida M. // Int. J. of Heat and Mass Transfer, vol. 21, 1980. – p. 311-319

6. Aiba S. Heat transfer around a tube in in-line tube banks near a plane wall / S. Aiba // J. of Heat Transfer, vol. 112, 1990. – p. 933-938

7. Пронин В.А. Компоновки трубных пучков и синтез конвективных поверхностей теплообмена с повышенной энергоэффективностью: автореферат

диссертации на соискание степени доктора техн. наук: 01.04.14 / В.А. Пронин; Московский энергетический институт. – М.: 2008. – 40 с.

8. Горобец В.Г. Влияние геометрии компактного поперечного обтекаемого гладкотрубного пучка на его показатели / Горобец В.Г., Панин В.В., Богдан Ю.О., Троханяк В.И. // Водный транспорт. – 2015. – вып. №1 (22). – С. 6-13.

9. Кулинченко В.Р. Справочник по теплообменным расчетам / В.Р. Кулинченко. – К.: Техника, 1990. – 165 с.

КРАТКИЙ АНАЛИЗ СУДОВЫХ ГРЕБНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Данык В.В., Ищенко И.М.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Как известно, приоритетной задачей современного судостроения является повышение экономичности и надежности судовых электроэнергетических систем (СЭЭС). В последние 10-15 лет благодаря интенсивному развитию силовой полупроводниковой техники качественно изменился подход к построению судовой электроэнергетики, происходит широкое применение судов с электродвижением.

Актуальность исследований. Разработка и внедрение систем электродвижения характеризуется проведением работ по созданию гребных электрических установок большой мощности, масса и объем которых в 2-2,5 раза меньше традиционных. Кроме того, исследования по созданию новых силовых статических преобразователей позволяет примерно в 3 раза уменьшить их габариты при полной их совместимости с общесудовыми системами.

В качестве гребных электродвигателей (ГЭД) в данных системах могут использоваться традиционные асинхронные, синхронные машины, а также вентильные электродвигатели с возбуждением от постоянных магнитов (ВЭДПМ) или с электромагнитным возбуждением.

При создании судов с электродвижением необходим комплексный подход к вопросам взаимосвязи и объединения функциональных элементов СЭЭС в рамках решения задач, поставленных перед судом. При этом, особое внимание необходимо уделить исследованию электромеханических процессов в нормальных и аварийных режимах работы судовых электростанций (СЭС) с различными ГЭД с учетом их характеристик, особенностей регулирования мощности и частоты вращения.

Применение полупроводниковых преобразователей частоты в большинстве случаев предопределяет использование ГЭД с частотным управлением.

Рассмотрим особенности применения различных ГЭД с частотным регулированием частоты вращения, момента и мощности.

При управлении асинхронными двигателями обычно применяется закон академика М.П.Костенко:

$$\frac{U_1}{U_{1ном}} = \left(\frac{f_1}{f_{1ном}} \right) \sqrt{\frac{M}{M_{ном}}} \quad (1)$$

При этом характер изменения нагрузки от угловой скорости должен быть задан заранее. При $M = \text{const}$ имеем $\frac{U_1}{U_{1ном}} = \frac{f_1}{f_{1ном}}$, т.е. подводимое к двигателю напряжение должно изменяться пропорционально частоте.

При постоянной мощности двигателя, т.е. при

$$P_2 = M_2 \Omega \approx M \Omega_1 = \frac{2\pi M f_1}{p} = \text{const},$$

имеем $\frac{M}{M_{ном}} \approx \frac{f_{1ном}}{f_1}$ и $\frac{U_1}{U_{1ном}} = \left(\frac{f_1}{f_{1ном}} \right) \sqrt{\frac{f_{1ном}}{f_1}} = \sqrt{\frac{f_1}{f_{1ном}}}$.

В случае вентиляторной нагрузки

$$M_2 = K \Omega^2 \approx K \Omega_1^2 = K \left(\frac{2\pi}{p} \right)^2 f_1^2$$

и

$$\frac{U_1}{U_{1ном}} = \left(\frac{f_1}{f_{1ном}} \right) \sqrt{\left(\frac{f_1}{f_{1ном}} \right)^2} = \left(\frac{f_1}{f_{1ном}} \right)^2$$

Закон управління (1) в случае идеального двигателя ($r_1 = 0$, $x_1 = 0$) с ненасыщенной магнитной системой обеспечивает постоянство перегрузочной способности двигателя ($\frac{M_{max}}{M} = \text{const}$) и минимальные потери. Поток при этом не зависит от частоты и зависит лишь от нагрузки

$$\Phi_{\delta}^* = \frac{\Phi_{\delta}}{\Phi_{\deltaном}} = \sqrt{M^*}.$$

Следовательно, при постоянной нагрузке ($M = \text{const}$) обеспечивается и постоянство основного потока машины. У реальных двигателей $r_1 > 0$ и $x_1 > 0$, поэтому, как видно из формулы для потока Φ_{δ} , регулирование напряжения в соответствии с выражением $\frac{U_1}{U_{1ном}} = \frac{f_1}{f_{1ном}}$ сопровождается изменением потока вследствие изменения падений напряжений на активном и индуктивном сопротивлениях обмотки статора, причем на низких частотах особенно сильно сказывается влияние активного сопротивления r_1 .

Перспективной системой частотного управления асинхронными двигателями любой мощности является система, обеспечивающая максимальное отношение электромагнитного момента к квадрату потребляемого тока

$$\frac{M}{I_1^2} = \text{max}. \quad (2)$$

Такую систему мы называем частотно-токовой системой. Указанный критерий является универсальным, пригодным для управления как электромеханическими переходными процессами при разгоне и рекуперативном торможении, так и установившимися режимами работы асинхронных двигателей. Действительно, при ограничении силы тока источника питания ($I_1 \leq I_{1max}$), что всегда имеет место для тиристорных преобразователей, частотное управление по критерию (2) обеспечивает максимум момента двигателя при заданном токе ($I_1 = \text{const}$) и соответственно минимальное время разгона или торможения двигателя.

При ограничении не только тока, но и напряжения источника питания разгон двигателя может осуществляться в два этапа:

- 1) разгон при $I_1 = I_{1max}$ с соблюдением критерия согласно формуле (2) до тех пор, пока напряжение U_1 не достигнет заданного предельного значения $U_1 = U_{1max}$;
- 2) дальнейший разгон до заданной угловой скорости при $U_1 = U_{1max} = \text{const}$ и $I_1 = \text{var}$ с соблюдением указанного критерия, при этом $I_1 < I_{1max}$.

С другой стороны, управление по указанному критерию в установившемся режиме работы ($\Omega = \text{const}$) при переменной нагрузке ($M = \text{var}$) обеспечивает минимум потребляемого тока, т.е. соблюдение условия $\frac{I_1}{M} = \text{min}$. Такое управление установившимися режимами обеспечивает минимальные электрические потери в обмотке статора и, как показывают расчеты, оказывается практически близким к управлению по минимуму полных потерь.

Достоинством частотно-токового управления, облегчающим его практическую реализацию, является также то, что максимальное значение отношения ($\frac{M}{I_1^2}$), имеет место при абсолютном скольжении β_{opt} , которое не зависит от первичной частоты и определяется только значением электромагнитного момента.

Действительно, можно показать, что

$$\frac{M^*}{I_1^{*2}} = \frac{\varepsilon_{ном}}{\varepsilon(\beta, \varphi)} = \varepsilon_{ном} \left[\left(\frac{1}{\beta} \right) \left(\frac{r_2'}{x_m} \right)^2 + \beta \left(1 + \frac{x_2'}{x_m} \right)^2 \right].$$

Частотное регулирование, являясь практически единственным способом регулирования угловой скорости синхронных двигателей, характеризуется в основном такими же показателями, что и частотное регулирование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Это регулирование плавное экономичное двухзонное; стабильность скорости высокая (идеально жесткие характеристики); допустимая нагрузка при постоянном возбуждении – номинальный момент (в случае независимой вентиляции); диапазон регулирования вверх от основной угловой скорости ограничивается механической прочностью ротора и подшипников; диапазон регулирования вниз с учетом идеальной жесткости характеристик может быть большим (до $(50 \div 100):1$ и более) при обеспечении синусоидальности напряжения, достаточного запаса устойчивости и сохранении значения максимального момента.

Синхронный двигатель обладает очень важным для некоторых применений свойством – при подаче в статорные обмотки постоянного тока он создает тормозной момент при неподвижном роторе, обеспечивая тем самым электрическую фиксацию ротора в заданном положении, что позволяет отказаться от применения механического тормоза.

Вентильным двигателем (ВД) называется устройство, состоящее из электродвигателя переменного тока (по конструкции аналогичного синхронному) и вентильного коммутатора (преобразователя частоты), управляемого в функции положения ротора или магнитного потока двигателя. На статоре его располагается обычно трехфазная обмотка (обмотка переменного тока), а ротор является возбудителем; возбуждение может быть выполнено либо от обмотки возбуждения, размещаемой на роторе и питаемой через кольца и щетки от источника постоянного тока, либо с помощью постоянных магнитов, расположенных в пазах ротора.

Существенным отличительным признаком ВД является наличие вентильного коммутатора, который функционально заменяет щетки и механически вращающийся коллектор машины постоянного тока. Вентильный коммутатор присоединяется к выводам статора и выполняет функции распределителя постоянного тока с преобразованием его в переменный. Последовательность переключения тока статора и связанная с этим очередность включения тиристоров вентильного коммутатора определяется датчиком положения ротора.

Вентильные двигатели различаются по типу преобразователя частоты, конструктивному исполнению машины и устройству системы управления. Несмотря на многообразие сочетаний конструкций электрических машин и принципов управления ВД имеют следующие общие признаки, а именно: возможность регулирования угловой скорости изменением подводимого к статору напряжения (вниз от номинальной), тока возбуждения (при наличии обмотки возбуждения) и угла опережения включения вентилей относительно фазных ЭДС двигателя (вверх от номинальной).

Характеристики ВД аналогичны характеристикам двигателя постоянного тока.

В ВД используются чаще всего два вида преобразователей частоты:

- 1) с промежуточным звеном постоянного тока;
- 2) с непосредственной связью (НПЧ).

Если, например, синхронная угловая скорость двигателя $\omega_0 = \frac{2\pi f}{p}$ для многополюсной машины при $p = 6$ составляет $\omega_0 = 314$ рад/с при частоте питающего напряжения 300 Гц, то следует выбирать схему преобразователя с промежуточным звеном постоянного тока.

Необходимо отметить, что мощность ГЭД на современных судах составляет более 1000кВт, поэтому выбор типа двигателей проводится с учетом конструктивных и

эксплуатационных характеристик, а также особенностей их управления. Так, при указанных мощностях синхронные двигатели, как правило, выполняются со встроенными возбудителями и вращающимися выпрямителями. Соответственно, для обеспечения пуска таких двигателей необходимо выполнение достаточно сложных решений по обеспечению защиты обмоток возбуждения и вращающихся диодов. Это накладывает определенные ограничения на применение таких двигателей в качестве ГЭД. Применение вентильных двигателей с постоянными магнитами усложняется из-за высокой стоимости и сложности производства постоянных магнитов.

При применении вентильных двигателей с электромагнитным возбуждением также как и в системах с бесщеточными синхронными двигателями усложняются решения вопросов пуска, реверса и тормозных режимов.

Вывод. Проведенный анализ особенностей работы различных ГЭД показывает, что при их выборе требуется комплексное решение вопросов производства, эксплуатации управления и согласования их характеристик с характеристиками и особенностями работы СЭС и преобразователей частоты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фрейдзон И.Р. Судовые автоматизированные электроприводы и системы. – Л. : Судостроение, 1988. – 472 с.
2. Пахомов Ю.А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания. – М. : ТрансЛит, 2007. – 528 с.
3. Руденко В.С. Основы промышленной электроники / В.С. Руденко, В.И. Сенько, В.В. Трифонюк. – К. : Вища школа, 1985. – 400 с.
4. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Общий курс электропривода. – М. : Энергоиздат, 1981. – 576 с.

МЕТОДИ ТЕПЛОВОЛОГІСТНОЇ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Зубарєв А.А.

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

Вступ. Поширені в енергетиці системи осушення повітря, побудовані на класичних методах – адсорбційного, абсорбції та конденсаційного осушення – призводять до значного ускладнення енергетичних установок (ЕУ) в цілому. З іншого боку актуальним питанням сучасної енергетики є утилізація вторинних енергоресурсів (ВЕР). Існуючі системи утилізації, найчастіше, реалізують когенераційні або тригенераційні схеми. Застосування таких схем також призводить до значного ускладнення ЕУ і використання додаткового обладнання. Найбільш раціональним шляхом отримання необхідного результату при використанні ВЕР є розробка і застосування нових технологій і технічних рішень.

Постановка завдання, мета. Застосування низькопотенційної енергії ВЕР (60°C – 150°C) досить обмежена, тому технології використання цієї теплоти заслуговують на особливу увагу.

Існують принципово нові технології, які базуються на Термоакустичному ефекті – виникненні акустичних коливань в резонаторі, які викликані різницею температур. Термоакустичні апарати (ТА) бувають двох типів - теплові двигуни (ТАД) або теплові насоси (ТАН).

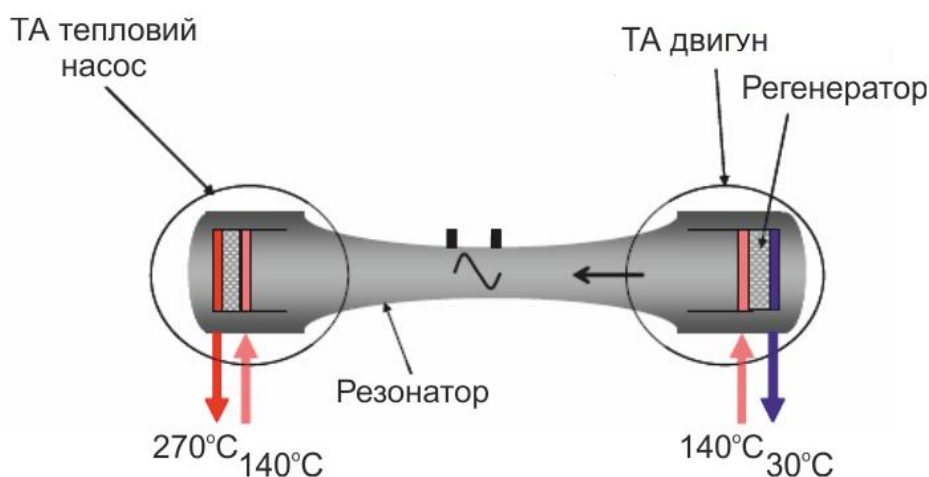


Рисунок 1 – Принципова схема термоакустичної установки

Конструкції ТАД мають ряд переваг щодо механічних пристроїв: відсутність рухомих частин, простота конструкції, відсутність шкідливих викидів. Деякі сучасні ТАД здатні працювати при температурній різниці в 30°C . Це дозволяє використовувати низькотемпературні ВЕР для вирішення найрізноманітніших завдань – виробництва механічної або електричної енергії, завдань охолодження або осушення повітря і інших.

Розгляд проблеми. В ТАД різниця температур генерує звукові хвилі – потужні пульсації, застосування яких можливо в системах обробки повітря. Розгляду процесів взаємодії акустичних хвиль з насиченим повітрям присвячені статті різних авторів [2, 3]. Вони разом вказують, що в такій системі встановлюється нестійка рівновага, яка призводить до коагуляції капель. Вказаний процес обумовлений двома причинами:

По-перше, в області з підвищеною концентрацією капель зростає швидкість газу, а значить, зменшується тиск, що викликає подальше збільшення щільності числа частинок (механізм Бернуллі).

По-друге, при певних умовах більш істотним є механізм, пов'язаний з ефектом обмеженості, що складається в збільшенні сили стоксовського тертя в області з підвищеною концентрацією часток.

Експерименти проводилися в діапазоні частот акустичних хвиль 100-300 Гц. Дослідження авторів показали, що найбільш ефективним є поле з частотою 170-200 Гц. У лабораторних умовах інтенсивність конденсації насиченого повітря збільшилася в 20-30 разів.

Існує принципова можливість використовувати ТАД в таких системах як джерела потужного акустичного поля. Відомо, що ТАД стійко працюють на таких частотах. Слід очікувати, що потужне акустичне поле дозволить збільшити кількість центрів конденсації і забезпечити укрупнення і відведення частинок вологи з оброблюваного потоку повітря.

Термоакустичні технології відносно нові і знаходяться в стані інтенсивного розвитку, тому є всі підстави припускати появу осушувачів повітря які використовують цей ефект. При цьому температурний рівень використовуваних ВЕР не перевищуватиме зазначення 90°C-150°C. Можна очікувати, що використання запропонованого рішення дозволить підвищити ефективність та надійність роботи ЕУ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Коробко В.В. Сучасні тенденції розвитку технології використання вторинних енергоресурсів. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті. Міжн. наук.-техн. конференція. – Херсон, 2010.
2. Немцов Б.Е., Эйдман В.Я. Коллективный эффект конденсации капель под действием звука. // Акуст. журн. – 1989. – Т. 35. – Вып. 5. – С. 882-886.
3. Арамян А.Р. и др. Исследование звуковых волн, генерируемых ударной волной антиградовой пушки. // Акуст. журн. 2011. – Т. 57. – Вып. 3. – С. 426-430.

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ ЦИСТЕРН ЧИСТОГО БАЛЛАСТА ТРАНСПОРТНЫХ, НЕФТЕНАЛИВНЫХ СУДОВ И ПЛАВУЧИХ РЕМОНТНЫХ ДОКОВ

Кириченко К.В.

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

Введение. Защита металлических корпусов судов и доков от коррозии осуществляется путем очистки и окраски внешней обшивки корпуса и внутренних его помещений, применением протекторной защиты и другими средствами.

Балластные отсеки чистого балласта транспортных и нефтеналивных судов, композитных и металлических доков имеют большие поверхности металлоконструкций, которые требуют значительных трудозатрат на восстановление их работоспособности на протяжении всего периода эксплуатации.

Актуальность исследования. Снижение трудозатрат на техническое обслуживание и ремонт корпуса находится в прямой зависимости от эффективности защитных покрытий или средств, замедляющих скорость коррозии.

Периодическое многослойное лакокрасочное покрытие на основе эпоксидных смол для защиты металлоконструкций балластных отсеков судов и доков от коррозии связано с выполнением труднодоступных работ в замкнутом пространстве: очистка металлических поверхностей и нанесение новых покрытий, а также с необходимостью проведения сопутствующих работ: изготовление площадок, их монтажа, демонтажа и очистки отсека. Поэтому разработка методов защиты от коррозии балластных отсеков современных транспортных судов и плавучих ремонтных доков является актуальной задачей.

Постановка задачи. Рассмотреть методы защиты от коррозии внутренних и внешних поверхностей судов и доков. Провести обзор проблем, возникающих при защите от коррозии балластных отсеков транспортных и нефтеналивных судов, плавучих ремонтных доков.

Результаты исследований. Коррозия это самопроизвольное разрушение металлов в результате химического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой (рис. 1).

Метод защиты от коррозии выбирается в зависимости от условий ее протекания. Результатом применения любого метода защиты является изменение хода процесса коррозии, уменьшение его скорости либо полное его прекращение. Критерием выбора способа защиты от коррозии является его эффективность и экономическая целесообразность для данного случая коррозии.

Корпус судна покрывают лакокрасочным покрытием для защиты его от коррозии, а подводную часть еще и от обрастания морскими организмами. Окрашивание предусматривают в несколько слоев. Для надежной антикоррозионной защиты требуется покрытие минимальной суммарной толщиной в 120-125 мкм, что при толщине одного слоя около 25 мкм приводит к пяти слоям покрытия. Подводная часть корпуса и пояс переменной ватерлинии, находящийся в наиболее тяжелых условиях атмосферного воздействия, окрашивают стойкими антикоррозионными красками, а поверх них – необрастающими красками [1].

Среди методов защиты основанных на действии поляризующего тока для изменения электрохимических свойств металла, катодная защита является наиболее распространенной. Скорость катодной реакции увеличивается, а скорость анодной падает, при смещении потенциала металла в сторону более электроотрицательных значений.

Точечная коррозия является видом узлокаллизированной коррозии, результатом которой является появление небольших отверстий в металле. Причиной появления

точечной коррозии является недостаток кислорода в небольшой области. Узко локализованная гальваническая коррозия появляется по причине того, что зона избытка кислорода становится катодной, а зона недостатка кислорода становится анодной. Коррозия этого типа имеет свойство проникать вглубь металла. Местный недостаток кислорода сохраняется ограниченной диффузией ионов. Этот вид коррозии не причиняет значительного вреда поверхности металла, но глубоко повреждает его структуру (рис. 2).



Рисунок 1 – Ржавчина – простейший вид коррозии



Рисунок 2 – Точечная коррозия

Согласно стандарту ISO 8044-1986 ингибиторами коррозии называют химические соединения, которые, присутствуя в коррозионной системе в достаточной концентрации, уменьшают скорость коррозии без значительного изменения концентрации любого коррозионного реагента. Ингибиторами коррозии могут быть и композиции химических соединений. Содержание ингибиторов в коррозионной среде должно быть небольшим.

Эффективность ингибиторов оценивается степенью защиты Z (в %) и коэффициентом торможения γ (ингибиторный эффект) и определяется по формулам [2]:

$$Z = \left(\frac{K_1 - K_2}{K_1} \right) \cdot 100 = \frac{i_1 - i_2}{i_1} \cdot 100,$$

где K_1 и K_2 [г/(м²·ч)] – скорость растворения металла в среде без ингибитора и с ингибитором соответственно; i_1 и i_2 [А/см²] – плотность тока коррозии металла в среде без ингибитора и с ингибитором соответственно. При полной защите коэффициент Z равен 100%.

Коэффициент торможения показывает во сколько раз уменьшается скорость коррозии в результате действия ингибитора:

$$\gamma = \frac{K_1}{K_2} = \frac{i_1}{i_2}$$

Z и γ связаны между собой:

$$Z = \left(1 - \frac{1}{\gamma} \right) \cdot 100,$$

$$\gamma = \left(\frac{1}{1 - Z/100} \right).$$

Ингибиторы подразделяются [2]:

- по механизму своего действия – на катодные, анодные и смешанные;
- по химической природе – на неорганические, органические и летучие;
- по сфере своего влияния – в кислой, щелочной и нейтральной среде.

Действие ингибиторов обусловлено изменением состояния поверхности металла вследствие адсорбции ингибитора или образования с катионами металла труднорастворимых соединений. Защитные слои, создаваемые ингибиторами, всегда тоньше наносимых покрытий.

Ингибиторы могут действовать двумя путями: уменьшать площадь активной поверхности или изменять энергию активации коррозионного процесса.

Защитная пленка от коррозии формируется следующим образом:

- распыляющиеся частицы ударяются о металл;
- происходит деформирование;
- они растекаются.

Причиной разрушения стали могут являться поры и пустоты, которые образовались при нанесении покрытия. Поверхность нужно пропитать полимерным материалом для удаления пористости. Полимерный материал должен иметь хорошую адгезию и смачиваемость и минимальную усадку и вязкость.

Срок службы транспортного судна составляет не менее 25 лет, а композитного или металлического дока составляет 40 и более лет [3].

Композитные доки, построенные на Херсонской судостроительной верфи «Паллада» (рис. 3) имеют значительные преимущества по сравнению с доками других конструкций – цельнометаллическими и самодокуемые: не требуется вывод их из эксплуатации при доковании. Однако одним из недостатком этих доков является наличие труднодоступных металлических балластных отсеков, требующих проведения периодических ремонтов и технического обслуживания, связанного с восстановлением защитных покрытий.



Рисунок 3 – Композитный плавучий док [3]

В результате систематического воздействия коррозионной среды и концентрации влаги на внутренних поверхностях балластные отсеки судов и доков характеризуются жесткими условиями эксплуатации. Например, периодичность смачивания для доков (при доковании) поверхностей балластных отсеков в среднем составляет 7 ... 8 суток при общей продолжительности около 3% календарного времени. Влажность в отсеках практически не меняется и устойчиво держится в пределах 97 ... 100%. Металлоконструкции балластных отсеков судов и доков относительно восстановительных работ относятся к труднодоступным. Процесс окисления металлов в них показан на рис. 4.



Рисунок 4 – Процесс окисления металлов в балластных отсеках

Опыт эксплуатации дока довоенной немецкой постройки на судоремонтном заводе в г. Одесса, показывает, что покрытие на битумной основе могут дать хорошие результаты. На этом доке битумнонаиритовое покрытие толщиной до 4-5 мм наносилось

на поверхность загрунтованную свинцовым суриком вручную и обеспечивало безремонтную эксплуатацию в течение 50–60 лет.

Покрытие можно наносить на поверхность защищаемой механизированным способом, в том числе аппаратом ВПР. В 1982 г., в качестве экспериментальных исследований, покрытие БНКА наносилось на отдельные участки эстакады дока на Херсонской судовой верфи «Паллада». Водонепроницаемую пленку толщиной до 2 мм наносили в четыре слоя, с хорошей адгезией и эластичностью, цвет – черный, при добавлении алюминиевой пудры – серый.

Ингибитор, оседая на стенках отсеков, проникает сквозь продукты коррозии к металлу, вытесняет воду из его поверхностей и образует защитную водоотталкивающую пленку. Практика показывает, что такой способ защиты резко сокращает трудозатраты и надежно предохраняет металлические поверхности от коррозии. Ингибиторы не иссыкают, не выделяют ядовитых продуктов при проведении сварочных работ, облегчают очистку внутренних поверхностей за счет размягчения имеющихся продуктов коррозии.

Выводы. Проведен обзор состояния эффективности методов защиты от коррозии внутренних и внешних поверхностей балластных отсеков судов и доков. Рассмотрены проблемы, возникающие при защите от коррозии балластных отсеков транспортных, нефтеналивных судов и плавучих ремонтных доков.

Поскольку данные методы и способы защиты от коррозии имеют существенные недостатки, увеличивают время ремонта и требуют значительных материальных затрат, разработка новых технологий применения плавающих водонерастворимых ингибиторов для защиты от коррозии балластных отсеков современных транспортных судов и плавучих ремонтных доков является актуальной задачей научного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В. Л. Технология судостроения: уч. для вузов [Текст] / В.Л. Александров, Арю А.Р, Ганов Э.В.; под общ. ред. А Д Гармашева. – СПб. : Профессия, 2003. – 342 с.
2. Семенова И. В. Коррозия и защита от коррозии [Текст] / И. В. Семенова, Г. М. Флорианович, А. В. Хорошилов. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 336 с.
3. Проектирование, технология и организация строительства композитных плавучих доков [Текст] / Рашковский, А. С., А. В. Щедролов, В. Н. Коннов, А. Н. Узлов. Под науч. ред. проф. А. С. Рашковского: Монография. – Николаев : НУК: РАЛ Полиграфия, 2008 – 614 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТВЕРДНИКІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІЕФІРНОЇ МАТРИЦІ

Кобельник О.С.

Херсонська державна морська академія (Україна),

Вухерер Т.

Маріборський університет (Словенія),

Янутенене Й.

Клайпедський університет (Литва)

Постановка проблеми. На сьогодні конструкційні матеріали, у тому числі на полімерній основі, широко використовують у різних галузях промисловості. При цьому відомий достатньо широкий спектр полімерних матеріалів різного функціонального призначення, зокрема на основі епоксидних та поліефірних смол, з яких формують композити з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Використання багатокомпонентних поліефірних матеріалів зумовлено доступністю сировинної бази, відносно невисокою собівартістю їх компонентів, простих умов формування. Серед них перспективним є використання литтєвої поліефірної смоли Norsodyne O 12335 AL, однак її властивості та процеси взаємодії з твердниками досліджено ще не достатньо. Тому актуальним і перспективним є дослідження взаємодії даного поліефірного зв'язувача із твердниками різної природи та призначення, встановити оптимальний їх вміст для формування матеріалів на їх основі різного функціонального призначення.

Мета роботи – дослідження впливу твердників різної природи на властивості поліефірної матриці.

Результати досліджень та їх обговорення. На початковому етапі досліджували адгезійну міцність та залишкові напруження матеріалів на основі поліефірної смоли Norsodyne O 12335 AL, зшиті твердниками різної природи. Використовували твердники, які призначені, як для поліефірних, так і для епоксидних смол, позаяк зазначені олігомери містять подібні функціональні групи. Вміст твердників у поліефірній смолі вибрано відповідно до рекомендацій фірм-виробників та на основі результатів дослідження їх взаємодії з іншими олігомерами. Вміст твердників розраховано на $q = 100$ мас.ч. поліефірної смоли Norsodyne O 12335 AL (тут і надалі вміст інгредієнтів вказано на 100 мас.ч. поліефірної смоли).

Згідно результатів дослідження встановлено, що максимальними показниками адгезійної міцності та мінімальними показниками залишкових напружень серед усього спектру випробовуваних матеріалів характеризується матриця з твердниками Акрегох А50 ($\sigma_a = 6,1$ МПа, $\tau = 2,1$ МПа, $\sigma_z = 1,1$ МПа) та Butanox-M50 ($\sigma_a = 6,7$ МПа, $\tau = 2,3$ МПа, $\sigma_z = 0,9$ МПа) при їх вмісті у поліефірній смолі $q = 2$ мас.ч. (дану концентрацію обрано відповідно рекомендацій фірм-виробників). Водночас цікавим є те, що вступають у взаємодію з поліефірною смолою і твердники, які призначені для епоксидних олігомерів. Зокрема, показники адгезійної міцності при відриві композиту, зшитого твердником ПЕПА за вмісту $q = 10$ мас.ч., становлять – $\sigma_a = 2,9$ МПа, при зсуві – $\tau = 1,2$ МПа, а залишкові напруження становлять $\sigma_z = 1,0$ МПа. Додатково слід зазначити, що зшивання матриці твердниками Telalit 410 та ІЗО МТГФА, які призначені для полімеризації епоксидних смол, не забезпечило отримання матеріалів з поліпшеними властивостями, позаяк показники досліджуваних характеристик були наступними: $\sigma_a = 0,3 \dots 1,2$ МПа, при зсуві – $\tau = 0,1 \dots 0,6$ МПа, а залишкові напруження становлять $\sigma_z = 0,2 \dots 0,9$ МПа.

Отже, необхідно відмітити, що для наступних досліджень слід використовувати матриці на основі поліефірної смоли, зшитих твердниками Акрегох А50 та Butanox-M50. Властивості таких матриць є найкращими серед досліджуваних матеріалів. Водночас слід зауважити, що показники досліджуваних властивостей є не достатньо високими, тому на наступному етапі досліджували властивості матеріалів за різного вмісту даних

компонентів. Концентрацію змінювали у діапазоні $q = 1 \dots 12$ мас.ч. твердника на $q = 100$ мас.ч. поліефірного олігомеру Norsodyne O 12335 AL.

Експериментально встановлено, що збільшення вмісту твердників у поліефірному зв'язувачі призводить до зниження показників адгезійної властивості матеріалу та підвищення залишкових напружень. Очевидно, що надлишок твердника призводить до його хаотичного розподілення між молекулами олігомеру, внаслідок чого зшивання матеріалу відбувається не достатньо. Максимальними показниками ($\sigma_a = 7,3$ МПа, $\tau = 2,5$ МПа, $\sigma_3 = 0,8$ МПа) відзначається матриця, зшита твердником Butanox-M50 за вмісту останнього $q = 1,0$ мас.ч. Водночас, слід зазначити, що показники властивостей матриці, зшитої твердником Акрегох А50 за такого ж вмісту є дещо меншими і становлять: $\sigma_a = 6,3$ МПа, $\tau = 2,2$ МПа, $\sigma_3 = 1,1$ МПа. Отже, на основі результатів дослідження доведено, що максимальними показниками адгезійної міцності відзначається матеріал, зшитий твердником Butanox-M50. Тому, на наступному етапі дослідження доцільно використовувати матеріал із зазначеними концентраціями компонентів: поліефірний олігомер – $q = 100$ мас.ч., твердник Butanox-M50 – $q = 1,0$ мас.ч. або $q = 2,0$ мас.ч.

Загальновідомо, що для підвищення реакції полімеризації поліефірних смол та отримання заданих властивостей, у зв'язувач вводять кобальтові прискорювачі. Нами вибрано для активації процесів фізико-хімічної взаємодії розробленої матриці кобальтовий прискорювач – 6%-ний розчин октоату кобальту в толуолі. Виходячи з цього, на наступному етапі досліджували вплив вмісту прискорювача у поліефірній смолі, за визначеного попередньо вмісту твердника Butanox-M50, на властивості матриці. Рекомендований вміст даного прискорювача фірмами-виробниками становить $q = 0,10$ мас.ч. на $q = 100$ мас.ч. олігомеру.

Аналіз результатів дослідження адгезійної міцності модифікованої поліефірної матриці, зшитої твердником Butanox-M50 за вмісту $q = 1,0$ мас.ч. і з додаванням кобальтового прискорювача у кількості $q = 0,01 \dots 0,10$ мас.ч., дозволяє стверджувати, що максимальними показниками відзначається матеріал за вмісту КБП – $q = 0,10$ мас.ч. Матеріал характеризується наступними властивостями: адгезійна міцність при відриві – $\sigma_a = 19,8$ МПа, адгезійна міцність при зсуві – $\tau = 6,4$ МПа, залишкові напруження – $\sigma_3 = 1,5$ МПа.

Висновки. Експериментально встановлено, що максимальною взаємодією з поліефірною смолою Norsodyne O 12335 AL серед досліджуваних компонентів відрізняються твердники Акрегох А50 та Butanox-M50 за вмісту $q = 2$ мас.ч. на 100 мас.ч. поліефірної смоли. При зшиванні поліефірної смоли твердником Акрегох А50 формується матеріал з наступними властивостями: адгезійна міцність при відриві $\sigma_a = 6,1$ МПа, при зсуві – $\tau = 2,1$ МПа, залишкові напруження $\sigma_3 = 1,1$ МПа. При зшиванні поліефірної смоли твердником Butanox-M50 формується матриця з наступними властивостями: $\sigma_a = 6,7$ МПа, $\tau = 2,3$ МПа, $\sigma_3 = 0,9$ МПа. При дослідженні вмісту твердників Акрегох А50 та Butanox-M50 у поліефірній смолі на властивості матриці встановлено, що максимальними показниками адгезійної міцності характеризується матеріал із твердником Butanox-M50 за концентрації $q = 1,0$ мас.ч. на 100 мас.ч. олігомеру Norsodyne O 12335 AL. При цьому адгезійна міцність матриці при відриві становить $\sigma_a = 7,3$ МПа, адгезійна міцність при зсуві – $\tau = 2,5$ МПа, а залишкові напруження – $\sigma_3 = 0,8$ МПа. Доведено, що при формуванні матриці з поліпшеними адгезійними властивостями у поліефірний зв'язувач Norsodyne O 12335 AL ($q = 100$ мас.ч.), зшитий твердником Butanox-M50 за вмісту $q = 1,0$ мас.ч., слід вводити кобальтовий прискорювач у кількості $q = 0,10$ мас.ч. Розроблений матеріал характеризується наступними властивостями: адгезійна міцність при відриві – $\sigma_a = 19,8$ МПа, адгезійна міцність при зсуві – $\tau = 6,4$ МПа, залишкові напруження – $\sigma_3 = 1,5$ МПа.

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКІВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ ТЕПЛОВИХ МАШИН

Коробко В.В.

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

Вступ. Питання підвищення ефективності використання теплової енергії є важливою задачею. Вдосконалення теплових двигунів (ТД), технологічних процесів та систем енергозощадження зумовило стійку тенденцію до зменшення як об'ємів, так і температурного рівня наявних скидних теплових ресурсів. В деяких випадках, традиційні технології енергозбереження стають малоефективними або економічно недоцільними.

Одним із перспективних напрямів що до утилізації низькотемпературних (НТ) вторинних енергоресурсів (ВЕР) є застосування систем на базі термоакустичних теплових машин (ТАТМ). Ці апарати дозволяють створювати ефективні технічні рішення для використання низькотемпературних вторинних та відновлювальних теплових енергоресурсів [1–3].

Постановка задачі. На практиці ТАТМ мають використовуватись, як складова технологічної системи. Зрозуміло, що загальна ефективність такої системи має залежити від характеристик складових частин. Як було показано раніше [1–3], інтенсивність теплообміну є лімітуючим фактором що до максимальної потужності ТАТМ.

В подальшому, в процесі досліджень та створення методики проектування систем на базі ТАТМ, були встановлені додаткові чинники, які суттєво зменшують потенційну ефективність ТАТМ.

Мета досліджень – аналіз впливу конструктивних особливостей теплообмінників ТАТМ на її характеристики та розробка низки заходів, спрямованих для запобігання зменшення ефективності термоакустичних апаратів.

Результати дослідження. На рис. 1 наведена принципова схема системи утилізації НТ ВЕР з використанням ТАД. Повздовжній градієнт температури в матриці, потрібний для роботи ТАД, створюють теплообмінники (ТО) – нагрівач та охолоджувач. В разі досягнення певної різниці температури в матриці та резонаторі самочинно виникають акустичні пульсації, і, оскільки ТАД є резонансною системою, енергія акустичних хвиль сягає великих значень. Сукупність теплообмінників та пористої матриці являють собою основний енергогенеруючий елемент ТАД – модуль термоакустичних перетворень (МТП), рис. 2.

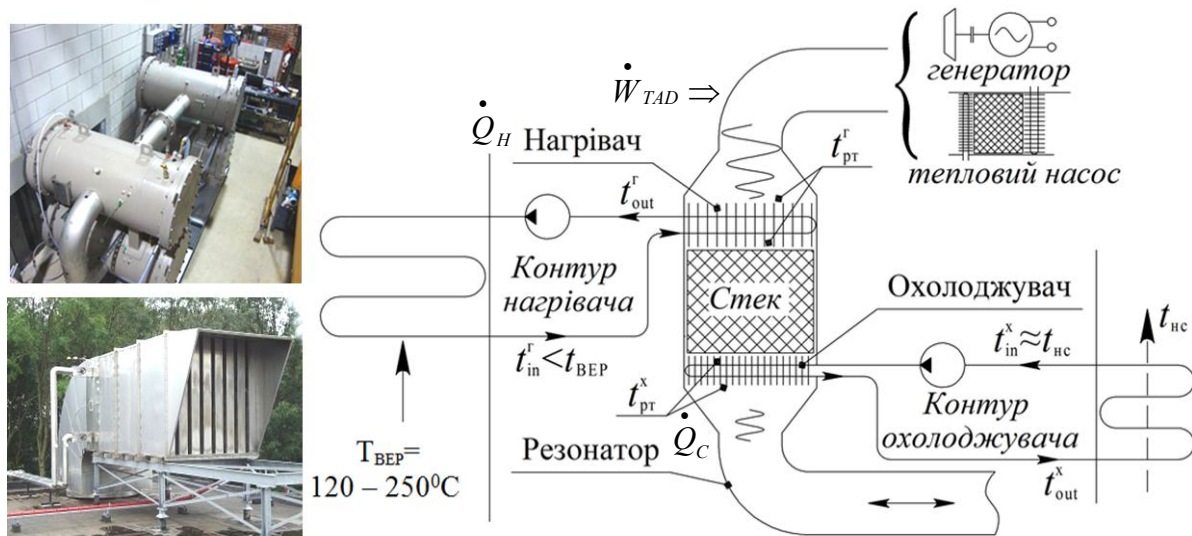


Рисунок 1 – Принципова схема системи утилізації ВЕР з допомогою ТАТМ [4, 5]

Зараз існують теоретичні моделі термоакустичних перетворень, які доцільно використати при створенні методики проектування ТАТМ та систем на їх основі.

Перш за все, це лінійна модель термоакустики, яку створили N. Rott [1] та G. W. Swift [2], в подальшому MRS. Ця модель побудована для ідеалізованої матриці – пакета

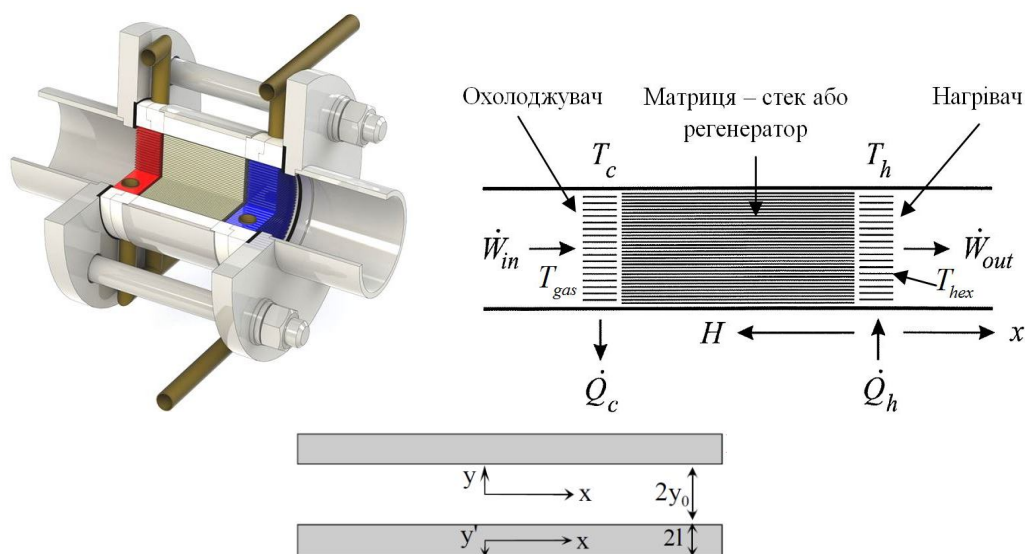


Рисунок 2 – Конструкція МТП, схема енергетичних потоків та елементарний канал матриці

паралельних пластин, при цьому до розгляду брався окремий елементарний канал – рис.2.

Фундаментальні засади ТАТМ запроваджує «хвильове термоакустичне рівняння» або рівняння Ротта, яке пов'язує акустичний тиск, з повздовжнім градієнтом температури та геометрією матриці:

$$\left[1 + \frac{(\gamma - 1)}{(1 + \varepsilon_s)} f_k \right] p_1 + \frac{c^2}{\omega} \rho_m \frac{d}{dx} \left[\frac{(1 - f_v)}{\rho_m} \frac{dp_1}{dx} \right] + \beta \frac{c^2}{\omega} \frac{f_k - f_v}{(\sigma - 1)(1 + \varepsilon_s)} \frac{dT_m}{dx} \frac{dp_1}{dx} = 0 \quad (1)$$

Акустичну потужність, яку продукує або поглинає елемент матриці, можна винайти за допомогою рівняння (2).

$$\frac{d\dot{W}_2}{dx} = -\frac{1}{2} \omega A_g \left[\rho_m \frac{\text{Im}(-f_v)}{|1 + f_v|^2} \langle u_1 \rangle^2 + \frac{(\gamma - 1) \text{Im}(-f_k)}{\rho_m c^2 |1 + \varepsilon_s|^2} |p_1|^2 \right] + \frac{c^2}{\omega} \rho_m \frac{d}{dx} \left[\frac{(1 - f_v)}{\rho_m} \frac{dp_1}{dx} \right] + \frac{1}{2} \omega A_g \left[\frac{\beta}{\omega(1 - \sigma)(1 + \varepsilon_s)} \frac{dT_m}{dx} \text{Re} \left(\frac{f_k - f_v}{1 + f_v^2} \right) p_1 \langle u_1^2 \rangle \right] \quad (2)$$

де γ – показник адиабати; c – швидкість звуку; σ – стала Прандтля; ε_s – фактор, що враховує теплофізичні властивості газу та матриці; f_k та f_v – термоакустичні функції Ротта dT_m/dx – температурний градієнт, p_1 – акустичний тиск; $\langle u_1 \rangle$ – просторове середнє значення коливної швидкості.

Загальну потужність матриці визначають шляхом інтегрування рівняння (2) по довжині матриці, при цьому вважають, що матриця є елементарним каналом, площа перетину якого дорівнює площині матриці.

Термоакустичне рівняння Ротту може бути записано у вигляді системи з двох диференціальних рівнянь першого порядку, що в подальшому спрощує їх числове рішення:

$$\frac{dU_1}{dx} = -\frac{i\omega A}{\rho_m a^2} \left(1 + \frac{(\gamma-1)f_k}{1+\varepsilon_s} \right) p_1 + \frac{(f_k - f_v)}{(1-\sigma)(1+\varepsilon_s)} \beta \frac{dT_m}{dx} U_1, \quad (3)$$

$$\frac{dp_1}{dx} = -\frac{i\omega\rho_m}{A(1-f_v)} U_1 \quad (4)$$

В цих рівняннях введені нові перемінні, це: A – сумарна площа каналів матриці та осереднена по перетину матриці об’ємна швидкість – $U_1 = A\langle u_1 \rangle$.

На основі рівнянь (1-4) створений програмний пакет DELTA ЕС, який дозволяє провести розрахунки характеристик ТАТМ [2]. Вхідні дані для розрахунків – габарити ТАТМ, розміри матриці, її тип, робоче тіло, робочі температури, тиск в резонаторі, тип корисного навантаження. В результаті розрахунків отримуємо акустичну потужність – \dot{W}_2 , теплову потужність теплообмінників \dot{Q}_H, \dot{Q}_C та інші характеристики ТАТМ.

Цей програмний комплекс як і базова модель мають суттєві обмеження, які, в деяких випадках, ведуть до хибних результатів. В зв’язку з цим, в разі розробки потужних ТА систем (рис. 1) виникає низка серйозних питань, основна причина яких – це невідповідність прийнятих в MRS спрощень реальним умовам.

– перше – лінійна модель ТА створена для елемента матриці або каналу, в яких присутня гармонійна акустична хвиля, де коливний рух робочого тіла – газу – є єдиним гідромеханічним механізмом, що визначає інтенсивність теплообміну. Отже, в обраній постановці, коректно моделювати процеси теплообміну в пульсуючому середовищі неможливо.

– друге – в MRS розглядається одновимірна задача, що передбачає запровадження просторово осереднених величин, тобто всі параметри залежать тільки від повздовжньої координати.

– третє – повздовжній температурний градієнт в матриці є попередньо заданим і система «живлення» ТАТМ – теплообмінники, мають його підтримувати.

Як можна бачити на рис.1, в установці ТО ТАД підключені до зовнішніх контурів з проміжними теплоносіями. Ці теплообмінники повинні забезпечити як формування заданого температурного градієнту в матриці, так і потрібну теплову потужність.

Важно усвідомлювати відмінності звичайних ТО та ТО в ТАТМ. В ТАТМ це важливий елемент теплового двигуна – складова частина «паливної системи». Крім того, ці теплообмінники працюють в особливих умовах – за відсутністю єдино направленного руху газового теплоносія. Тому їх конструкція в МТП має враховувати ці обставини.

В резонаторі ТАТМ зовнішні поверхні ТО контактують з робочим тілом, яке перебуває в пульсуючому русі. За таких обставин повздовжній розмір ТО, згідно [2], обмежений подвійною амплітудою коливного руху робочого тіла – ξ і становить:

$$L = (0.07 - 0.1) \frac{P_m}{2\rho_s \pi f} = (0.07 - 0.1) \xi_m \quad (5)$$

Для реальних ТАТМ цей розмір може становити 0,02–0,06 м, що є суттєвим конструктивним обмеженням, тому для забезпечення максимальної потужності ТАТМ маємо використовувати спеціальні високо ефективні поверхні теплообміну. Важливою рисою ТО ТАТМ є перехресна схема руху теплоносіїв – пульсуючого робочого тіла ТАТМ та рідинного теплоносія в зовнішньому контурі. Крім того, температурний напір в системі «ТО – робоче середовище – матриця» бажано тримати щонайменшим для скорочення втрат, пов’язаних з внутрішньою незворотністю теплообміну.

Різниця між температурою зовнішніх джерел та робочим тілом ТАТМ має бути мінімальною. Зрозуміло, що в будь якому разі мають виконуватись умови:

$$T_H > T_{H0} > T_{HC} > T_{LC} > T_{L0} > T_L \quad (6)$$

де T_{HC} та T_{LC} – температури робочого тіла в ТАТМ; T_H та T_L – температури джерел теплової енергії; T_{H0} та T_{L0} – температури поверхні теплообмінників.

В загальному випадку падіння температури зовнішнього теплоносія в нагрівачі можна розрахувати як:

$$\Delta T = T_{in} - T_{out} = \dot{Q}_H / cG \quad (7)$$

Оскільки ця різниця залежить від енергоспоживання матриці:

$$\dot{Q}_H = \dot{Q}_H + \dot{W}_2 + \dot{W}_{lost} \quad (8)$$

Отже, в разі використання рекуперативних ТО гарантовано будемо мати неоднорідне температурне поле по фронту матриці [5], що суперечить прийнятим припущенням в MRS, тобто

$$T_m = f(x, y, z,) \text{ та } \frac{dT_m}{dx} = f(x, y, z) \quad (9)$$

За цих обставин загальну потужність ТАТМ маємо визначати шляхом інтегрування рівняння (4) не тільки довжині, а і по фронту матриці. Ця неоднорідність суттєво впливають на характеристики реальних ТАТМ, оскільки зменшення градієнту веде до втрати потужності ефективності [6].

Висновки. Модель Rott-Swift – MRS дозволяє розрахувати потужність ТАТМ в залежності від конструкції та типу ТАТМ, провести компоновочні розрахунки. Суттєвим недоліком цієї моделі є її вузька спрямованість. Ця модель дозволяє розглядати процеси в матрицях, резонаторах, але вона не є ефективною для розрахунку та проектування теплообмінників, особливо коли ТАТМ працює від зовнішніх низькотемпературних джерел.

Робота ТАМ в складі систем використання НТТР має особливості, які зумовлені використанням рекуперативних теплообмінників з перехресним рухом теплоносіїв. Такі теплообмінники формують неоднорідне температурне поле по фронту матриці. Результатом цього є втрата термодинамічної ефективності ТАТМ, оскільки зменшується верхня температура циклу ТАТМ.

Підвищення водяних еквівалентів проміжних теплоносіїв не є дієвим заходом, оскільки обмежені їх теплофізичні параметри та зростають витрати енергії на прокачування теплоносіїв. Особливу увагу слід зосередити на отриманні однорідного температурного поля по фронту теплообмінників, в першу чергу нагрівача.

ЛИТЕРАТУРА

1. Rott N. Thermoacoustics [Text] / N. Rott // Adv. Appl. Mech. – 1980. – № 20 (135). – P. 250-272.
2. Swift G.W. Thermoacoustic: A unifying perspective for some engines and refrigerators / G.W. Swift // American Institute of Physics. – 2002. – 300 p.
3. Коробко В.В. Аналіз можливостей вдосконалення термоакустичних теплових машин шляхом раціональної організації процесів теплообміну [Текст] / В. В.Коробко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2015. – №8 (125). – С. 52-57.
4. De Blok K. Low operating temperature integral thermo acoustic devices for solar cooling and waste heat recovery [Text] / K. De Blok // Acoustic-2008, International conference, Paris, 2008.
5. Коробко В.В. Можливі шляхи використання термоакустичних теплових машин в системах СЕУ// Науковий вісник Херсонської державної морської академії. №2 (11), 2014 р. – Херсон, ХДМА. - 2014. – С. 69-76
6. Хаузен Х. Теплопередача при противотоке, прямотоке и перекрестном токе/ Х.Хаузен //М.: Энергоиздат. – 1981. – 384 С.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ УЗЛОВ СУДОВОГО КОРПУСА В ОБЛАСТИ СРЕДНЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Коростылев Л.И., Литвиненко Д.Ю.

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

Введение. Корпус судна на протяжении срока эксплуатации подвергается значительному числу циклов переменного нагружения различного происхождения, которые при определенной интенсивности могут привести к появлению трещины усталости, разрушению конструктивного узла, появлению течи и даже гибели судна. Учитывая данное обстоятельство, обеспечение циклической прочности корпуса судна является одной из важнейших задач строительной механики корабля.

Актуальность исследований. В современных условиях кроме классического «проектирования из условия обеспечения предельной прочности» становится особенно актуальным «проектирование из условия обеспечения усталостной прочности». Повышение важности обеспечения усталостной прочности конструкций корпуса судна в последнее время обусловлено рядом факторов. Для оценки величины накопленного усталостного повреждения в корпусных конструкциях, решения задач их проектирования из условия обеспечения усталостной прочности или определения предельно допустимых параметров нагружения из того же условия, необходимо обладать надежными расчетными методами, позволяющими решать на практике все перечисленные задачи.

Постановка задачи. Для решения задач усталостной прочности конструкций корпуса судна в Национальном университете кораблестроения имени адмирала Макарова был разработан экспериментально-теоретический метод [1]. Данный метод базируется на использовании деформационного и силового критерия усталости материала для построения кривой усталости исследуемого узла корпуса судна. Указанная кривая базируется на «привязке» к результатам циклических испытаний схожих сварных конструкций. Такая «привязка» позволяет косвенно принять в расчет ряд факторов, таких как влияние остаточных напряжений на усталостную прочность, влияние масштаба пластического деформирования, градиента напряжений и вида напряженного состояния. Учет перечисленных факторов в расчете усталостной прочности аналитически затруднителен. Таким образом, метод позволяет получить кривую усталости сварного узла в районе $1 \dots 10^8$ циклов, вид которой показан на рисунке 1, используя лишь небольшое количество испытаний эталонного узла, произведенных при высоких уровнях размаха напряжений.

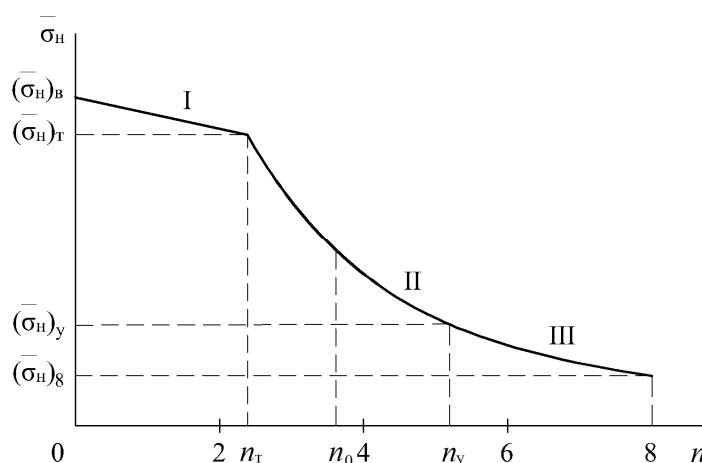


Рисунок 1 – Вид кривой усталости в экспериментально-теоретическом методе

Средние напряжения в экспериментально-теоретическом методе принимаются в расчет на третьем, многоцикловом, участке кривой усталости с помощью формулы Гудмана. Второй, малоцикловый, участок построен при допущении, что в концентраторе установился «жесткий» режим малоциклового нагружения, влияние величины среднего напряжения на усталостную прочность при этом не рассматривается. Целесообразность учета данного фактора на участке II кривой усталости при расчете на усталость судоворпусных конструкций должно быть предметом отдельного исследования.

Результаты исследований. Связь величины размаха деформаций $\Delta\varepsilon$ и количества циклов нагружения постоянной амплитуды до появления трещины усталости N в деформационном методе расчета усталостной прочности, который используется для построения участка II кривой на рис. 1, выражается, как указывается в [2], [3], зависимостью следующего вида:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{2} = \frac{\sigma_f'}{E} (2N)^b + \varepsilon_f' (2N)^c, \quad (1)$$

где σ_f' , ε_f' , b , c – величины, которые определяют с помощью испытаний на усталость малых образцов из данного материала или приближенными оценками; E – модуль упругости материала. В выражения (1) член, содержащий ε_f' , соответствует величине пластической деформации, а содержащий σ_f' – упругой, который в инженерных приложениях может быть приближенно заменен отношением σ_{-1}/E , где σ_{-1} – предел выносливости материала. Такой прием использован в деформационном критерии Ленджера, на котором базируется экспериментально-теоретический метод.

Для учета влияния величины среднего напряжения цикла на усталость согласно [2], [3] могут быть использована зависимость (1) с поправкой Морроу. Другая зависимость, которая позволяет учесть влияние средних напряжений при расчете на усталость рассматриваемым методом, была предложена Смитом, Ватсоном и Топером [2], [3]. Она построена на предположении, что произведение максимального напряжения цикла и амплитуды деформации $\sigma_{max} \cdot \Delta\varepsilon/2$ является постоянным для заданной долговечности, и может быть представлена следующим выражением:

$$\sigma_{max} \frac{\Delta\varepsilon}{2} E = (\sigma_f')^2 (2N_f)^{2b} + \sigma_f' \varepsilon_f' E (2N_f)^{b+c}. \quad (2)$$

Таким образом, перестроив выражения экспериментально-теоретического метода для участка II кривой усталости, используя зависимость (1) с поправкой Морроу или (2), можно построить кривую усталости с учетом величины средних напряжений на втором участке. При этом предполагается, что влияние наличия остаточных сварочных напряжений принимается в расчет посредством «привязки» к данным эксперимента. Таким образом, при построении кривой усталости на втором участке по экспериментально-теоретическому методу для судовой конструкции должны быть определены максимальные или средние напряжения в очаге концентрации, обусловленные только внешним нагружением. Схема определения таких напряжений представлена на рис. 2. Максимальные напряжения и деформации σ_{max} , ε_{max} при этом определяются с помощью формулы Нейбера и циклической кривой, связывающей амплитуду напряжений и деформаций, аппроксимированной с использованием формулы Рэмберга-Осгуда. Параметры стабилизированной петли гистерезиса $\Delta\sigma$, $\Delta\varepsilon$ получают также с помощью формулы Нейбера и гипотезы Мазинга, согласно которой искомые параметры могут быть получены удвоением значений диаграммы деформирования [2], [3]. Следует также отметить, что для показанной на рисунке 2 схемы расчета средних или максимальных напряжений в очаге концентрации может применяться как эффективный коэффициент концентрации K_f , так и теоретический K_t , причем использование последнего позволяет получить результаты с запасом в сторону занижения усталостной прочности.

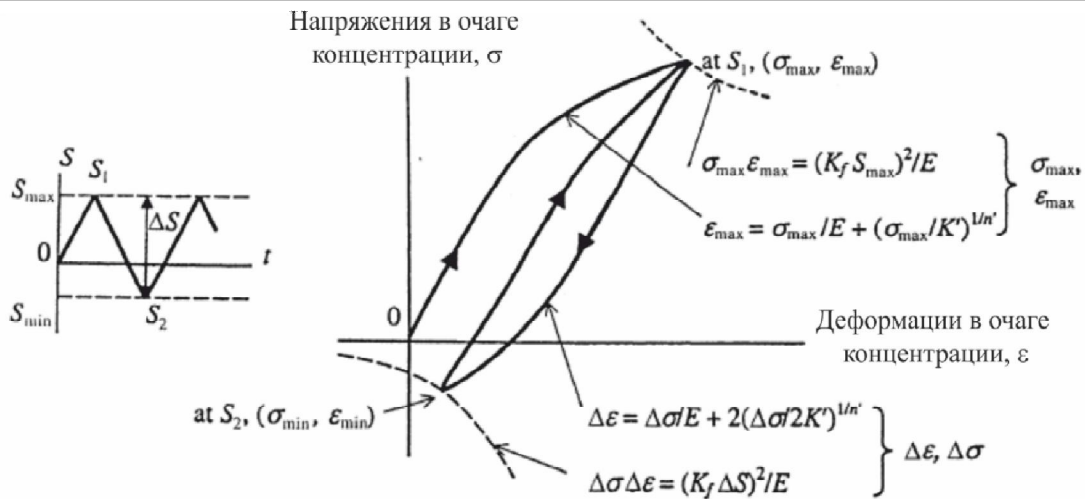


Рисунок 2 – Схема определения максимальных напряжений и деформаций в очаге концентрации [2]

Кроме описанных выше, в [4] представлены усовершенствованные варианты зависимостей деформационного метода, которые позволяют ввести в расчет факторы масштаба пластического деформирования и вида напряженного состояния, а также величины среднего напряжения. Однако, они включают ряд эмпирических параметров, что может ограничивать их практическое использование.

Для проверки целесообразности учета средних напряжений на участке II в работе построена серия кривых усталости согласно экспериментально-теоретическому методу для узла пересечения поясков равновысоких балок, который представлен на рисунке 3. Кривые усталости строились согласно [1], а также для модификаций с использованием зависимости (1) с поправкой Морроу и зависимости (2). Кроме того, была построена кривая по зависимости (1) вместо критерия Ленджера, в котором, как уже указывалось, упругая составляющая амплитуды полной деформации выражается приближенно. Указанная серия кривых усталости представлена на рисунке 4, где использованы следующие обозначения: 1 – кривая, построенная согласно исходному варианту метода; 2 – кривая, полученная с использованием зависимости (1); 3 – то же, но с введенной поправкой Морроу; 4 – кривая усталости, полученная с применением формулы Смита-Ватсона-Топпера (2). Символом «x» на рисунке обозначены экспериментальные данные циклических испытаний узла на рисунке 3, а символом «◆» – результаты оценки долговечности с помощью эффективного коэффициента концентрации без учета величины остаточных напряжений. При этом предполагалось, что теоретический коэффициент концентрации напряжений в узле $K_t = 3$. Вероятность разрушения конструкции, соответствующая построенным кривым, составляет $P_f = 2,3 \%$.

Коэффициенты в зависимости (1) принимались согласно экспериментальным данным [4] для стали 10ХСНД. Данный прием позволяет оценить целесообразность использования зависимости (1) вместо приближенного критерия Ленджера. Следует отметить, что в действительности указанные коэффициенты на практике зачастую неизвестны, а их приближенные оценки, полученные на базе механических характеристик материала при статических испытаниях, могут существенно отличаться от экспериментальных [5].

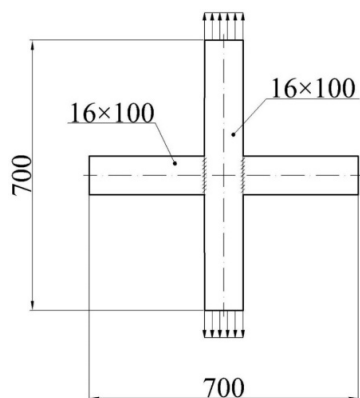


Рисунок 3 – Узел пересечения поясков
равновысоких балок

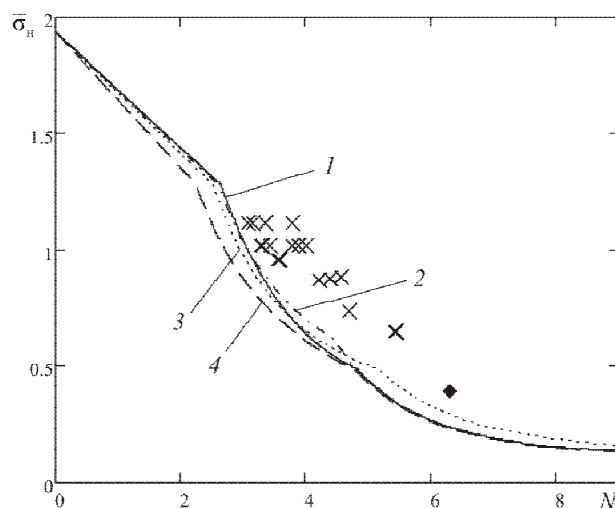


Рисунок 4 – Кривые усталости, построенные по
различным модификациям
экспериментально-теоретического метода

Выводы. Построенные кривые усталости для узла пересечения поясков равновысоких балок согласно различным модификациям экспериментально-теоретического метода характеризуются незначительным расхождением между собой в области средней долговечности. Однако, для окончательных выводов о целесообразности усовершенствования рассматриваемого метода оценки усталостной прочности в данной области необходимы дальнейшие более детальные исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коростылёв Л.И. Оценка усталостной прочности сварных узлов тонкостенных конструкций в многоциклового области [Текст] / Л.И. Коростылёв, С.Ю. Клименков // Методи розв'язування прикладних задач механіки деформівного твердого тіла: збірник наукових праць ДНУ ім. О. Гончара. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2010. – № 11 (352). – С. 152–159.
2. Stephens, Ralph I. Metal fatigue in engineering [Text] / Ralph I. Stephens, Ali Fatemi, Robert R. Stephens, Henry O. Fuchs. – 2nd ed. – John Wiley & Sons Publ., 2001. – 473 p.
3. Radaj, D. Fatigue assessment of welded joints by local approaches [Text] / D. Radaj, C.M. Sonsino, W. Fricke. – 2nd ed. – Cambridge: Woodhead Publishing Ltd., 2006. – 639 p.
4. Петинев, С.В. Основы инженерных расчетов усталости судовых конструкций [Текст] / С.В. Петинев. – Л. : Судостроение, 1990. – 224 с.
5. Литвиненко Д.Ю. Анализ деформационных критериев усталости материалов для оценки усталостной прочности сварных конструктивных узлов [Текст] / Д.Ю. Литвиненко // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали V міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2014. – С. 159-160.

ОПТИМИЗАЦИЯ КАСКАДНЫХ ПРОМЫВНЫХ СИСТЕМ. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Кошель Н.Д., Смирнова Е.В.

ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет»
(Украина, г. Днепропетровск)

Костыря М.В.

Институт транспортных систем и технологий НАН Украины «Трансмаг»
(Украина, г. Днепропетровск)

Введение. Во многих отраслях промышленности широко используются системы очистки и мойки технологического оборудования, промышленных изделий с использованием разнообразных методов – погружением, струйным, механическим, комбинированным, электролитическим, вибрационным, методом осциллирующих sprays высокого давления и т.д. Крупными потребителями воды являются предприятия пищевой, бумажной, биотехнологической промышленности, металлообрабатывающие и машиностроительные предприятия

В связи с этим есть необходимость создания систем оборотного водоснабжения предприятий и сокращения сброса сточных вод в водные объекты.

Концепция оборотного водоснабжения исключает сброс сточных вод и существенно (на 85–95%) снижает водопотребление. Эффективным способом сокращения водопотребления является рациональная организация промывных систем (рис. 1).

Объект моделирования. Принцип работы противоточных каскадных промывок является универсальным и пригоден для технологий, где осуществляется отмывка изделий чистой водой от загрязнений.

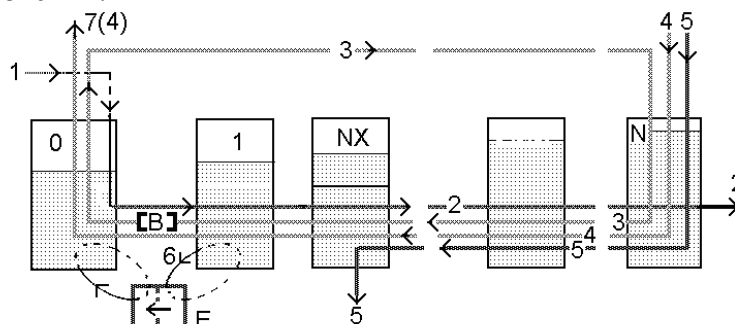


Рисунок 1 – Схема массовых потоков в противоточном каскаде:

0 – операционная ванна; 1– непроточная ванна (ванна улавливания); NX – ванна отвода концентрата; 1-2 – траектория движения промываемых изделий; 4-7 – поток испарения в атмосферу; 3 – поток пара через испаритель и конденсатор [B]; 5 – поток подпитки водой от внешнего источника и поток выхода концентрата; [E] – электродиализатор

В состав технического комплекса промывки входят одна операционная ванна с номером «0», в которую попадает основное количество примеси (загрязнения), N ванн промывки (с номера N=1). Промывные ванны делятся на две группы. Первая – непроточные ванны (уловители), в которых постепенно накапливается загрязнение. При длительной работе системы концентрации в ваннах-уловителях устанавливаются на стационарных постоянных уровнях. Вторая – проточные ванны, через которые чистая вода протекает в направлении, противоположном потоку с загрязненными изделиями. Структура легко видоизменяется путем переноса точки выхода воды NX в нужное место 1...N. Дополнительно в систему можно включать независимые устройства – электродиализатор, испаритель и конденсатор, или ультрафильтрационное устройство.

В системе возможны несколько транспортных потоков компонентов:

1) входной поток примесей J_1 на поверхности промываемых изделий в непроточную ванну «0»; 2) поток воды J_2 , уносимый на поверхности изделий при

переносе между ваннами; 3) поток воды J_3 через испарительное устройство «В»; 4) поток воды J_4 из внешнего источника, компенсирующий суммарные потери J_7 испарением; 5) поток J_5 выхода концентрированного раствора примеси, поступающего на сброс в систему обезвреживания стоков.

В этой системе действуют несколько механизмов, которые позволяют сокращать расход воды, концентрирование примесей, улавливание ценных компонентов:

1) противоток воды в направлении, противоположном потоку примесей на поверхности изделий. Противоточный поток возвращает примеси в начало каскада;

2) вставка в каскад непроточных ванн-уловителей. В них достигается повышенная концентрация загрязнителя, и его легко отделить;

3) вставка испарителя-конденсатора воды. Она позволяет заменить часть потока воды из внешнего источника возвратным потоком конденсата. Такую же функцию сепарации примесей может выполнять установка ультрафильтрации или обратного осмоса.

4) вставка электродиализного устройства. Электродиализ применим только в том случае, если примесями являются неорганические ионогенные соединения. Параметров, которыми мы оцениваем качество системы, несколько.

Первый очевиден – это расход воды на промывку. Цель – его минимизировать.

Второй – степень возврата. Это та часть внесенной массы примеси, которая задерживается в системе. Ее можно специально выделить и утилизировать.

Третий – концентрация примеси в выходном потоке воды. Цель – его максимизировать, т.к. концентрированный поток легче и дешевле сепарировать известными способами.

Математическая модель стационарного процесса. Математическая модель стационарного массообмена в системе N ванн промывки состоит из N уравнений баланса для одного из компонентов электролита («контрольный компонент», «КК»)

$$C_{n-1} \cdot J_2 + C_{n+1} \cdot (J_3 + J_4 + J_5) - C_n \cdot (J_1 + J_2 + J_3 + J_4 + J_5) = 0. \quad (1)$$

где $n=1 \dots N$ – порядковый номер ванны промывки, а слагаемые – потоки в скобках имеют множители, которые принимают значение «1» или «0».

Дополнительным в системе уравнений (1) является уравнение стационарного баланса объемных потоков растворов:

$$J_1 - J_7 - J_2 + J_4 = 0. \quad (2)$$

В математической модели процесс в электродиализаторе учитывается как еще одно слагаемое в уравнении баланса (1) для первой ванны промывки ($n=1$) – массовый поток g_E контрольного компонента через электродиализатор из ванны 1 в операционную ванну 0. Он задается в исходных данных как доля α_E от основного потока выноса контрольного компонента из операционной ванны ($g_0 = -J_2 \cdot C_0$):

$$g_E = -J_2 C_0 \cdot \alpha_E = -g^0 \cdot \alpha_E. \quad (3)$$

При использовании электродиализной технологии в методе регенерации электролита нужно в расчетах иметь в виду два обстоятельства. 1 – Поскольку значение α_E пропорционально площади мембран, то чем оно больше (при полной регенерации электролита $\alpha_E \rightarrow 1$), тем больше будут габаритные размеры электродиализатора. Если вынос электролита ($-J_2 \cdot C_0$) значительный, габариты электродиализатор на заданную производительность g_E могут превышать разумный предел. 2 – Чем меньше концентрация электролита в ванне «1», тем меньше эффективность процесса электродиализа, поэтому практически невозможно электродиализным методом достичь 100% регенерации электролита. Существует разумная нижняя граница концентрации C_1 .

Действие испарительного регенеративного механизма учитывается в математической модели наличием потока J_3 в каскаде промывных ванн. Эффект такой же, как и от испарения с поверхности электролита (поток J_7 J_4), но в отличие от J_7 мощность потока J_3 может регулироваться.

Концентрация электролита C_0 в операционной ванне (0) принята постоянной. В гальванотехнике это концентрация КК в технологическом электролите. Для обычных же промывок загрязненных изделий условное значение параметра «концентрация C_0 » соответствует по физическому смыслу отношению массы загрязнений на поверхности изделия к их объему в размерности концентрации. Можно также считать в этом случае ванну «0» как первую непроточную ванну промывки с некоторой начальной заданной произвольно (максимальной) концентрацией

Во всех промывных ваннах с разной суммарной концентрацией примеси соотношение между концентрациями компонентов остается неизменным и таким, как в операционной ванне «0». Тогда концентрации других компонентов (C_X) в ваннах промывки и их массовые потоки (g_X) в потоках раствора можно определить через концентрации и потоки контрольного компонента:

$$C_X = C_{KK} \cdot (C_X^0 / C_{KK}^0), \quad g_X = g_K \cdot C_X / C_{KK} \quad (4)$$

Параметры системы находили путем численного решения системы $N+1$ линейных алгебраических уравнений (1, 2) итерационным методом.

Анализ результатов моделирования. Влияние количества ванн промывки. Если поток промывной воды постоянный, концентрация в последней ванне резко, почти в 10 раз уменьшается при добавлении каждой новой ванны промывки. Можно показать, что кратность изменения концентраций ≈ 10 является следствием отношения $J_{45}/J_2 \approx 10$.

Если нужно обеспечить заданную степень очистки, т.е. концентрацию примеси в последней ванне каскада на выходе изделий, например 0.01, с увеличением длины каскада резко уменьшается расход воды J_{45} и возрастает концентрация примеси в потоке вытекающей воды

Роль структуры каскада. Структура каскада – это положение точки выхода промывной воды NX , которая делит ванны на две группы – непроточные и проточные. Смещение точки выхода вправо – увеличение доли непроточных уловителей. При этом очень сильно растет расход воды, но одновременно растет и степень возврата – от 25% до 85%. Здесь возникает типично оптимизационная задача для конкретных технологий – выбирать, какая цель важнее – сокращать расход воды или увеличивать возврат и утилизацию примеси. А оптимум – это компромисс, выражаемый числом.

Влияние испарительного механизма. Рассмотрим промывную систему $N=7$, $NX=2$, где произведение $C_0 \times J_2$ – поток загрязнения на входе, 10^3 г/ч. В промывной комплекс включена установка испарения, или ультрафильтрации, или обратного осмоса. В данном примере с увеличением мощности испарения от 0 до 5 л/час расход воды уменьшается на 20%, настолько же увеличивается возврат, оба критерия положительны.

В каскаде с меньшим количеством промывных ванн (при $N=4$) относительный эффект меньше (15%).

Таким образом, противоточный промывной каскад с элементами устройств испарения, ультрафильтрации, электродиализа позволяет обеспечивать удовлетворение разнообразных технико-экономических требований – сокращение расхода воды, снижение выбросов загрязнений, концентрирование примесей для утилизации.

ЖЕСТКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕНТОЧНО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ

Криштопа С.И.

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

Введение. Под действием растягивающих усилий на концах тормозной ленты формируются нормальные усилия, способствующие тому, что микровыступы металлического шкива разрушают микровыступы поверхностей полимерных накладок до тех пор, пока первые не изнаются. В дальнейшем микровыступы внутренней поверхности тормозной ленты не имеют опорных поверхностей, что способствует увеличению общей зоны взаимодействия и, как следствие, увеличивается коэффициент взаимного перекрытия пар трения. Для определения последнего необходимо остановиться на конструкциях прямых и обратных пар трения ленточно-колодочного тормоза, жесткости его элементов и их влияние на статический и динамический коэффициенты взаимного перекрытия металлополимерных пар трения [1].

Особенности конструкции многопарных фрикционных узлов ленточно-колодочных тормозов. На рис. 1 а схематически показан ленточно-колодочный тормоз с подпружиненными фрикционными накладками, смонтированными на тормозном шкиве.

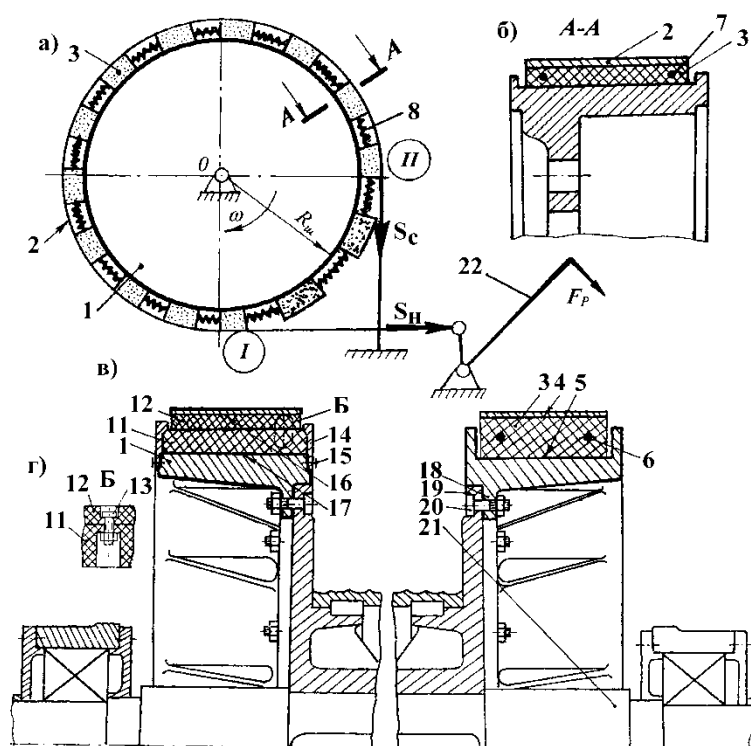


Рисунок 1 – Схема многопарного ленточно-колодочного тормоза (а); поперечное сечение фрикционного узла (б); варианты конструкции фрикционных узлов тормоза буровой лебедки (в); крепление к основной накладке дополнительной (г):

1, 9 – тормозной шкив с рабочей поверхностью; 2, 10 – тормозная лента с рабочей поверхностью; 3, 4, 5, 6 – фрикционная накладка с наружной и внутренней рабочей поверхностями и со сквозными отверстиями; 7 – кольцевые стержни; 8 – цилиндрические пружины; 11, 12, 16, 17 – основная, дополнительная накладки и их рабочие поверхности; 13, 15 – соединительные винты; 14 – съемные реборды; 18 – прилив шкива; 19 – фланец барабана; 20 – болтовое соединение; 21 – подъемный вал

На рис. 1 использованы следующие обозначения: ω – угловая скорость вращения шкива; R_w – радиус рабочей поверхности шкива; S_H , S_C – натяжение набегающей (I) и сбегающей (II) ветвей тормозной ленты; F_p – усилие, прикладываемое к рычагу управления тормозом. На рис. 1 в проиллюстрированы варианты конструкций фрикционных узлов тормоза: с подпружиненными (правый) и свободно установленными на рабочей поверхности тормозного шкива (левый) фрикционными накладками. Ленточно-колодочный тормоз с подвижными накладками, которые устанавливаются на тормозном шкиве, выполняются двух типов.

Согласно первого варианта тормоз состоит из шкива 1, на рабочей поверхности 9 которого установлены серийные накладки 3. В последних по длине выполнены отверстия 6, через которые они посажены на кольцевые стержни 7 с некоторым наперед заданным натягом. Накладки 3 между собой соединены цилиндрическими пружинами 8. концы кольцевых стержней 7 соединены муфтами (на рис. 1 а не показано). Накладки 3 совместно с кольцевыми стержнями 7 и пружинами 8 образуют бандаж, который в разомкнутом тормозе вращается вместе со шкивом 1. В нетрадиционном тормозе имеются внешние и внутренние пары трения. Внешние пары трения образуются при взаимодействии внутренней (рабочей) поверхности 10 тормозной ленты 2 с внешними поверхностями 4 накладок 3, а внутренние пары трения – при взаимодействии внутренних поверхностей 5 накладок 3 с рабочей поверхностью 9 тормозного шкива 1.

Во втором варианте тормоз состоит из шкива 1, к которому болтами 15 прикреплены специальные реборды. Последние с внутренней стороны имеют выступ с фаской. Такая же фаска имеется и на дополнительной фрикционной накладке 12, которая установлена на основной накладке 11. Между собой основная 11 и дополнительная 12 фрикционные накладки соединены винтами 13. Общая высота основной 11 и дополнительной 12 накладок составляет 45,0 мм, что в 1,5 превышает толщину серийной накладки (материал ФК-24А).

Фрикционный узел тормоза имеет такие рабочие поверхности: 9 – шкива, 16 и 17 – дополнительной и основной накладок. С рабочей поверхностью 16 дополнительной накладки 12 взаимодействует внутренняя поверхность 10 тормозной ленты 2. Прилив 18 шкива 1 болтами 20 крепится к фланцу барабана 19. Тормозной шкив 1 смонтирован на подъемном вале 21 буровой лебедки. Управление тормозом осуществляется рычагом 22.

Внешние пары трения работают при взаимодействии внутренней (рабочей) поверхности 10 тормозной ленты 2 с рабочими поверхностями 16 дополнительных накладок 12, а внутренние – при взаимодействии рабочих поверхностей 17 основных накладок 11 с рабочей поверхностью 9 тормозного шкива 1. Нетрадиционный тормоз работает следующим образом. При прикладывании усилия к рычагу управления 22 происходит затягивание тормозными лентами 2 серийных накладок 3 (первый конструктивный вариант) и соединенных между собой накладками 11 и 12 (второй конструктивный вариант). При этом осуществляется взаимодействие внутренних поверхностей 10 тормозных лент 2 с внешними поверхностями 4 накладок 3 (первый вариант) и с рабочими поверхностями 16 дополнительных накладок 12 (второй вариант). Установлено, что ширина накладок 3 должна быть обратно пропорциональной к жесткости соединительных пружин 8, установленных между ними. При дальнейшем увеличении усилия затягивания тормозной ленты 2 работа внешних фрикционных узлов прекращается, поскольку силы трения на их рабочих поверхностях достигают такой величины, при которой накладки становятся неподвижными относительно ленты 2. В этот момент начинают работать внутренние фрикционные узлы тормоза, в которых трение происходит между внутренней поверхностью неподвижных накладок и рабочей поверхностью тормозного шкива, который вращается замедленно.

Более детально материал по динамической и тепловой нагруженности многопарных фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза изложен в работах [2, 3].

Стабилизация термомеханических свойств внутренних пар трения многопарного ленточно-колодочного тормоза, в частности, внутренней рабочей поверхности фрикционных накладок марки ФК-24А, достигается как при их постоянном взаимодействии с нагретой поверхностью обода шкива, так и при продолжительной высокой температурной обработке. Настоящая технологическая операция позволила стабилизировать показатель тормозной эффективности за счет предварительной приработки накладок и дополнительной термостабилизации их материалов. Последние процессы связаны с термостимулированной поляризацией и деполяризацией поверхностей полимерных накладок. Выполнение операции «термоимпульсный удар» с различной мощностью потенциалов за все время взаимодействия рабочих поверхностей полимерных накладок с рабочей поверхностью тормозного шкива оказывает существенное влияние на перераспределение их энергетических уровней. Кроме того, взаимодействие указанных поверхностей будет способствовать большему динамическому коэффициенту взаимного перекрытия многопарных ленточно-колодочных тормозов.

Таким образом, применение ленточно-колодочного тормоза с подвижными фрикционными накладками по сравнению с серийными узлами трения позволяет:

- использовать два узла трения с металлическими фрикционными элементами различной жесткости [«внутренняя поверхность тормозной ленты – внешние поверхности фрикционных накладок (обратная пара трения)» и «внутренние поверхности фрикционных накладок – рабочая поверхность тормозного шкива (прямая пара трения)»], что существенно снижает сопутствующие динамические соотношения нагруженности фрикционных узлов тормоза;

- изменять режимы торможения, что позволит выровнять до искомого уровня удельные нагрузки за счет времени взаимодействия внешних и внутренних пар трения тормоза;

- в процессе торможения, а также перед началом торможения изменять положение подвижных накладок относительно рабочей поверхности тормозной ленты, что способствует равномерному износу поверхностей взаимодействия, а также их термической импульсной обработке;

- интенсифицировать вынужденное охлаждение рабочих поверхностей шкива и фрикционных накладок за счет их вращения вместе со шкивом;

- наличие двух фрикционных узлов и их конструктивные особенности в тормозе облегчает реализацию принудительного охлаждения (термоэлектрического, магнитного, «тепловой трубы» и других видов), что позволяет существенно интенсифицировать отвод теплоты от внешних и внутренних пар трения.

Наименее жесткими элементами во фрикционных узлах ленточно-колодочного тормоза являются полимерная фрикционная накладка и тормозная лента. Последняя может быть выполнена составной, состоящей из i -го количества тормозных лент. При этом накладки могут крепиться к тормозной ленте различными способами, о чем свидетельствуют рис. 2 а, б, в.

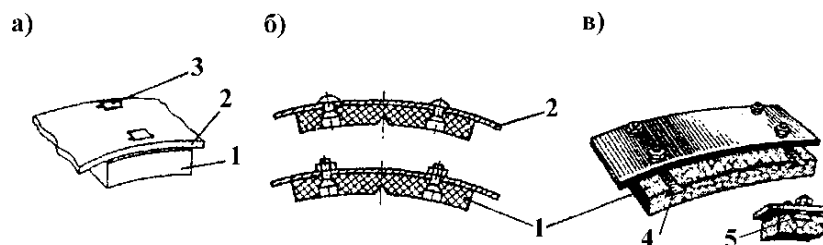


Рисунок 2 – Схемы различных типов креплений фрикционных накладок к тормозной ленте: а – усиками; б – заклепками и болтами; в – соединением «ласточкин хвост»; 1 – фрикционная накладка; 2 – тормозная лента; 3 – усики стальной планки; 4 – паз в накладке; 5 – вставка типа «ласточкин хвост»

В табл. 1 приведенные расчетные зависимости для определения деформации тормозных лент с различными конструктивными особенностями. При получении зависимостей (1–3) принималось, что растягивающие усилия, приложенные к концам тормозной ленты прямо пропорциональны деформациям участков, на которые она разбита. В случае рассмотрения ветвей ленты, то здесь деформации каждой из ветвей в отдельности пропорциональны усилиям, которые приложены к их концам.

Таблица 1 – Деформации тормозных лент с различными конструктивными особенностями

| Соединение накладок с лентой | Расчетные зависимости |
|--|--|
| «Ласточкиным хвостом» с болтами и заклепками | $\Delta l = S_C \left[\frac{1}{f} (e^{fa} - 1) (e^{fa} + e^{2fa} + e^{fa(n-1)} + \dots + e^{(n-1)fa}) \times \frac{R_0 R'_0}{E_1 A_1 R'_0 + E_2 A_2 R_0} + e^{fa} (\beta_1 + e^{fa} \beta_2 + \dots + e^{(n-2)fa} \beta_{n-1}) + \frac{1}{2R_0} (l_C + l_H e^{nfa}) \right]; \quad (1)$ |
| Дополнительно упругими пластинами | $\Delta l = \sum_{i=1}^n \frac{S'_i R_0}{EA f_1} (e^{f_1 a} - 1) + \sum_{i=1}^{n-1} \frac{S'_{i+1} R_0 \beta}{EA} + \frac{S_C l_C}{2EA} + \frac{S_H l_H}{2EA}; \quad (2)$ |
| Применение одной сплошной наклейки | $\Delta l = S_C \left[\frac{1}{f} \frac{(e^{fa} - 1) E_1 A' (E_1 A'_1 R'_0 + E_2 A'_2 R_0)}{(E_1 A'_1 + E_2 A'_2) (E_1 A' + E_2 A'_2)} + \frac{l_C}{E_1 A_1} + \frac{l_H e^{fa}}{E_1 A'_1} \right]. \quad (3)$ |

В зависимостях (1 – 3) использованы следующие обозначения: α_i – центральный угол i -ой наклейки i -ой тормозной ленты; β_i – угол между i -ой и $i+1$ накладками i -ой тормозной ленты; n_i – количество фрикционных накладок, которые расположены на i -ой тормозной ленте; l_{C_i} , l_{H_i} – длина, соответственно, сбегающей и набегающей ветви i -ой тормозной ленты; S_{C_i} – усилия натяжения сбегающей ветви i -ой тормозной ленты; R_0 , R'_0 – радиусы тормозной ленты и наклейки; A_1 , A_2 – площади поперечных сечений ленты и наклейки

Выводы. Таким образом, оценены жесткости та деформации тормозных лент разных конструкций фрикционных узлов ленточно-колодочного тормоза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Криштопа С. І. Контактно-імпульсна фрикційна взаємодія / С. І. Криштопа – Івано-Франківськ : Вид-во ІФНТУНГ, 2015. – 251 с.
2. Ленточно-колодочные тормозные устройства: монография: в 2 т., Т. 2 / Н. А. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. И. Криштопа, Д. Ю. Журавльов, В. А. Возный. – Кубанский государственный технологический университет, Краснодар – Ивано-Франковск: Изд-во Прикарпатского нац. ун-та им. В. Стефаника, 2013. – 441 с.
3. Ленточно-колодочные тормоза / [Е. И. Крыжановский, А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко и др.]. Монография (научн. изд.). в 2-х томах. Том 2. Ивано-Франковск. национал. техн. ун-т нефти и газа. – Ивано-Франковск, 2007. – 215 с.

МАГНИТНО ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА ТОПЛИВА

*Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Россохатый В.А.,
Де Деуш Антонио Бертем Да Глория*
Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Постановка проблемы. Магнитно импульсная обработка углеводородных топлив, инструмента, деталей машин и рабочих органов технологического оборудования широко используется как для диагностики изделий, так и для повышения их качеств: упрочения и повышения надёжности их работы [4]. Перспективным является повышение экономической эффективности и экологических показателей топлива судовых энергетических установок при его магнитно импульсной обработке. Исследования влияния магнитно импульсной обработки на характеристики топлива в настоящее время проводятся без выяснения механизма такой обработки, без досконального экспериментального изучения влияния параметров обработки на его физические и химические свойства.

Актуальность. Стоимость топлива за последние годы значительно возросла, а запасы органического топлива ограничены, распределены неравномерно и интенсивно вырабатываются. Проблема экономии в использовании топлива, а также экологические проблемы, связанные с продуктами его сгорания, относятся к наиболее актуальным сегодня проблемам. Магнитно импульсная обработка топлива позволяет существенно повысить его экономическую эффективность и экологические показатели, что и определяет актуальность предлагаемой работы.

Анализ последних публикаций и постановка задачи исследования. Для уменьшения затрат на перевозку грузов морским транспортом, судовые двигатели переводят на наиболее дешёвые высоковязкие сорта углеводородных видов топлива (мазуты), это малооборотные судовые дизели большой мощности, которые применяются в качестве главных двигателей и работают в основном на тяжёлых сортах топлива. Тяжёлые нефтепродукты представляют собой сложную коллоидную систему, смесь различных жидких и твёрдых органических и неорганических веществ: горючих, негорючих и внешнего балласта. Образующаяся при сжигании мазута зола, отлагаясь на поверхностях нагрева вызывает ускоренный износ трущихся поверхностей, затрудняют отвод тепла [5]. Для экономии топлива и увеличения срока службы двигателей, а также для уменьшения выбросов вредных веществ, наибольшее распространение получили такие способы обработки топлива как использование присадок, катализаторов-активаторов и магнитно импульсной обработки. Из магнитных обработок более перспективной является магнитно импульсная обработка топлива.

Целью настоящей работы является изучение возможности использования магнитно импульсной обработки топлива. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: раскрыть механизм магнитно импульсной обработки при учетывании особенностей свойств топлива, как жидкого диэлектрика.

Изложение материалов исследований. Нефтепродукты (топливо, масла) относятся к диэлектрикам, на поверхности которых обычно накапливается заряд статического электричества. Носителями заряда в нефтепродуктах являются ионы, заряженные частицы, пузырьки газа. Электроны легко прилипают к нейтральным молекулам и не существуют в свободном состоянии. Рекомбинация носителей заряда в топливе затруднена, поскольку заряды, взаимодействуя со средой, легко окружаются соседними молекулами, ориентированными соответствующими концами постоянных или индуцированных диполей к ионам. При нахождении в топливе инородных включений происходит их диссоциация, то есть превращение молекул в пару ионов. Вода, находящаяся в топливе и являясь самым сильным растворителем, облегчает ионизацию других примесей и увеличивает тем самым его электропроводность. Топливо можно

рассматривать как неупорядоченную среду. Ограничения по концентрации акцепторов [1] в топливе, как неупорядоченной структуре, следующие:

а) как и в твёрдых телах, для применения температурного разброса ловушек расстояние между донорами и акцепторами в топливе должно быть намного больше расстояния между соседними атомами;

б) концентрация ловушек должна быть достаточно большой, чтобы между ними было малое геометрическое расстояние R , обуславливающее эффективную донорно-акцепторную рекомбинацию (ДАР) носителей заряда:

$$W_f = W_{f_0} \exp\left(-\frac{2R}{a_0}\right)$$

где W_f – коэффициент ДАР; W_{f_0} – постоянная, a_0 – порядка расстояния между ближайшими атомами. В случае температурного разброса ловушек наиболее вероятное расстояние для удалённых донорно-акцепторных пар (R_m) определяется выражением:

$$R_m = (2\pi N_a)^{-1/3}$$

Энергия кулоновского взаимодействия между ловушками равна:

$$E_g = \frac{q^2}{4\pi\epsilon\epsilon_0 R_m}$$

В пространственной схеме ДАР носители заряда на границе неоднородности (включения) учитываются как положение ловушек с концентрацией N_a , N_d , так и положение свободных неравновесных и равновесных электронов с концентрациями n , n_0 и дырок p , p_0 , соответственно (рис. 1).

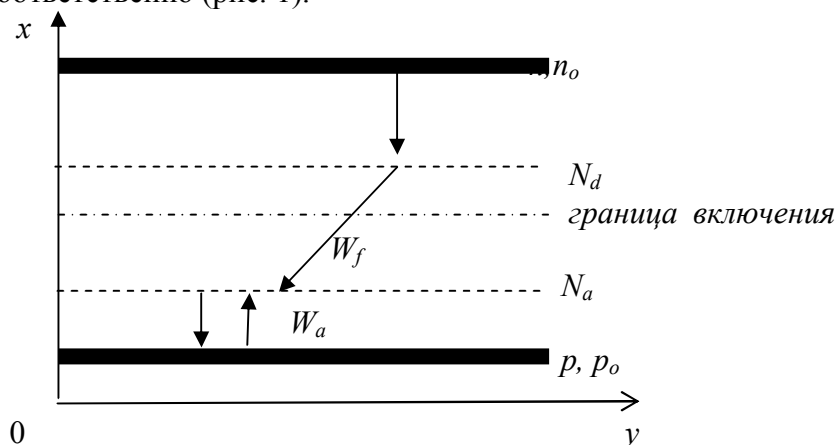


Рисунок 1 – Схема ДАР носителей заряда на границе включения

По представленной схеме на доноры могут захватываться неравновесные и равновесные электроны n , n_0 , а на акцепторы могут захватываться вследствие теплового разогрева и освобождаться с вероятностью W_a как равновесные, так и не равновесные дырки p , p_0 . Отличительной особенностью полученного выражения для электропроводности – это возможность её долговременной релаксации (в течении нескольких суток). Такая долговременная релаксация электрических зарядов характерна для нефтепродуктов, как диэлектриков.

При рассмотрении магнитно импульсной обработки топлива можно выделить следующие моменты:

1. При магнитно-импульсной обработке топлива участие воды в его гомогенизации необязательно. Дробление топливных капель происходит за счёт разрыва связей в донорно-акцепторной паре на границе включений и в длинных полимерных цепочках органического топлива под воздействием импульсов магнитного поля.

2. При магнитно импульсной обработке топлива энергия электромагнитного поля расходуется только на перемещение электрических зарядов противоположной полярности, расположенных на границах неоднородности и, возможно, в местах разрыва

радикалов длинных молекулярных цепей. Таким образом, для концентрации энергии в локальных областях потребуется на несколько порядков меньше её общие затраты. Сам механизм гомогенизации при магнитно-импульсной обработке может быть аналогичным гидродинамическому методу.

3. В процессе магнитно импульсной обработки полимерные цепочки органического топлива рвутся, образуя большое количество активных сторон молекул, которые вступают в процесс окисления одновременно и значительно быстрее. Образованные при разрыве связей в молекулах свободные радикалы имеют большую способность к возгоранию, чем замкнутые молекулы. Сера и парафины в процессе дробления образуют поверхностно-активные вещества, которые окружают микрочастицы эмульсии и препятствуют их дальнейшему слипанию. Происходит эмульгирование топливной смеси.

Выводы. В работе рассмотрен процесс воздействия магнитно импульсной обработки на топливо, как неупорядоченное вещество. Наличие высокомолекулярных соединений и зарядов, имеющих ионную природу, возможность механического перемещения слоёв топлива, значительно усложняют в сравнении с твёрдыми телами процесс ДАР. В связи с более сложной структурой топлива и наличием слабых связей в молекулах, влияние электромагнитных полей на топливо более сильное, чем на твёрдые тела. Отсутствие теоретической модели процесса магнитно импульсной обработки топлива и соответствующей постановки эксперимента могут привести к наблюдаемым противоречивым его результатам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богданов А.В., Малыгин Б.В., Бень А.П., Коновалов М.Ю. Влияние параметров МИО на донорно-акцепторную рекомбинацию носителей заряда в неупорядоченных структурах // Науковий вісник ХДМІ. – 2011. – № 2(5). – С. 93-101.
2. Богданов А.В., Малыгин Б.В. Электропроводность твёрдых тел по донорно-акцепторным парам // Вестник Херсонского технического университета, 2010. – №1(37). – С. 28-32.
3. Латугова М.Н., Лукина Л.Г. Топливо : учеб. пособие. – СПб. : Петербургский государственный университет путей сообщения, 2005. – 35с.
4. Малыгин Б.В., Бень А.П. Магнитное упрочение изделий (теория и практика). – Херсон: Издательство Херсонского государственного морского института, 2009. – 352с.
5. Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Васильченко Г.Ю., Сапронов А.А. Методы повышения экологической безопасности в процессе магнитной обработки углеводородных топлив для двигателей внутреннего сгорания // Науковий вісник ХДМІ, 2011. – № 2 (5). – С. 132-141.

СУДОВАЯ АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ РАЗВИТИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Настасенко В.А.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Работа относится к сфере альтернативной энергетики на транспортном флоте и технико-экономическим проблемам ее применения.

Современные суда транспортного флота потребляют в сутки от 10 т топлива (суда типа река-море) до 350 т (магистральные контейнеровозы). Основными судовыми топливами являются продукты переработки нефти, которые при сжигании в судовых силовых энергетических установках (СЭУ) безвозвратно теряются. При общем количестве ежегодно эксплуатируемых в мире судов около 25 тыс. штук, в среднем по 250 суток и усредненном потреблении 1-м судном 100 т топлива в сутки, его общие годовые расходы M_m составляют:

$$M_m = 100 \text{ (т/сутки)} \times 25 \text{ (тыс. шт.)} \times 250 \text{ (суток)} \approx 625 \text{ (млн. т)} \quad ()$$

Таким образом, транспортный флот является потребителем около 10% добываемой нефти, мировые запасы которой непрерывно уменьшаются и могут быть исчерпаны в текущем столетии [1], что составляет потенциальную угрозу для всего человечества.

Другой потенциальной угрозой является то, что при сжигании топлива на базе нефти и газа образуются вредные для природы вещества [2], в т.ч. – диоксид углерода CO_2 (табл. 1), ведущий к усилению парникового эффекта.

Таблица 1 – Сравнительные количественные показатели вредных выбросов при сжигании традиционных судовых топлив [2]

| Тип топлива | Количество вредных выбросов, г/(кВт·ч) (по данным MARINTEC) | | | |
|--|--|--------|-----------|-----------------|
| | SO_x | NO_x | CO_2 | Твердые частицы |
| Мазут (3,5% масс. соединений серы) | 13 | 9 – 12 | 580 – 630 | 1,5 |
| Морское дизельное топливо (0,5% масс. соединений серы) | 2 | 8 – 11 | 580 – 630 | 0,25 – 0,5 |
| Очищенное дизельное топливо (0,1% масс. соединений серы) | 0,4 | 8 – 11 | 580 – 630 | 0,15 – 0,25 |
| Природный газ (сжатый или сжиженный) | 0 | 2 | 430 – 480 | 0 |

Переход на очищенное топливо уменьшает лишь выбросы вредных веществ, но не уменьшает выбросы CO_2 . Замена топлив на базе нефти природным газом отодвигает сроки его полного исчерпания на 20...40 лет и уменьшает объемы вредных выбросов, в т.ч. CO_2 , однако не ведет к полному их исключению и решению проблемы парникового эффекта. При среднем расходе топлива на выработку 1 кВт/ч энергии в судовых двигателях внутреннего сгорания (ДВС) $\Delta q = 170 \text{ г/(кВт·ч)}$, с учетом данных табл. 1 и общей массы потребляемого судами топлива $M_m = 625 \text{ млн. т}$ (1), получим общую среднегодовую массу M_e выбросов CO_2 ,

$$M_e = 625 \text{ (млн. т)} \frac{580 \dots 630 \text{ (г / кВт)} }{170 \text{ (г / кВт)}} \approx 2100 \dots 2300 \text{ (млн. т)}. \quad (2)$$

Таким образом, транспортный флот является одним из существенных источников выбросов вредных веществ в атмосферу Земли.

Анализ состояния проблемы и постановка задач работы. Проблема уменьшения выбросов CO₂ является важной и актуальной задачей, решению которой посвящен Парижский Саммит 2015 года [3].

На транспортном флоте для ее решения необходимы: 1) переход на иные виды топлива, из которых наиболее перспективным считается водород, при сжигании которого образуется экологически чистый продукт – вода и не образуются газы парниковой группы CO и CO₂; 2) экономия расхода топлива.

Экономия расхода топлива для судов возможна различными путями:

1. Уменьшением мощности судовых потребителей энергии.
2. Увеличением эффективности ДВС и пропульсивной установки.
3. Прямой экономией топлива при использовании топливных смесей: нефте-водных, нефте-газовых, водно-угольных и др.
4. Использованием нетрадиционной энергетики.

Все эти пути применяются в настоящее время, а особенно – в проектах экологически чистых судов будущего. Основу их СЭУ составляют водородные топливные системы [4], которые напрямую вырабатывают электрический ток, питающий ходовой электродвигатель судна. Однако до 20% энергии могут вырабатывать ветряные и солнечные энергетические системы, использующие бросовую энергию, отказ от которой можно считать расточительством. Анализ условий ее наиболее эффективного использования является *главной целью данной работы*. Ее научную новизну составляет сравнение технико-экономических показателей и разработка на их базе рекомендаций по развитию альтернативных энергетических систем.

Обоснование возможностей эффективного применения судовой альтернативной энергетики. Автоматический перенос на суда транспортного флота получивших на суше широкое распространение ветряных и солнечных энергетических установок – ведет к ряду проблем, поскольку конструкция судов и условий их эксплуатации имеют свои отличительные особенности, основными из которых являются:

1. Потребность перевозки грузов на палубе;
2. Потребность своевременной доставки грузов;
3. Большие мощности основных судовых энергетических установок.
4. Отсутствие места для размещения нетрадиционных энергетических систем.
5. Работа в условиях сильного ветра, качки судна, воздействия волн, атмосферных осадков и агрессивных испарений морской воды.

Учитывая, что в недалеком XIX веке большинство судов были парусными, основным видом в проектах судов будущего стало применение мачтовых и гибких парусных систем *попутного принципа действия*. Однако их недостаток для судов, уже использующих другие системы движения, развивающие скорость 7...10 м/с, требуемую для своевременной доставки грузов – невозможность применения парусов при скорости ветра меньшей скорости судна, а при скорости ветра >20 м/с – эксплуатация парусов становится опасной. Поскольку попутный ветер со скоростью от 7 до 20 м/с не всегда возникает в период выполнения рейса, это ограничивает область применения таких систем, а при встречном ветре – система парусов просто мешает движению судна. Поэтому их эффективное применение возможно в среднем не более 1/3 общего времени выполнения морских переходов (≈ 250 суток в год).

Среди парусных систем более предпочтительна система SkySails [5] которая дешевле и проще в использовании, чем системы мачтовых парусов, и обеспечивает возможность использования палубы для перевозки грузов при минимальном креновании корпуса судна.

По данным фирмы Zeppelin [5] тяга паруса системы SkySails составляет величину $P_{II} = 0,5 \text{ кН на } 1 \text{ м}^2$, которая растет прямопропорционально площади паруса, а мощность системы растет прямопропорционально превышению скорости ветра над скоростью судна, составляющую 7...10 м/с.

Тогда при используемой среднеарифметической скорости попутного ветра 14 м/с половину времени рейса (более точно ее можно определить для конкретного рейса с учетом стабильности розы ветров) эквивалент мощности составит 3,5...2 кВт/ч, а для получения дополнительной мощности в 1 МВт/ч – потребуется площадь паруса от 300 до 500 м². Такая мощность достигает от 20% до 5% мощности судовых ДВС в 5...20 МВт. Однако стоимость системы SkySails с парусом площадью 320 м², и ее установкой на судне, составляет около 700 тыс. €. При использовании системы в среднем до 1/3 общего времени выполнения морских переходов (≈ 250 суток в год по 12 часов в сутки, поскольку в ночное время ее применение затруднено), годовой эквивалент выработанной энергии составит величину $N_{II} \approx 1000$ МВт.

Учитывая более высокую сложность изготовления и эксплуатации всех известных поворотных или подъемных парусных систем в проектах судов будущего [6–8], их стоимость и получение в них эквивалента 1 кВт/ч мощности будут более высокими, чем в системе SkySails. Поскольку для жестких огибаемых ветром парусов КПД снижен с 0,5 до 0,2 [9], а у подъемных парусов КПД снижен за счет сложности их ориентации к направлению ветра, поэтому их показатели тяги снизятся, даже при 24 часах эксплуатации в сутки, что адекватно ухудшит технико-экономические показатели эксплуатации мачтовых парусных систем.

Устраняют указанные недостатки системы встречного принципа действия, которые могут работать при полном отсутствии ветра, только за счет собственной скорости судна 7...10 м/с [10]. Они вырабатывают универсальную для применения энергию – электрическую, мощность которой растет при встречном ветре от скорости 1 м/с, до 20 м/с. Кроме того работа таких систем возможна также на якорной стоянке фактически при любом направлении ветра, поскольку судно ориентируется носом к нему, а у стенки пирса в порту – при встречном ветре, что реально сводит ее применение до 1/2 времени длительности года в 365 суток.

Для судовых ветряных систем встречного принципа действия наиболее эффективны электрогенераторные с барабанными ветряными колесами, размещенными вплотную на лобовой поверхности надстроек судна [10]. В этом случае вредная работа сопротивления встречному потоку воздуха надстроек судна превращается в полезную работу барабанных ветряных колес. Мощность 1-го ветряного колеса диаметром 0,75 м и длиной 4 м при скорости судна 7 м/с и полном отсутствии встречного ветра составит 1,5 кВт/ч, а при среднерейсовой скорости встречного ветра 14 м/с – мощность достигает 9 кВт/ч. При установке на надстройке судна 32 таких ветряных колес, они обеспечат суммарную мощность до 0,3 МВт/ч, или 6...1,5% мощности ДВС в 5...20 МВт.

При использовании системы из 32 модулей стоимостью по 10 тыс. € и при стоимости рамы для их установки на палубе судна 50 тыс. €, с общей стоимостью системы $10 \times 32 + 50 = 370$ тыс. €, работающей в среднем до 1/3 длительности года в 365 суток по 24 часа в сутки, общий эквивалент вырабатываемой электроэнергии составит величину $N_K \approx 876$ МВт.

Солнечные судовые энергетические системы, заменяющие ДВС на 100%, созданы лишь для маломощных тихоходных судов. При этом учитывали опыт изготовления и эксплуатации яхты-катамарана на солнечных батареях «Solarwave 62» (Солнечная волна) [11]. Снижение ее цены обеспечено уменьшением размеров яхты, стоимости материалов и сокращением площади солнечных батарей до 80 м². Это привело к снижению их мощности до 15 кВт/ч при удельной мощности 0,186 кВт/(ч·м²), и снизило скорость яхты до 7 узлов. В данном проекте стоимость 1 м² панелей солнечных батарей и обслуживающих их систем составила около 1000 €, с общей стоимостью 80 тыс. €. При эффективном использовании систем в среднем до 3/4 длительности года в 365 суток по 12 часов в сутки, общий эквивалент энергии составит $N_C \approx 49$ МВт.

Учитывая, что для выработки 1 кВт энергии судовые электрогенераторы расходуют 0,18 кг дизельного топлива или 0,19 кг мазута, то его годовая экономия в пределах

мощностей указанных альтернативных энергетических систем составит величину ΔQ , тогда при нынешней стоимости 1 кг дизельного топлива около 0,35 € и мазута около 0,2 €, срок окупаемости проектов составит величину ΔT , приведенную в табл. 2. При этом учитывали, что расходы на эксплуатацию и обслуживание систем составляют около 10% от их исходной стоимости.

Приведенные данные показывают, что сроки окупаемости рассмотренных судовых экологически чистых проектов в современных условиях составляют от 12 до 30 лет. Более высокая экономичность барабанных ветряных систем встречного принципа действия имеет ограничения в применении, поскольку реальные площади поверхностей лобовых надстроек не позволяют получить мощность более 1 МВт, что не превышает 4% мощности судовых ДВЗ. Учитывая, что разработки со сроком окупаемости свыше 5 лет считаются экономически нецелесообразными, поэтому экологически чистые проекты [4–8, 10] малопривлекательны для судовладельцев и частного капитала и практически сводятся к дотационным.

Таблица 2 – Соотношение затрат и сроков окупаемости ветряных систем попутного и встречного принципов действия и солнечных фотодиодных систем

| Эквивалент мощности (тыс. кВт) | Расходы на систему (тыс. €) | Экономия топлива ΔQ (тыс. кг) | Стоимость 1 кг топлива (€/кг) | Экономия затрат (тыс. €) | Срок окупаемости ΔT (годы) |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|------------------------------------|
| 1000 [5] | 700×1.1= = 770 | 180 | 0.35 | 63 | 12,1 |
| | | 190 | 0,2 | 38 | 20,2 |
| 876 [10] | 370×1.1= = 407 | 149 | 0.35 | 52 | 7,8 |
| | | 166 | 0,2 | 33 | 12,3 |
| 49 [11] | 80×1.1= = 88 | 14,4 | 0.35 | 5 | 17,6 |
| | | 15,2 | 0,2 | 3 | 29,3 |

Переход на водородное топливо также требует развития альтернативной энергетики для удешевления электролиза воды, как основного процесса получения водорода, исключаяющего попутное выделение газов парниковой группы в более дешевых химических процессах.

Учитывая, что в решениях Саммита COP-21, проведенного в Париже в 2015 г., судовая энергетика выведена из списка систем, требующих сокращения выбросов CO₂, на которые с 2020 г. выделяется ежегодная сумма в 100 млрд. €, поэтому она не сможет быть направлена в сферу судоходства, что требует пересмотра данной политики.

Общие выводы по работе.

1. При современных ценах на топливо около 200 € за 1 т, любые экологически чистые проекты сводятся к дотационным, поэтому нынешнее резкое снижение цен на нефть чревато отсутствием прогресса в их создании и внедрении, что в угоду ситуационных интересов некоторых стран мира увеличивает угрозу усиления парникового эффекта для всех стран мира.

2. Экологически чистые проекты судов могут быть экономически привлекательными для судовладельцев и частного капитала при снижении их себестоимости в 2 раза и при стоимости топлива свыше 450 € за 1 т, что следует учитывать в ценовой политике и в объемах добычи нефти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кемпбел К. Грядущий нефтяной кризис –М. : Группа независимых издателей, 1997. – 210 с.
2. Шурляк В.К. Применение альтернативных видов энергии и альтернативных топлив на морских судах / СПГ как альтернативное топливо для морских судов. Материалы Всероссийского Семинара – С-Петербург, ГМА им. Макарова, 2012. – 24 с. www.korabel.ru/filemanager/OTHER/0/0/3.pdf

3. COP-21. Парижский Всемирный Саммит 2015 года по проблемам климата (www.un.org/sustainabledevelopment/ru/cop21/)
4. Г.А.Месяц, М.Д.Прохоров, «Водородная энергетика и топливные элементы» www.VIVOS_VOCO
5. Zeppelin SkySails, Sales and Service – Germany, Hamburg: 2007 – 32 p.
6. http://www.nyk.com/english/release/31/NE_090422.html
7. <http://www.ecomarinepower.com/en/energysail>
8. <https://www.youtube.com/watch?v=wAIAC4vU4IM>
9. Агеев В.А. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии (курс лекций). – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та. Кафедра теплоэнергетических систем, 2004. - 343 с.
10. Заявка на патент Украины на изобретение № 201405695 Спосіб установки на судні системи вітрових генераторів барабанного типу. Від 25.05.2014 р. Авт. Настасенко В.О.
11. www.solarwave-yachts.com

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ РОЗПУШУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Міщук Д.О.

Київський національний університет будівництва і архітектури
(Україна)

Вступ. Інтенсивне освоєння родовищ корисних копалин і будівництво нафто- і газопроводів неможливо без сучасної землерийної техніки, здатної розробляти міцні та мерзлі ґрунти.

Одним з основних видів машин, що здійснюють розробку таких ґрунтів являються навісні розпушувачі на базі гусеничних тракторів, робочий процес яких характеризується найменшою енергоємністю процесу руйнування ґрунту.

Аналіз публікацій. У зв'язку з тим, що мерзлі і міцні ґрунти мають підвищену міцність їх розробка землерийними машинами неможлива без попередньої обробки спрямованої на зниження опору ґрунту при подальшій його розробці.

Нині використовуються різні способи розробки мерзлих і міцних ґрунтів [1 – 6], основні з яких буропідривні роботи та розпушування ґрунту навісними розпушувачами.

Найбільш ефективним способом руйнування мерзлих та міцних ґрунтів з точки зору продуктивності машин і собівартості розробки ґрунту є горизонтальне пошарове розпушування навісними розпушувачами на базі потужних тракторів [1 – 6]. В цьому випадку відрив стружки ґрунту від масиву відбувається у напрямі відкритої поверхні, що є найменш енергоємним способом, оскільки тут переважають зусилля розтягування (розриву) ґрунту, які у декілька разів менші ніж зусилля стиску або зсуву.

Розпушування ґрунту, в порівнянні з виконанням земляних робіт буропідривним методом, забезпечує зниження, сприяє підвищенню якості робіт і є менш небезпечним для довкілля.

В наведених роботах здійснено аналіз факторів і приведені математичні рівняння для визначення положення робочого органа розпушувача, але не складена математична модель визначення складових змін крутного моменту двигуна трактора-тягача у залежності від цього параметра.

Мета і постановка задачі. Ефективність розпушувального обладнання значною мірою залежить від раціональних режимів роботи силової установки. Системи керування, що серійно випускаються на цей час, прилади індикації, а також уповільнена реакція людини-оператора на умови робочого процесу, що швидко змінюються, не дозволяють повною мірою використати тягово-зчіпні якості машини.

У зв'язку з цим необхідно розробити математичну модель робочого процесу розпушувального агрегату.

Актуальною є проблема подальшого вдосконалення систем керування розпушувальних агрегатів, що частково або повністю виключає людину-оператора з контурів управління двигунами внутрішнього згорання і положенням робочого органу.

Метою роботи є підвищення ефективності розпушувального агрегату шляхом визначення складових змін крутного моменту трактора-тягача в залежності від положення робочого органа розпушувача.

Математична модель руху розпушувального агрегату.

Будь-який машино-тракторний агрегат є багатомасовою системою [7, 8 і ін.]. При аналізі поступального руху базового трактора можна виділити наступні основні маси: двигун внутрішнього згорання, трансмісія, остов трактора, навісне обладнання, відповідно (рис. 1).

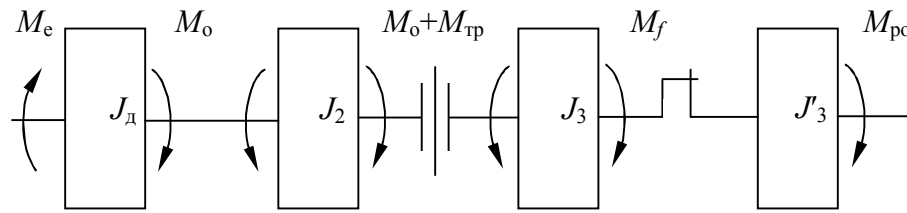


Рисунок 1 – Динамічна схема базового трактора з механічною трансмісією

На рис. 1 позначено: M_e – ефективний крутний момент, що виробляється двигуном внутрішнього згорання; M_c – момент опору на валу двигуна внутрішнього згорання; $M_{тр}$ – момент на валу трансмісії; M_b – момент на умовному валу трактора; M_f – момент опору коченню трактора; M_{po} – момент опору, що створюється робочим органом; J_d , J_2 , J_3 і J'_3 – моменти інерції двигуна внутрішнього згорання, трансмісії, трактора і навісного устаткування, відповідно.

Двигун внутрішнього згорання і трансмісія створюють інерційні моменти внаслідок нерівномірного обертального руху, а озов і навісне обладнання – інерційні сили внаслідок нерівномірного поступального руху. Умовно прийнявши, що кожна з вище перелічених мас є валом, що здійснює обертальний рух відносно своєї осі, замінюємо двигун внутрішнього згорання «валом двигуна внутрішнього згорання» з моментом інерції J_d , трансмісію – «валом трансмісії» з моментом інерції J_2 . Поступальний рух трактора замінений рухом «вала трактора» з моментом інерції J_3 , рух навісного обладнання – «валом навісного обладнання» з моментом інерції J'_3 .

При складанні рівнянь руху базового трактора прийняті наступні допущення:

- базовий трактор рухається прямолінійно;
- з'єднання умовних валів не деформуються (втрати енергії на деформацію незначні);
- з'єднання навісного обладнання і озову абсолютно жорстке.

Рівномірний прямолінійний рух базового трактора, виражений в моментах, приведених до умовного валу трактора:

$$M_b = M_f + M_{po}, \quad (1)$$

де M_b – момент на умовному валу трактора; M_f – момент опору коченню трактора; M_{po} – момент опору, що створюється робочим органом.

З урахуванням нерівномірного прямолінійного руху, викликаного діями на ходове обладнання нерівностей мікрорельєфу, це рівняння набере вигляду:

$$M_b = (J_3 + J'_3) \frac{d\omega_2}{dt} + M_f + M_{po} - M_\alpha, \quad (2)$$

де ω_2 – кутова швидкість умовного валу трактора; M_α – приведений до валу трактора момент, що виникає від руху трактора під ухил (за позитивний кут прийнятий нахил трактора вперед по ходу руху).

Момент опору коченню трактора, приведений до валу трактора:

$$M_f = \frac{r_k}{i_{тр}} P_f, \quad (3)$$

де P_f – дотична сила опору коченню базового трактора; $i_{тр}$ – передаточне число трансмісії; r_k – радіус ведучого колеса базового трактора.

При прямолінійному русі сила P_f залежить від параметрів рушія, ваги машини, дійсної швидкості її руху і ґрунтових умов. Для даного трактора, при роботі на цьому

грунті з цим навісним обладнанням:

$$P_f = f(v_{\text{тр}}). \quad (4)$$

Експериментальна крива $P_f = f(v_{\text{тр}})$ для трактора Т-170, на ґрунті V категорії, представлена на рис. 2.

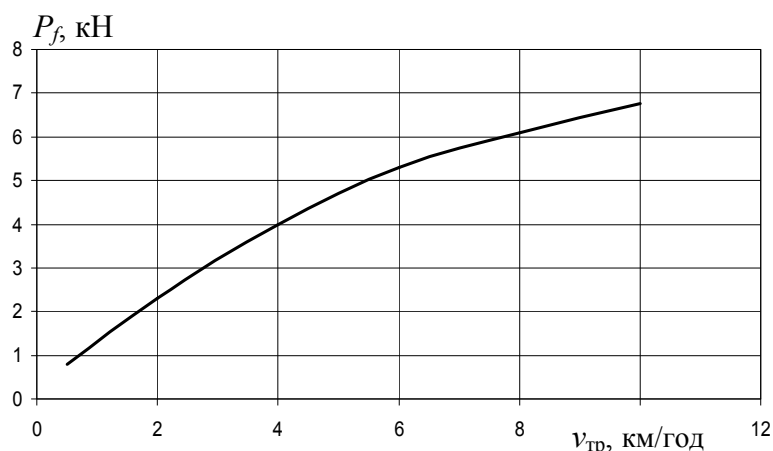


Рисунок 2 – Залежність сили опору коченню базового трактора від дійсної швидкості його руху

Рівняння, що апроксимує залежність $P_f = f(v_{\text{тр}})$, має вигляд (рис. 2):

$$P_f = -0,05v_{\text{тр}}^2 + 1,15v_{\text{тр}} + 0,2. \quad (5)$$

Момент опору, що створюється робочим органом:

$$M_{\text{по}} = \frac{r_{\text{к}}}{i_{\text{тр}}} P_{\text{кр}}, \quad (6)$$

де $P_{\text{кр}}$ – сила тягового опору.

Момент, що виникає від руху трактора під ухил, визначається з виразу [9]:

$$M_{\alpha} = \frac{r_{\text{к}}}{i_{\text{тр}}} G_{\text{ра}} \sin \alpha, \quad (7)$$

де $G_{\text{ра}}$ – вага розпушувального агрегату; α – кут нахилу базового трактора відносно горизонтальної площини.

Дійсна швидкість руху базового трактора визначається з виразу [9]:

$$v_{\text{тр}} = \frac{r_{\text{к}}}{i_{\text{тр}}} \omega_2, \quad (8)$$

$$\omega_2 = (1 - \delta)\omega_{\text{д}}, \quad (9)$$

де δ – коефіцієнт буксування; $\omega_{\text{д}}$ – кутова швидкість умовного вала двигуна.

Залежність коефіцієнта буксування від сили тягового опору, для гусеничного розпушувача при роботі на мерзлом ґрунті, може бути апроксимована залежністю:

$$\delta = a \left(\frac{P_{\text{кр}}}{P_{\text{кр max}}} \right), \quad (10)$$

де a – коефіцієнт, залежний від типу рушія і поверхні руху; $P_{\text{кр max}}$ – максимальна сила тягового опору.

Для базового трактора Т-170, при роботі на мерзлом суглинку без шпор, коефіцієнт a може бути прийнятий рівним 0,06.

Таким чином, після підстановки в рівняння (2) виразів (3), (5)...(7) і виразів (9) і (10) в (8) отримуємо систему рівнянь, що описують нерівномірний поступовий рух

базового трактора:

$$\left\{ \begin{array}{l} \omega_2 = \left(1 - \frac{aP_{кр}}{P_{кр\max}} \right) \omega_d; \\ v_{тр} = \frac{r_k}{i_{тр}} \omega_2; \\ M_B = (J_3 + J'_3) \frac{d\omega_2}{dt} + \left(\frac{r_k}{i_{тр}} \right) \times \\ \times \left[(-0,05v_{тр}^2 + 1,15v_{тр} + 0,2) + P_{кр} - G_{ра} \sin \alpha \right] \end{array} \right. \quad (11)$$

Висновки. Таким чином, входом цієї математичної моделі руху розпушувального агрегату є значення наступних величин: кутова швидкість валу двигуна внутрішнього згорання і сила тягового опору, а виходом – величина моменту на умовному валу трактора.

У математичній моделі підсистеми «Остов – навісне устаткування» враховується згладжуюча здатність гусеничного рушія, а також вплив жорсткості підвіски на некеровані переміщення робочого органу розпушувача.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зеленин А.Н. Машины для земляных работ / А.Н. Зеленин, В.И. Баловнев, И.П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 424 с.
2. Горбатюк Є.В. Створення робочого органу землерийної машини з орієнтованими потоками виносу ґрунту: Дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.04. – Машины для земляных та дорожніх робіт / Є.В. Горбатюк – К.: КНУБА, 2006. – 180 с.
3. Щербаков Е.С. Исследование неуправляемых перемещений рыхлительного агрегата с целью повышения эффективности разработки мерзлых грунтов: Дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.04. – Дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины / Е.С. Щербаков. – М.: МАДИ, 1980. – 207 с.
4. Горбатюк Є.В. Аналіз тенденцій розвитку розпушувачих агрегатів / Є.В. Горбатюк, Т.В. Шевченко // Техніка будівництва: науково-технічний журнал, – К. : КНУБА, 2008. – Вип. 21 – С. 5-10.
5. Toshov J. V. Questions modeling of dynamics of drilling tools on the bottom hole. / J. V. Toshov, M. K. Shukurov // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, «East West» Association for Advanced Studies and Higher Education GmbH. Vienna. 1-2 (1) 2014, – pp. 116-122.
6. Road and Bridge Construction Equipment. – Satya Narayan Shah: B.Sc. In Mechanical Engineering (India) MS in Manufacturing Engineering & Management (UK), January, 2012, 1 – 112 p.
7. Сукач М.К. Синтез землерийної і дорожньої техніки: Підручник / М.К. Сукач, Є.В. Горбатюк, О.А. Марченко. – К.: Ліра-К, 2013. – 376 с.
8. Слободин В.Я. Оптимизация параметров системы управления бульдозера с целью повышения эффективности процесса копания ґрунта: Дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.04. – Омск, СибАДИ, 1982. – 235 с.
9. Кутьков Г.М. Тяговая динамика тракторов. – М.: Машиностроение, 1980. – 215 с.

ЗНИЖЕННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МУФТ З ТОРЦЕВИМИ КАНАТАМИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ

Проценко В.О., Клементьєва О.Ю.
Херсонська державна морська академія
(Україна)

Актуальність дослідження. На рис. 1 наведена розрахункова схема муфти з торцевою установкою прямих канатів тангенціального розташування. Муфта містить ведучу і ведену напівмуфти, на кожній із яких встановлено z втулок із пальцями, якими закріплено відповідно z канатів. Втулка 1 встановлена у ведучій напівмуфті та під час прикладення до неї рушійного моменту $T_{вч}$ спричиняє натяг каната силою F_H , яка передається на втулку 2 та створює на веденій напівмуфті момент, який повинен переважати момент опору $T_{вн}$. Вказані моменти створюються коловими силами на втулках 1 і 2, відповідно F_{t1} та F_{t2} .

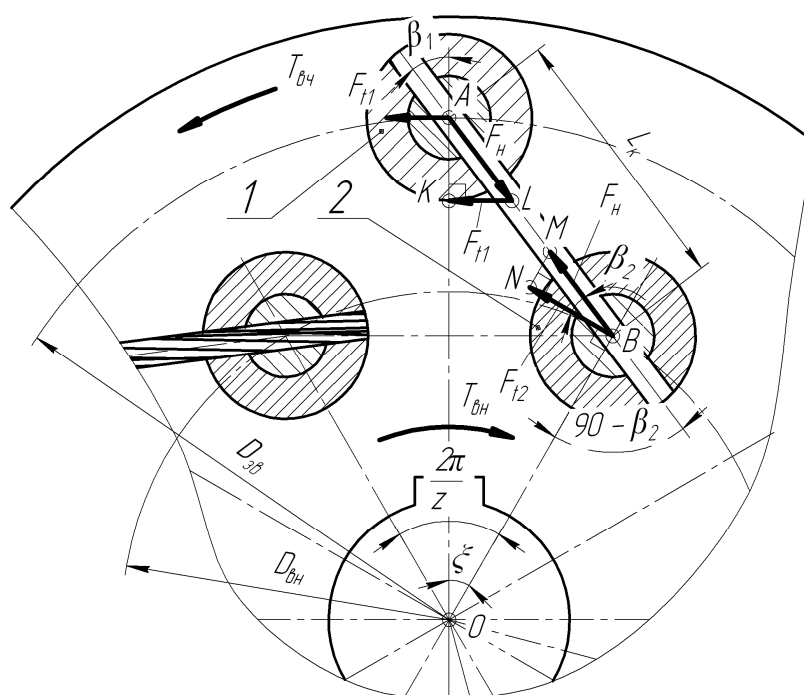


Рисунок 1 – Розрахункова схема муфти з торцевою установкою прямих канатів тангенціального розташування

Результати дослідження. Після розгляду та аналізу складеної схеми отримано вираз для визначення сили натягу канатів муфти:

$$F_H = \frac{4T \sqrt{0,25(\psi_D^2 + 1) - 0,5 \cos \xi \psi_D}}{z D_{6n} \sin \xi \psi_D} \quad (1)$$

де ξ – кут монтажного зміщення напівмуфт (компоновочний параметр); $\psi_D = \frac{D_{36}}{D_{6n}}$ – коефіцієнт діаметрів.

Виконане чисельне моделювання для муфти із $z = 6$, $D_{6n} = 95$ мм, $\xi = 45^\circ$ при обертовому моменті $T = 1000$ Нм та різних D_{36} , і відповідно ψ_D , дало можливість побудувати графік залежності сили натягу каната F_H від величини коефіцієнта діаметрів ψ_D (рис. 2). Аналіз цього графіка показує, що існує таке значення коефіцієнта ψ_D , при якому забезпечене, при рівних інших умовах, мінімальне значення сили натягу каната F_H .

Для модельної муфти, згідно рис. 2 цей коефіцієнт має значення близько $\psi_D = 1,4$. Очевидно, що для раціонального проектування муфти необхідно отримати вираз для обчислення цього оптимального, з точки зору зниження навантаженості канатів, значення коефіцієнта ψ_{DF} , щоб дати у майбутньому інструмент конструкторам для проектування мінімально навантажених муфт.

Проаналізуємо можливість отримання раціонального співвідношення діаметрів розташування втулок у зовнішній та внутрішній напівмуфтах з умови мінімізації навантаженості канатів та затискних елементів силою F_n , що адекватно пошуку мінімуму функції (1).

Для цього візьмемо першу похідну від (1) та прирівняємо її до нуля:

$$F'_n = \left(\frac{4T}{zD_{\text{вн}} \sin \xi} \times \frac{\sqrt{0,25\psi_D^2 - 0,5 \cos \xi \psi_D + 0,25}}{\psi_D} \right)' = 0. \quad (2)$$

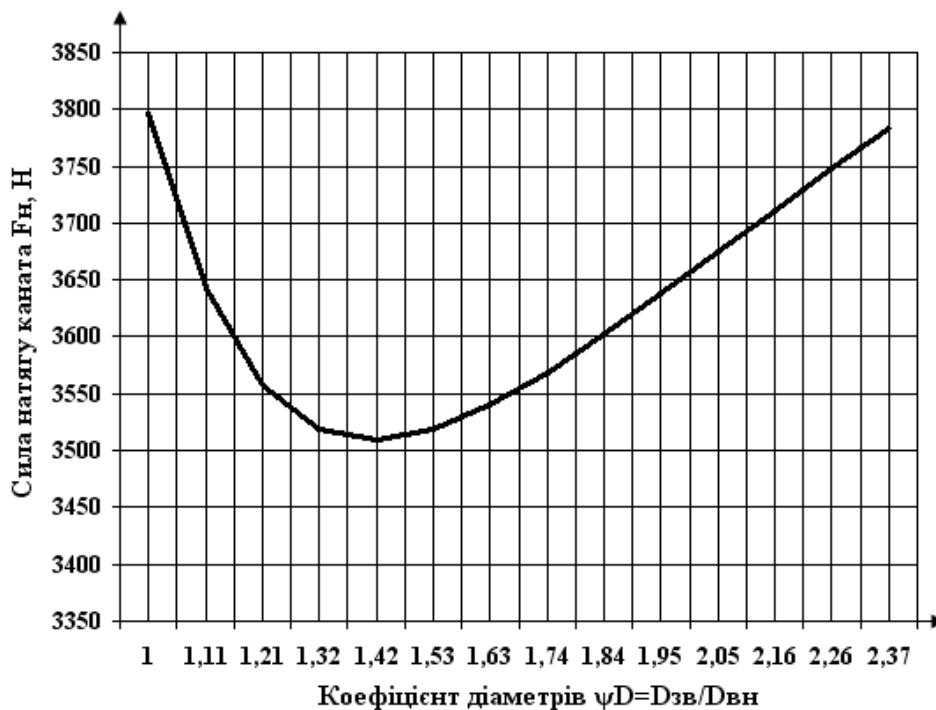


Рисунок 2 – Графік залежності сили натягу каната F_n від величини коефіцієнта діаметрів ψ_D

Очевидно, в останньому виразі (2) нулю рівним може бути тільки чисельник, тому матимемо наступний вираз:

$$(0,25\psi_D^2 - 0,5 \cos \xi \psi_D + 0,25)' \times \psi_D - \sqrt{0,25\psi_D^2 - 0,5 \cos \xi \psi_D + 0,25} = 0; \quad (3)$$

$$\frac{\psi_D(0,5\psi_D - 0,5 \cos \xi)}{2\sqrt{0,25\psi_D^2 - 0,5 \cos \xi \psi_D + 0,25}} - \sqrt{0,25\psi_D^2 - 0,5 \cos \xi \psi_D + 0,25} = 0; \quad (4)$$

Перетворення виразу (4) та розв'язання отриманого квадратного рівняння дає значення кореня (5):

$$\psi_D = \frac{1}{\cos \xi}. \quad (5)$$

Для модельної муфти матимемо:

$$\psi_D = \frac{1}{\cos \xi} = \frac{1}{\cos 45^\circ} = 1,41.$$

З виконаного розрахунку та співставлення його з графіком на рис. 2 видно, що вони адекватні одне іншому, що свідчить про правильність всіх міркувань та виконаних теоретичних досліджень. Відтак можна стверджувати, що отриманий вираз (5') дозволяє обчислювати оптимальний коефіцієнт діаметрів ψ_{DF} , який дає можливість виконати компоновку муфти із мінімальним натягом канатів.

$$\psi_{DF} = \frac{1}{\cos \xi}. \quad (5')$$

Відповідно оптимальний кут монтажного зміщення напівмуфт ξ_F , забезпечення якого дозволяє зменшити натяг канатів до мінімуму при відомому коефіцієнті діаметрів ψ_D можна знайти за формулою (6).

$$\xi_F = \arccos \frac{1}{\psi_D}. \quad (6)$$

Графічне зображення залежності (6) представлено на рис. 3 і являє собою номограму для вибору оптимального коефіцієнта діаметрів ψ_{DF} при відомому куті ξ , чи оптимального кута ξ_F при відомому коефіцієнті діаметрів ψ_D під час проектування муфти.

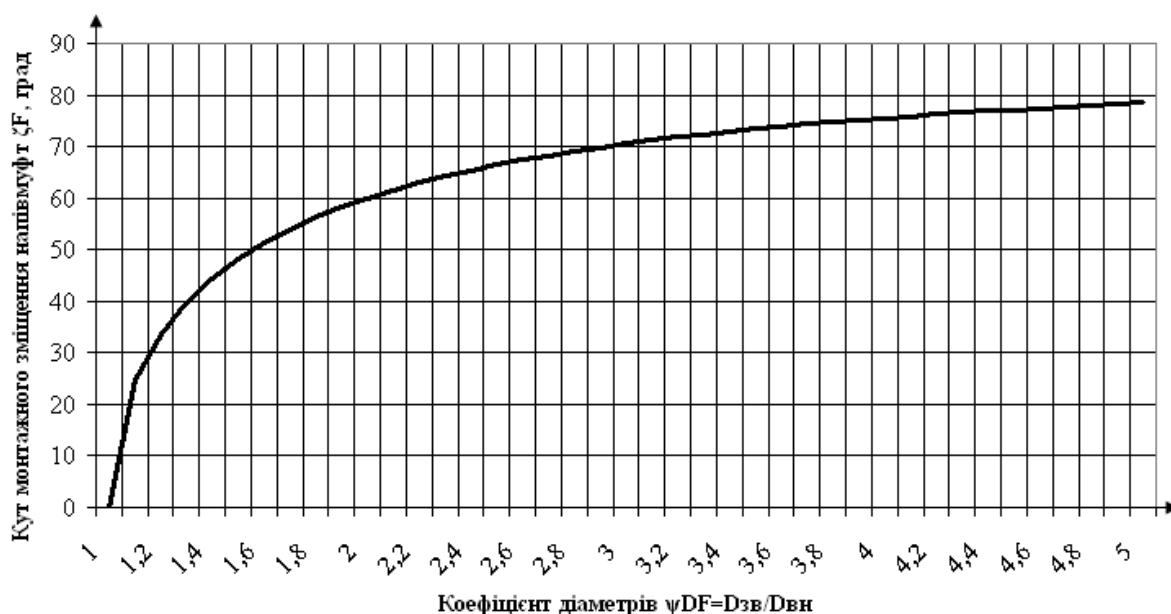


Рисунок 3 – Графік залежності оптимального коефіцієнта діаметрів ψ_{DF} від величини оптимального кута монтажного зміщення ξ_F

СИСТЕМНО-МОРФОЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ НОВИХ СПОСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРУЖНИХ ЛАНОК МАШИН

Проценко В.О.

Херсонська державна морська академія
(Україна)

Задача створення пружних ланок, що мають змінну жорсткість привела дослідників до розробки ряду оригінальних пристроїв: муфт, пружних елементів, вантажних підвісок, різного роду амортизаторів та ін. Відомі на сьогодні класифікації способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок мають недостатню чіткість та формалізованість, що ускладнює реалізацію системного підходу у синтезі нових технічних рішень. Тому в даній розроблено нову класифікацію цих способів з метою формалізації опису та організації системного синтезу цих технічних рішень.

Встановлені варіанти морфологічних ознак способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з класичними суцільними металевими елементами:

1. Вплив на внутрішній силовий фактор ($BC\Phi = var$).

Варіанти:

$BC\Phi$ незмінний (A_0);

зміна $BC\Phi$ послідовним навантаженням пружних елементів (A_1);

зміна $BC\Phi$ попереднім навантаженням (деформацією) пружних елементів (A_2);

зміна $BC\Phi$ забезпеченням змінного положення точки (лінії) прикладення зовнішнього навантаження до пружного елемента (A_3);

зміна $BC\Phi$ зміною величини зовнішнього навантаження на пружний елемент (A_4).

2. Вплив на геометричну характеристику перерізу ($ГХП = var$).

Варіанти реалізації:

$ГХП$ незмінна (B_0);

зміна $ГХП$ поворотом перерізу пружного елемента (B_1);

зміна $ГХП$ зміщенням перерізу пружного елемента (B_2);

зміна $ГХП$ зміщенням і поворотом перерізу пружного елемента (B_3);

Наведені ознаки допускають розширення за рахунок додавання зміни жорсткості перерізу $ЖП$ без зміни $ГХП$, або за її незначної зміни. Однак для класичних суцільних пружних елементів, що виготовлені з матеріалів із незмінним модулем пружності M , цей варіант не є можливим. Серед металевих елементів можливістю зміни $ЖП$ без зміни $ГХП$ характеризуються тільки сталеві канати, це доведено роботами ряду відомих вчених.

Аналізуючи формули для визначення зведених жорсткостей канатів та їх складових, можна зробити висновок, що резервом для зміни жорсткостей є керування пружними жорсткостями A , G та C , а також триборжорсткостями a , g та c . Таким чином, можна записати варіанти забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин за рахунок керування жорсткістю перерізу канатних елементів:

2. Вплив на жорсткість перерізу (для канатних елементів) ($ЖП = var$).

Варіанти реалізації:

$ЖП$ незмінна ($Bк_0$);

зміна $ЖП$ натягуванням каната ($Bк_1$);

зміна $ЖП$ стисканням каната ($Bк_2$);

зміна $ЖП$ закручуванням каната ($Bк_3$);

зміна $ЖП$ розкручуванням каната ($Bк_4$);

зміна $ЖП$ натягуванням і закручуванням каната ($Bк_5$);

зміна $ЖП$ натягуванням і розкручуванням каната ($Bк_6$);

зміна $ЖП$ стисканням і закручуванням каната ($Bк_7$);

зміна $ЖП$ стисканням і розкручуванням каната ($Bк_8$);

зміна ЖП виведенням з роботи окремих сталок (Бк₉);
 зміна ЖП зміною кривизни канатного елемента (Бк₁₀).

Зміну кожного із вказаних параметрів можна виконати тільки за рахунок підведення керуючої енергії, що реалізує керування жорсткістю і витрачається на поворот, зсув, розтягування чи стиск елементів згідно наведених варіантів. Тут можливі два варіанти – керуюча енергія є частиною енергії, що передається чи сприймається пружною ланкою, чи вона підводиться ззовні від незалежного джерела. При використанні того чи іншого варіанту забезпечення керуючого впливу на жорсткість, відповідні ланки будуть пасивними чи активними. Активні варіанти керування жорсткістю зазвичай складні та дорогі. З огляду на це далі розглядатимемо тільки варіант керування жорсткістю за рахунок енергії та керуючих параметрів джерелом яких є рух самої пружної ланки. Оскільки рух характеризується силовими та кінематичними параметрами – обертальним моментом та кутовою швидкістю при обертальному русі (силою та лінійною швидкістю при поступальному русі), то наступною морфологічною ознакою вважатимемо джерело керуючого впливу – навантаження (тоді керування жорсткістю буде здійснюватись за рахунок навантаження і реалізуватиметься зв'язок жорсткості із навантаженням) та швидкість (керування жорсткістю здійснюватиметься силою інерції, наприклад відцентровою при обертальному русі, і реалізуватиметься зв'язок жорсткості із швидкістю):

3. Джерело керуючого впливу.

Варіанти:

3.1. навантаження (механічний зв'язок жорсткості з навантаженням) (B₁);

3.2. швидкість (механічний зв'язок жорсткості з швидкістю) (B₂).

Таким чином, можна запропонувати нову класифікацію способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з суцільними металевими пружними елементами (рис. 1), яка характеризується більшою формалізованістю ніж існуючі та дозволить в майбутньому застосувати при створенні нових конструкцій пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими елементами системний метод морфологічного аналізу.

Морфологічна матриця синтезу способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з суцільними металевими елементами (СЗЖСМЕ) може бути представлена у вигляді (11).

$$СЗЖСМЕ = \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_0 \\ B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Тоді формула для визначення повного числа варіантів $N_{СЗЖСМЕ}$ розкриття матриці (1) набуде вигляду (2):

$$N_{СЗЖСМЕ} = (A) \times (B) \times (B) = 5 \times 3 \times 2 = 30. \quad (2)$$

Отже, за рахунок виконаних теоретичних досліджень встановлено, що можна виділити 30 основних способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з суцільними металевими елементами.

Морфологічна матриця синтезу способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з канатними елементами (СЗЖКЕ) може бути представлена у вигляді (3).

$$CЗЖКЕ = \begin{bmatrix} A_0 \\ A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Bк_0 \\ Bк_1 \\ Bк_2 \\ Bк_3 \\ Bк_4 \\ Bк_5 \\ Bк_6 \\ Bк_7 \\ Bк_8 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Тоді формула для визначення повного числа варіантів $N_{CЗЖКЕ}$ розкриття матриці (3) набуде вигляду (4):

$$N_{CЗЖКЕ} = (A) \times (Bк) \times (B) = 5 \times 8 \times 2 = 80 \quad (4)$$

Таким чином можна виділити 80 основних способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з канатними елементами.

Результати виконаних досліджень формують умови для розроблення нової класифікації пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими та канатними пружними елементами, що стане можливим після доповнення розроблених класифікацій способів забезпечення змінної жорсткості морфологічними ознаками що додатково характеризують технічні системи що розглядаються і становить джерело майбутніх досліджень.

Таким чином, в результаті виконання представлених досліджень можна зробити наступні **висновки**:

1. Існуючі класифікації способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин характеризуються недостатньою формалізованістю, що утруднює їх системне застосування для синтезу нових технічних рішень.

2. За рахунок виконання теоретичних досліджень встановлено морфологічні ознаки способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з суцільними металевими та канатними елементами та варіанти цих ознак.

3. Встановлення морфологічних ознак способів забезпечення змінної жорсткості пружних ланок машин з суцільними металевими та канатними пружними елементами дозволило запропонувати нові класифікації цих способів.

4. Розроблені морфологічні матриці синтезу способів забезпечення змінної жорсткості, розкриття яких дало можливість встановити, що для пружних ланок оснащених суцільними металевими пружними елементами можна виділити 30 способів забезпечення змінної жорсткості, а для ланок оснащених канатними пружними елементами – 80 способів забезпечення змінної жорсткості.

5. Показано, що механіка сталевих канатів, для випадку застосування їх у пружних елементах змінної жорсткості вивчена недостатньо і розкрито резерв для подальших досліджень.

6. Отримані результати являють собою морфологічні основи синтезу структури пружних ланок машин змінної жорсткості з суцільними металевими та канатними пружними елементами, оскільки дозволяють формалізувати опис цих конструкцій та можуть стати основою для організації системного синтезу нових технічних рішень.

АНАЛІЗ АСПЕКТІВ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ У ГАЛУЗІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СЕУ

Расторгуєв В.С.

Херсонський національний технічний університет

(Україна)

Вступ. Україна є однією з морських держав світу. І хоча її рейтинг у світовому масштабі морських держав останніми роками знижується у міру скорочення наявності самого флоту, вона все ще займає місце в числі перших 40 із понад 150 морських країн світу. Вітчизняним морським транспортом щорічно перевозиться понад 10 млн. т вантажів і 4 млн. пасажирів. Зовнішньоторгівельні зв'язки України здійснюються з 189 країнами світу через 19 торгових портів, об'єм переробки вантажів в яких перевищує 60 млн. т в рік. В умовах конкуренції, що постійно збільшується, все більш важливе місце набувають питання підвищення ефективності морських перевезень. Для вирішення цього питання у всьому світі застосовується проектний підхід.

Постановка завдання. Метою статті є аналіз аспектів розроблення проекту у галузі підвищення ефективності морських перевезень за рахунок удосконалення роботи СЕУ.

Основна частина. Для досягнення мети роботи необхідне вирішення наступних задач:

- визначення особливостей функціонування морського транспорту України;
- аналіз функціонування світових морських організацій;
- аналіз особливостей договору морського перевезення;
- розгляд методологічних підходів до управління проектами в цієї галузі;
- встановлення цілей та завдань управління проектом підвищення ефективності морських перевезень, визначення шляхів його реалізації;
- розробка основних елементів управління проектом, визначення часових та ресурсних параметрів;
- опис основних складових підвищення ефективності морських перевезень, визначення переліку та послідовності робіт та управлінських дій за проектом, що пропонується; встановлення взаємозв'язку між окремими стадіями реалізації проекту та їх складовими;
- обґрунтування методики розрахунку економічної ефективності вдосконалення суднової енергетичної установки;
- узагальнення результатів створення проекту та формулювання висновків про доцільність його реалізації з позицій економічної ефективності та керованості на базі проектного підходу.

За договором перевезення транспортна організація (перевізник) зобов'язується доставити пасажирів, вантаж, багаж до пункту призначення в іншій державі, видати вантаж (багаж) уповноваженій особі (одержувачу). Відправник чи пасажир зобов'язані оплатити таку послугу. Міжнародним вважається перевезення, здійснюване між двома чи більшою кількістю держав. Особливістю договору міжнародного перевезення є застосування матеріальних норм права на підставі колізійних принципів, передбачених міжнародними договорами, національним законодавством чи транспортним документом, виданим перевізником.

Як для відчизняних морських перевізників, так і для світових, завжди гостро постає питання ефективності перевезень.

Розглянемо показники роботи СЕУ [1, 2, 3], удосконалення яких приводить до підвищення ефективності морських перевезень. Надійність – одна з найважливіших властивостей СЕУ і її елементів. Поняття «надійність» включає поняття безвідмовності,

довговічності, ремонтоздатності. Безвідмовність – властивість СЕУ безперервно зберігати працездатний стан впродовж деякого часу або деякого напрацювання. Працездатний стан – такий стан СЕУ, при якому значення усіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції, відповідають вимогам нормативно-технічної і (чи) конструкторської документації.

Порушення працездатного стану СЕУ називається відмовою. Розрізняють відмови незалежну, залежну, раптову, поступову, таку, що перемежається, конструкційну, виробничу і експлуатаційну.

Основними показниками безвідмовності є вірогідність безвідмовної роботи, середнє напрацювання повністю і на відмову, інтенсивність відмов і ін. Для ДВЗ, наприклад, експлуатаційні відмови обумовлені недотриманням правил технічного обслуговування і експлуатації, перевантаженнями, невідповідністю сорту і якості палива і масел і ін.

Довговічність – властивість СЕУ зберігати працездатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонту. Якісними показниками довговічності являються призначений термін служби і ресурс.

Призначений термін служби – це календарна тривалість експлуатації СЕУ, після досягнення якої застосування СЕУ за призначенням припиняється. Ресурси розрізняють середній, гамма-процентний, призначений. Наприклад, призначений ресурс є сумарне напрацювання СЕУ, досягши якого застосовувати СЕУ за призначенням забороняється. В термінах показників довговічності необхідно вказувати вид дій після того, як настав крайній стан СЕУ: наприклад, середній ресурс до капітального ремонту, повний середній ресурс (термін служби). В строк служби входять тривалість усіх видів ремонтів СЕУ.

Зразкові значення середнього ресурсу кращих зразків СОД в залежності від сорту вживаного палива складають: 12–15 до перегородки при роботі на дизельному паливі і 8–10 тис. год. – на важкому паливі; 50–60 і 35–40 тис. год. Аналіз показує, що при терміні служби судна 14–18 років може знадобитися один капітальний ремонт (заміна) двигуна, а при 20–25 років – два.

За даними експлуатації вітчизняних технічних університетів, середній термін служби трубопроводів головної пари складає 15–17 років, а трубопроводів допоміжної пари, що відпрацювала, 10–12 років[4].

Тому зміцнення деталей суднової енергетичної установки є складовою процесу підвищення ефективності морських перевезень

Традиційні методи підвищення довговічності деталей не забезпечують як можливу довговічність роботи окремих вузлів механізму, так і розрахунковий ресурс часу його експлуатації. Застосовуючи сучасні фізико-механічні способи зміцнення робочих елементів механізму (наприклад, механічні, термодинамічні або квантово-механічні), можна в 1,5...5,0 разів збільшити його ресурс [5].

Одержано результати порівняння сучасних способів зміцнення деталей, вузлів механізмів і виробів з магніто-імпульсним обробленням (МІО) % (на прикладі колінчатого валу двигуна). Розглянуто схему впливу МІО на працездатність деталі у вузлах тертя [6].

Основним показником порівняльної економічної ефективності (E_e) є мінімум приведених витрат (B_n), що являють собою суму поточних витрат (B) и нормативного прибутку (E_n) від капітальних витрат, що доводяться на одиницю продукції:

$$B_n = B + E_n K \Rightarrow \min$$

Найбільш ефективним є варіант, у якому B_n мінімальні.

При виконанні економічних розрахунків у проекті необхідно врахувати зіставленість варіантів і обсягів перевезення, а саме – виконаної транспортної роботи судна до і після впровадження нововведення.

Зіставленість варіантів, що порівнюються в проекті при розрахунку економічної ефективності, забезпечуються: а) єдністю методологічної і розрахункової бази;

б) тотожністю цільової віддачі і якості транспортної продукції; в) урахуванням факторів часу; г) соціальних чинників виробництва і використання суден з урахуванням впливу на навколишнє середовище.

Порівняльний економічний ефект при удосконаленні управління і роботи судових механізмів визначається за формулою:

$$E_{\Gamma} = (B_{\sigma} - B_{\eta})A_{\eta} \quad (1)$$

де B_{σ} і B_{η} – приведені витрати по базовому і новому запропонованому варіантам, тис. грн.; A_{η} – новий річний обсяг продукції, що удосконалюється, відповідно до впровадження заходів, що пропонуються.

Підставляючи в формулу (1) значення приведених витрат і згрупувавши їх по елементам, отримуємо нову формулу розрахунку, яка дозволить значно скоротити розрахунок по окремим статтям витрат, за рахунок заміни лише тих показників, що змінилися в проекті:

$$\begin{aligned} E_p &= [(B_{\sigma} + E_{\eta}K_{\sigma}) - (B_{\eta} + E_{\eta}K_{\eta})]A_{\eta} = [(B_{\eta} - B_{\eta}) - E_{\eta}(K_{\eta} - K_{\sigma})]A_{\eta} \\ &= (\Delta B - E_{\eta}K_{\Delta})A_{\eta}E_{\Gamma} = (B_{\sigma} - B_{\eta})A_{\eta} \end{aligned} \quad (2)$$

де ΔB – змінені витрати в тис. грн., або \$ по експлуатаційних статтях, які виникнуть при впровадженні рішень, що пропонуються; K_{Δ} – додаткові капітальні витрати в тис. грн., або \$, які можливі при порівнянні варіантів, що розглядаються; A_{η} – кількість суден, на яких будуть впроваджені нові проектні рішення

Висновок. Виконано аналіз аспектів розроблення проекту у галузі підвищення ефективності морських перевезень за рахунок удосконалення роботи СЕУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артемов Г.А., Волошин В.П. Судовие энергетические установки. – Л. : Судостроение, 1987.
2. Румянцев Н.И., Булах К.Г. Справочник корабельного инженера-механика. – М. : Воениздат, 1984.
3. Алферова Н. В. Причина Разрушения антифрикционного слоя подшипников. Инф. сб. ЦНИИМФ № 42 (152). М., ЦБНТИ, 1966, – С. 91-99.
4. Арчер С. Некоторые факторы, влияющие на продолжительность службы коленчатых валов судовых двигателей. «Судостроитель и судовой машиностроитель», 1964, № 6
5. Блинов И С. Справочник технолога механо-сборочного цеха судоремонтного завода. М., «Морской транспорт», 1961, 607 с.
6. Возницкий И. В., Чернявская Н. Г., Михеев Е. Г. Судовие двигатели внутреннего сгорания. М.: Транспорт, 1979. 415 с.

ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВИСОКОНАПОВНЕНИХ ПРЕСКОМПОЗИТІВ, НАСИЧЕНИХ ВОДОЮ ТА ГЛІЦЕРИНОМ

Садова О.Л., Кашицький В.П., Фурс Т.В.

Луцький національний технічний університет
(Україна)

Вступ та актуальність дослідження. Актуальною проблемою сучасного трибоматеріалознавства є підвищення довговічності функціонування пар тертя та створення нових зносостійких матеріалів для складних умов експлуатації (тертя без мащення, в агресивних середовищах тощо). Застосування полімерів на основі епоксидних смол, які є високотехнологічними та мають високу адгезію до металів та інших матеріалів, механічну міцність та корозійну стійкість, дозволяє значно скоротити витрати дорогих матеріалів та знизити енерговитрати [1–3].

Постановка задачі. Метою роботи є визначення впливу тиску пресування на зносостійкість епоксикомпозитів, що містять функціональні наповнювачі, після їх занурення в агресивне середовище (насичення водою та гліцерином).

Результати досліджень. Для дослідження впливу агресивних речовин на зносостійкість композитів сформовано зразки на основі епоксидної смоли (табл. 1), для яких проведено попередню та основну термічну обробку.

Таблиця 1 – Склад і умови формування епоксикомпозитних матеріалів

| № зразка | Матриця | Наповнювачі | Вміст наповнювачів, мас. ч. | Тиск пресування, МПа |
|----------|--|------------------------------|-----------------------------|----------------------|
| 1 | 100 мас. ч. ЕД-20 + 12 мас. ч. ПЕПА | CuO | 100 | 150 |
| | | Cu | 16 | |
| | | подрібнене вуглецеве волокно | 2 | |
| 2 | 100 мас. ч. ЕД-20 + 12 мас. ч. ПЕПА | CuO | 100 | 300 |
| | | Cu | 16 | |
| | | подрібнене вуглецеве волокно | 2 | |
| 3 | 100 мас. ч. ЕД-20 + 12 мас. ч. ПЕПА | CuO | 150 | 300 |
| | | Cu | 16 | |
| | | подрібнене вуглецеве волокно | 2 | |

Матеріал, сформований під тиском 300 МПа та наповнений 100 мас. ч. оксиду міді, має нижчі показники водопоглинання (табл. 2), що пояснюється наявністю меншої кількості мікропор. Найнижчі значення даної характеристики спостерігається із найвищим ступенем наповнення епоксисистеми порошком оксиду міді (150 мас. ч.).

Величина поглинання епоксикомпозитними матеріалами гліцерину має антибатну залежність відносно водопоглинання. Низьке поглинання гліцерину спостерігається для матеріалу, сформованого під нижчим тиском (100 мас. ч. порошку оксиду міді), а найбільше – для епоксикомпозиту, сформованого під вищим тиском, що містить 150 мас. ч. порошку оксиду міді. Дані результати можна пояснити тим, що гліцерин має високу в'язкість, тому відбувається його втримання в мікропорах більш щільнішого матеріалу (150 мас. ч. порошку оксиду міді, тиск пресування 300 МПа) за рахунок виникнення сил поверхневого натягу. Гліцерин краще взаємодіє із поверхнею твердого тіла, тому відбувається інтенсивне змочування епоксикомпозитного матеріалу даною речовиною. Для матеріалу з більшими розмірами мікропор (тиск формування складає 150 МПа) можливе витікання гліцерину, що зменшує здатність системи до поглинання. Збільшення маси також можливе за рахунок утворення гліцератів.

Таблиця 2 – Поглинання епоксикомпозитами води та гліцерину

| № зразка | Середовище занурення епоксикомпозитів | |
|----------|---------------------------------------|----------|
| | вода | гліцерин |
| 1 | +0,240 | +0,089 |
| 2 | +0,215 | +0,195 |
| 3 | +0,041 | +1,126 |

Виявлено, що інтенсивність зношування епоксикомпозитів складів № 1 та № 3 після водопоглинання підвищилась на 13,8...15,0%, а для матеріалу, сформованого під тиском 300 МПа із вмістом 100 мас. ч. CuO – на 43,5% порівняно із зразками, які не занурювались (рис. 1). Отримані результати можна пояснити тим, що в даному матеріалі є більша кількість дрібних мікропор, оскільки композит є менш наповненим порівняно із зразком № 3 та сформованим під нижчим тиском порівняно із композитом складу № 1. При цьому відбувається утримування води матеріалом, що в подальшому під час фрикційної взаємодії перешкоджає формуванню стійкої плівки та підвищує, відповідно, інтенсивність зношування [1].

Найнижчі показники інтенсивності зношування серед матеріалів, які піддавались водопоглинанню, зафіксовано для епоксикомпозиту з найвищим ступенем наповнення, сформованого під тиском 300 МПа (рис. 1). Дані результати підтверджуються попередніми дослідженнями епоксикомпозитів, які мають найнижчі показники водопоглинання (табл. 2).

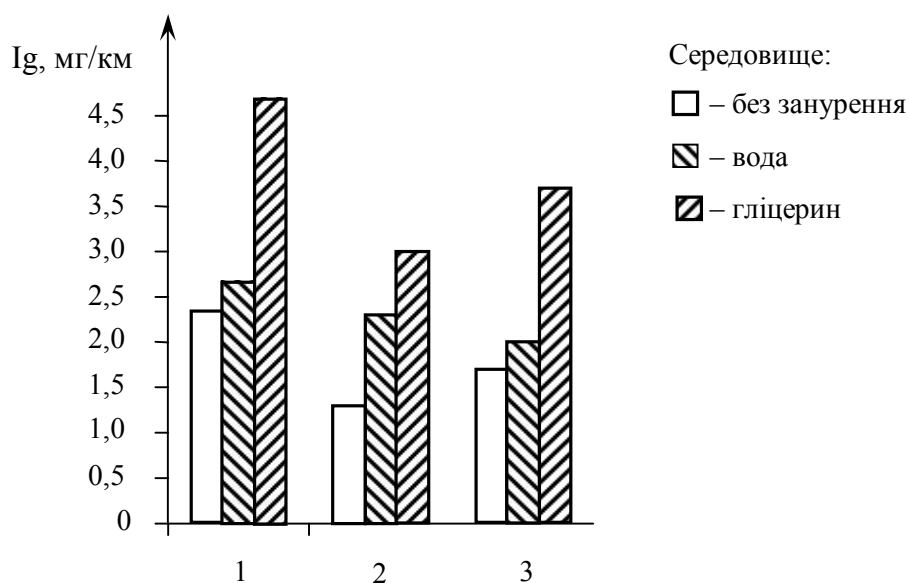


Рисунок 1 – Інтенсивність зношування прескомпозитів після витримки у середовищі

Для матеріалів, які були занурені в гліцерин, виявлено високу інтенсивність зношування, що зросла вдвічі порівняно із композитами, які не піддавались зануренню. Найнижчу інтенсивність зношування зафіксовано для матеріалу із вмістом 100 мас. ч. CuO , сформованого під тиском 300 МПа. Оскільки гліцерин є розчинником для епоксидної матриці, тому найбільший вплив він має для менш наповненої епоксисистеми, що підтверджується отриманими результатами (найвищу інтенсивність зношування 4,7 мг/км виявлено для епоксикомпозиту складу № 1). Відповідно епоксикомпозити із найвищими ступенем наповнення CuO та сформовані під 300 МПа мають високу щільність, тому є більш стійкими до розчинення. Підвищену інтенсивність зношування можна пояснити розчиненням епоксидної смоли на поверхні зразка, що впливає на інтенсивне руйнування поверхневого шару під час тертя.

Із збільшенням шляху тертя спостерігається поступове зменшення інтенсивності зношування (рис. 2а, б). Наявність екстремумів пояснюється інтенсифікацією процесів, які зумовлюють трансформацію структури під час трибовзаємодії, зокрема перенесенням частини матеріалу із поверхні епоксикомпозиту на поверхню контртіла з наступним формуванням захисної мідної плівки [2].

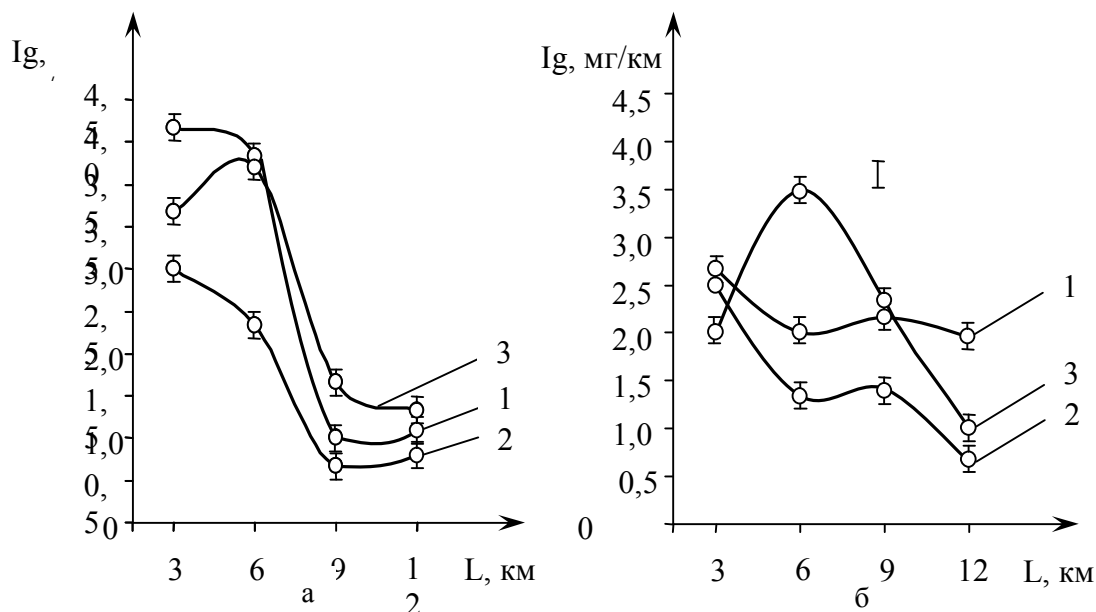


Рисунок 2 – Залежність інтенсивності зношування прескомполімерів від шляху тертя після витримки в гліцерині (а) та воді (б): 1 – зразок складу № 1; 2 – зразок складу № 2; 3 – зразок складу № 3

Із збільшенням тривалості фрикційної взаємодії збільшуються розміри фрагментів мідної плівки на контртілі та епоксикомполімері, тобто поступово пара тертя епоксикомполімер-сталь локально стає парою мідь-мідь, що в загальному призводить до зменшення інтенсивності зношування епоксикомполімерного матеріалу [3].

Висновки. Таким чином, вода і гліцерин знижують зносостійкість епоксикомполімерів на початковому етапі трибовзаємодії, коли має місце контакт контртіла з поверхневими шарами, що насичені даними рідинами. Із збільшенням тривалості трибовзаємодії, спостерігається формування вторинної структури, що приводить до стабілізації триботехнічних характеристик.

ЛІТЕРАТУРА

1. Садова О.Л., Боярська І.В., Кашицький В.П. Дослідження корозійної та атмосферної стійкості епоксикомполімерних трибоматеріалів // Наукові нотатки. – Луцьк, 2015. – Вип. 50. – С. 199-202.
2. Особливості трансформації поверхневих шарів епоксидних прес-комполімерів при навантаженні тертям. // О.Л. Садова, В.П. Кашицький. Фізика і хімія твердого тіла. Стан, досягнення і перспективи: матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів, 24-25 жовтня 2014 р., м. Луцьк. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2014. – С. 203-205.
3. Садова О.Л. Особливості виникнення явища самоорганізації в поверхневих шарах епоксикомполімерних матеріалів при фрикційній взаємодії // Наукові нотатки. – Луцьк, 2014. – Вип. 47. – С. 166-171.

ВИБОР ТИПА ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВЕУ «КАСКАД-3»

Селиверстова С.Р.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Возрастающее энергопотребление общества требует поиска высокоэффективных альтернативных источников энергии [1]. Для юга Украины представляют интерес ветроэнергетические установки (ВЕУ). Вместе с тем, развитию данного вида источника энергии препятствует их высокая стоимость. Широкий спектр типов ВЭУ предполагает значительные расходы еще на проектных этапах, а в удельных показателях это особенно заметно для малых ВЭУ. Стоимость изготовления опытных образцов будет значительной. В этой связи является актуальным выбор типа генератора, поскольку качество электроэнергии и эффективность работы всей ВЕУ непосредственно зависят от комплектации ветроэнергетической системы.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является анализ типов электрических машин, используемых для генерации электроэнергии при работе ветроэнергетической установки с воздухопроводным конфузурным устройством «Каскад-3» продуктивной мощностью порядка 10 кВт. Ветроустановка представляет собой каркасную конструкцию вертикально-осевого типа с конфузурным воздухопроводным устройством [2].

Повышение КПД ветроустановки проводится по двум основным направлениям:

- нахождение оптимальных конструктивных решений,
- выбор универсальной электрогенерирующей преобразовательной системы.

Основной конструктивной проблемой при проектировании подобных устройств является выбор правильной геометрии воздухопроводных устройств, использование которых потенциально может привести к увеличению скорости в 1,5...1,8 раз. По результатам исследований [3], одновременное увеличение перепада давлений на ветроколесе и рост коэффициента использования энергии ветра, может позволить эксплуатировать ВЭУ в регионах с пониженными среднегодовыми значениями скорости ветра.

Выбор типа генератора определяет качество вырабатываемой электроэнергии, предоставляет возможность стабилизации и регулирования ее параметров. Вырабатываемая генератором активная мощность прямопропорциональна КПД генератора и ветроустановки $\eta_{эл}, \eta_{мех}$, зависит от плотности воздуха ρ (которая изменяется сезонно и зависит от давления и температуры), коэффициента мощности ветроустановки C_p , а также от квадрата скорости ветра v^2 и радиуса крыльчатки R умноженные на частоту вращения ω вала генератора:

$$P = C_p \frac{\rho v^2}{2} \omega R \eta_{эл} \eta_{мех}$$

Для использования на ВЕУ выбирают следующие типы генераторов:

- 1) асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором;
- 2) синхронные генераторы с электромагнитным возбуждением;
- 3) асинхронизированный синхронный генератор;
- 4) асинхронные генераторы с фазным ротором;
- 5) синхронные генераторы (СГ) с магнитоэлектрическим возбуждением;
- 6) специальные СГ.

Характерные особенности каждого типа генератора приведены в [3].

Для анализа динамики процессов ВЕУ «Каскад-3» проводился расчет моментов на валу ВЕУ и мощности установки при различных режимах ее работы. В соответствии с расчетной методикой [4] первоначальный расчет проводился для нулевой угловой скорости ротора (принудительное заклинивание ротора), с целью определения максимальных моментов, действующих на ось ротора. Расчет показал значительную чувствительность решения к текущему углу поворота ротора барабана (рис. 1,

отрицательные значения момента соответствуют необходимому направлению вращения), что характерно для вертикально-осевых ветроустановок.

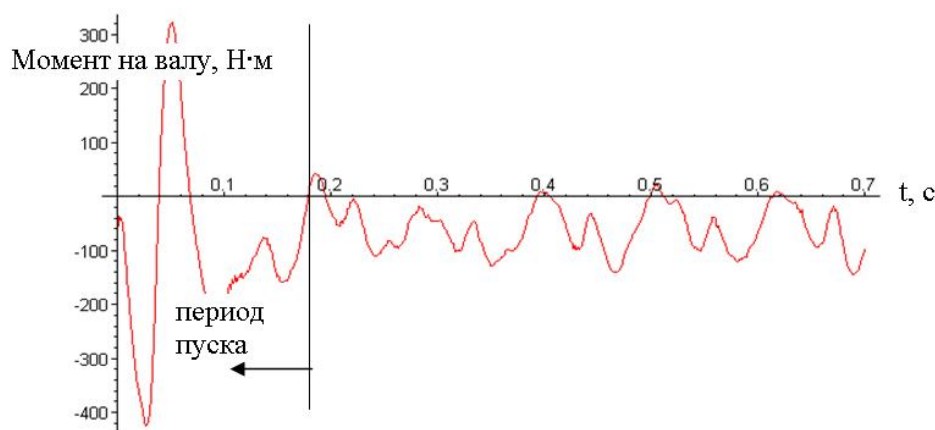


Рисунок 1 – Результаты расчета вращающего момента на оси турбины

Дальнейшие расчеты проводились для различных скоростей равномерного вращения барабана. Расчеты велись в нестационарной постановке с получением анимации полей скоростей и давлений в ВЭУ. Аппроксимируя полученные средние моменты, определяли возможные для снятия с одного барабана мощности (характеристика установки) – рис. 2.

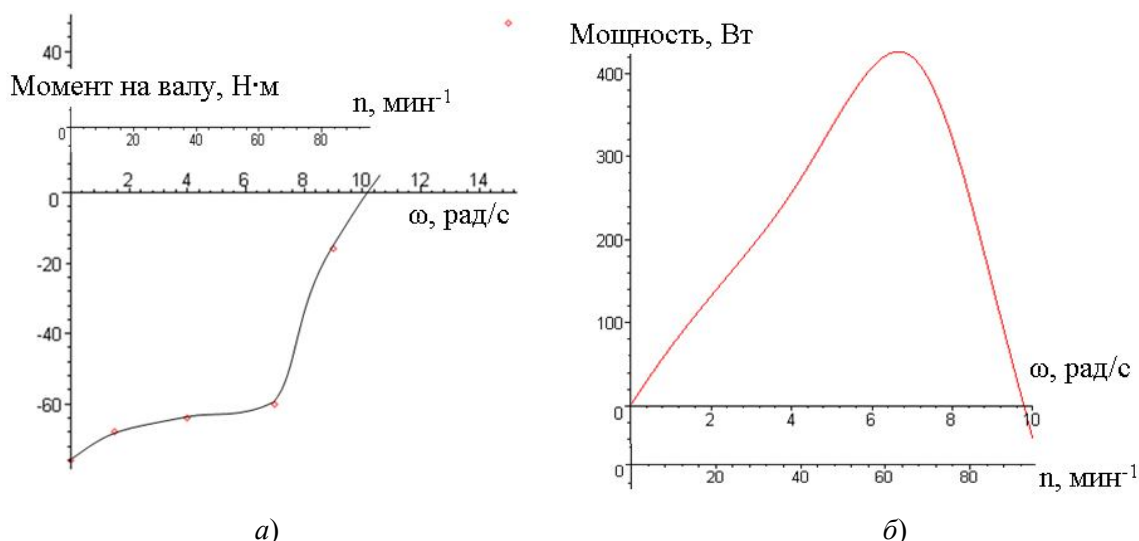


Рисунок 2 – Итоговые графики ожидаемых момента (а) и мощности (б) ВЭУ «КАСКАД-3» при минимальной скорости ветра на входе в конфузор 5 м/с

На основании проведенных расчетных исследований были выработаны предложения по обеспечению максимальной мощности ВЭУ «Каскад-3» данной компоновки.

Выводы. Сравнительный анализ приведенных типов генераторов и расчетных мощностей ВЭУ «Каскад» дает возможность формировать следующие выводы. Для маломощных ВЭУ рекомендуется использование синхронных генераторов с постоянными магнитами. Параметры данного типа генераторов отличаются высокими технико-экономическими показателями, надежностью основных элементов (магниты нового поколения) большим сроком работы, высокими значениями КПД, простотой в эксплуатации и обслуживании. Однако, синхронные генераторы с постоянными магнитами не имеют промышленного производства в Украине из-за отсутствия технологии производства магнитов и, как следствие, их стоимость увеличивается. Так же важной особенностью генераторов данного типа является величина пусковых моментов. При

больших нагрузках на вал генератора и малых скоростях вращения запуск синхронных генераторов с постоянными магнитами требует дополнительных действий. Это ограничивает применение данных генераторов в ВЕУ больших мощностей. В случае применения для исследуемой ветроэнергетической установки «Каскад-3» синхронные генераторы с постоянными магнитами являются наиболее оптимальными. Вместе с тем можно рекомендовать к эксплуатации асинхронные генераторы с короткозамкнутым ротором.

ЛІТЕРАТУРА

1. Янсон Р.А. Ветроустановки: Учеб. пособие / Под редакцией М.И. Осипова. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2007. – 36 с.
2. Пат. № 91379 Україна, МПК F03B 13/10. Енергетичний пристрій «КАСКАД-3» / Ремізов П.П. – № а2013 11898; Заявлено 09.10.2013; Надрук. 10.07.2014; Бюл. №13.
3. Сидельников Б.В. Современное состояние и сравнительный анализ конструктивных схем ветрогенераторов. // Вестник Щецинского технического университета. Польша. – 2001.
4. Ремізов П. П. Моделирование работы турбины гидродинамического устройства «Каскад-М» / П. П. Ремізов, С. А. Русанов, Д. А. Дмитриев // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. – 2012. – № 2/8. – С. 64-67.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТРАНСПОРТЕ

Софронков А.Н.

Одесская государственная экологическая академия (Украина),

Гавздик А.А.

Ополевицкий государственный университет (Польша),

Калинчак В.В.

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова (Украина),

Васильева М.Г.

Одесская государственная экологическая академия (Украина),

Баклан В.Ю.

Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова
(Украина)

Вступление. Двигатели внутреннего сгорания, применяемые на транспорте имеют ряд существенных недостатков: низкий К.П.Д., снижающийся из-за ограничения скорости, частых остановок и переменных нагрузок, загрязнение окружающей среды вредными выбросами (непрореагировавшими углеводородами, CO, CO₂, N_xO_y), высокий уровень шума [1].

В связи с резким увеличением числа автомобилей, остро встал вопрос о загрязнении воздушного пространства выхлопными газами. Уменьшение загрязнения окружающей среды может быть достигнуто созданием электромобиля. Источник тока на электромобиле- электрохимический генератор, имеющий высокий к.п.д., что следует из соотношения:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S; \eta = 1 - T \frac{\Delta S}{\Delta H},$$

где ΔG – изменение изобарно-изотермического потенциала, ΔH – изменение энтальпии, ΔS – изменение энтропии[2].

Перспективно применение электрохимических генераторов так же в подземном транспорте.

Топливные элементы усиленно работали в качестве источника энергии для обеспечения жизнедеятельности человека в космосе (программа «Джеминай» и «Аполлон»).

Они обеспечивают ток для навигационных систем бортовых ЭВМ, радио и телевизионных устройств, системы регенерации воздуха, системы микроклимата, а также для управления двигательными установками[3].

Следует помнить, что цикл вырабатываемой энергии в значительной степени зависит от цены используемого топлива. В табл. 1 приведены показатели топливной экономичности ДВС и электрохимического генератора (ЭХГ)

Таблица 1 – Показатели тепловой экономичности ДВС и электрохимического генератора (ЭХГ)

| <i>Устройство</i> | <i>Топливо</i> | <i>Расход топлива, кВт/кг</i> | <i>Цены топлива, грн/кг</i> | <i>Стоимость топлива, грн/кВт ч</i> |
|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1.Бензиновый двигатель | Бензин А-95 | 0,30-0,45 | 21,0 | 9,5 |
| 2.Автомобильный дизель | Дизельное топливо | 0,20-0,25 | 20,0 | 0,8–1,0 |
| ЭХГ(окислитель-кислород воздуха) | Водород | 0,05 | 200,0 | 50 |
| | Спирт (метанол) | 0,45 | 10,0 | ~ 4,0 |
| | | 0,47 | 10,5 | 4,1 |
| | Жидкие углеводороды | 0,25 | 3,0-3,5 | 1,0 |

В Украине первые рабочие установки были созданы (разработана технология изготовления электродов, система очистки воздуха, созданы катализаторы не содержащие благородных металлов) в лаборатории ПНИЛ-2 Одесского национального университета им. И. И. Мечникова под руководством профессора О. К. Довтян. Им же заложены теоретические основы работ ТЭ. (ведущие сотрудники В. Ю. Баклан, А.Н. Софронков, А. М. Трунов, М. В. Уминский, А. П. Ютров). Вид ЭХГ, созданного в ПНИЛ-2 приведены на рис. 1, а рабочие характеристики на рис. 2.

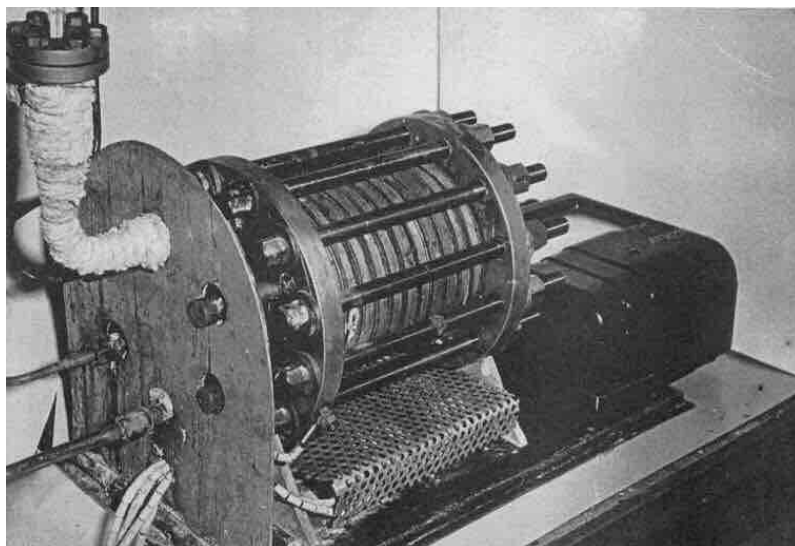


Рисунок 1 – Водородно-кислородная батарея, разработанная в ПНИЛ-2, ОГУ им. И.И. Мечникова

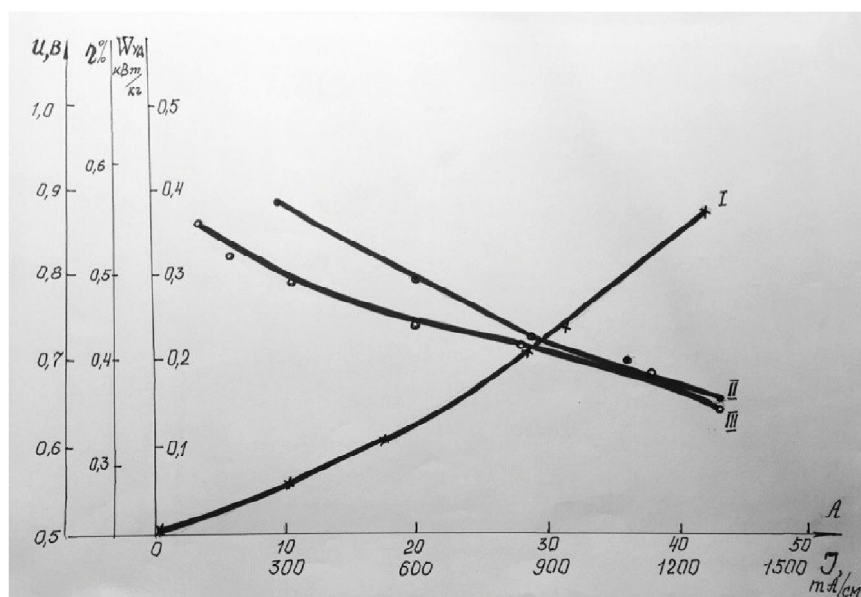


Рисунок 2 – Рабочие характеристики батареи топливных элементов, созданных в ПНИЛ-2, в зависимости от тока нагрузки: I – Удельная мощность, II – К.П.Д., III – Напряжение

В настоящее время нашли широкое применение автомобили с гибридными схемами.

Небольшой ДВС (в дальнейшем возможен на водородном топливе). Топливный элемент используется для езды по городу, где нет необходимости езды с очень высокими скоростями, а за городом используется ДВС.

Выводы. Суммируя всё вышеизложенное, с уверенностью можно сказать, что после исчерпания углеводородного топлива, электромобили остаются наивероятнейшим средством передвижения не загрязняющим окружающую среду вредными выбросами.

Кроме того в долголетней перспективе транспортный сектор будет самым большим потребителем энергии (~40% суммарной высококачественной энергии), ввиду того, что для транспорта энергия требуется в виде работы, в то время как в остальных потребляющих энергию областях большая часть может быть удовлетворена за счёт отбросного или низкосортного тепла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрохимия. Прошедшие тридцать и будущие тридцать лет. (Под редакцией Г. Блума и Ф. Гутмана). – М., Химия, 1982. – 365 с.
2. Кубо Р. Термодинамика. – М., Мир, 1970. – 304 с.
3. Радиоэлектроника за рубежом, в. 9(603), М. – С. 24-28

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Сторожев В.П., Кузнецов А.В.

Одесский национальный морской университет
(Украина)

Введение. Разработка мероприятий по повышению долговечности и безотказности деталей судовых технических средств возможна на основе анализа её надёжности [1]. Надёжность (ГОСТ 27.002.89) это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значение всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и в условиях применения технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования.

Надёжность является комплексным показателем и включает следующие параметры: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость.

Применение практических методов исследования надёжности судовой техники имеет большое значение для повышения эффективности её использования и является в настоящее время актуальной задачей. Это даёт возможность сформулировать требования по надёжности судовых объектов применительно к условиям эксплуатации, обосновать межремонтные периоды, нормы расхода сменно-запасных частей и объёма ремонтов, оценить уровень безотказности судовых объектов. Важным является рассмотрение вопросов, связанных с анализом надёжности судовых технических средств.

Обеспечение надёжности судовых механизмов представлено на рис. 1.

Вначале производится сбор информации и обработка данных для показателей надёжности отдельных деталей, узлов и механизмов в целом. Возникновение отказов и повреждений различных деталей вызвано изменением физико-механических процессов, приводящим к износам, коррозии, эрозии, усталости металла, фреттинга, старению, и, в конечном итоге, к поломкам. Отказы и повреждения различных деталей возникают в случайные моменты времени, поэтому показатели надёжности судовых технических средств имеют вероятностный характер.

Причин возникновения отказов деталей различных механизмов много. Они подразделяются как конструктивные, производственные и эксплуатационные. Конструктивные отказы возникают в результате нарушения установочных норм конструкций, выбора материалов, учёта действующих нагрузок.

Производственные отказы проявляются вследствие нарушения технологии изготовления и ремонта деталей судовых технических средств.

Эксплуатационные отказы являются следствием нарушения правил технической эксплуатации судовых объектов.

Параметры распределения вероятностей появления дефектов и повреждений устанавливаются путем статистической обработки опытных данных [2].

Выводы. Выявлены характерные дефекты основных деталей судовых технических средств, их роль в определении надёжности при эксплуатации.

Представлена дифференцированная роль отдельных дефектов с учётом их характера и времени воздействия на вероятность безотказной работы судовых технических средств.

На основе анализа эксплуатационных данных и статистических исследований достаточного количества судовых технических средств можно прогнозировать их долговечность и в итоге эксплуатационную надёжность.

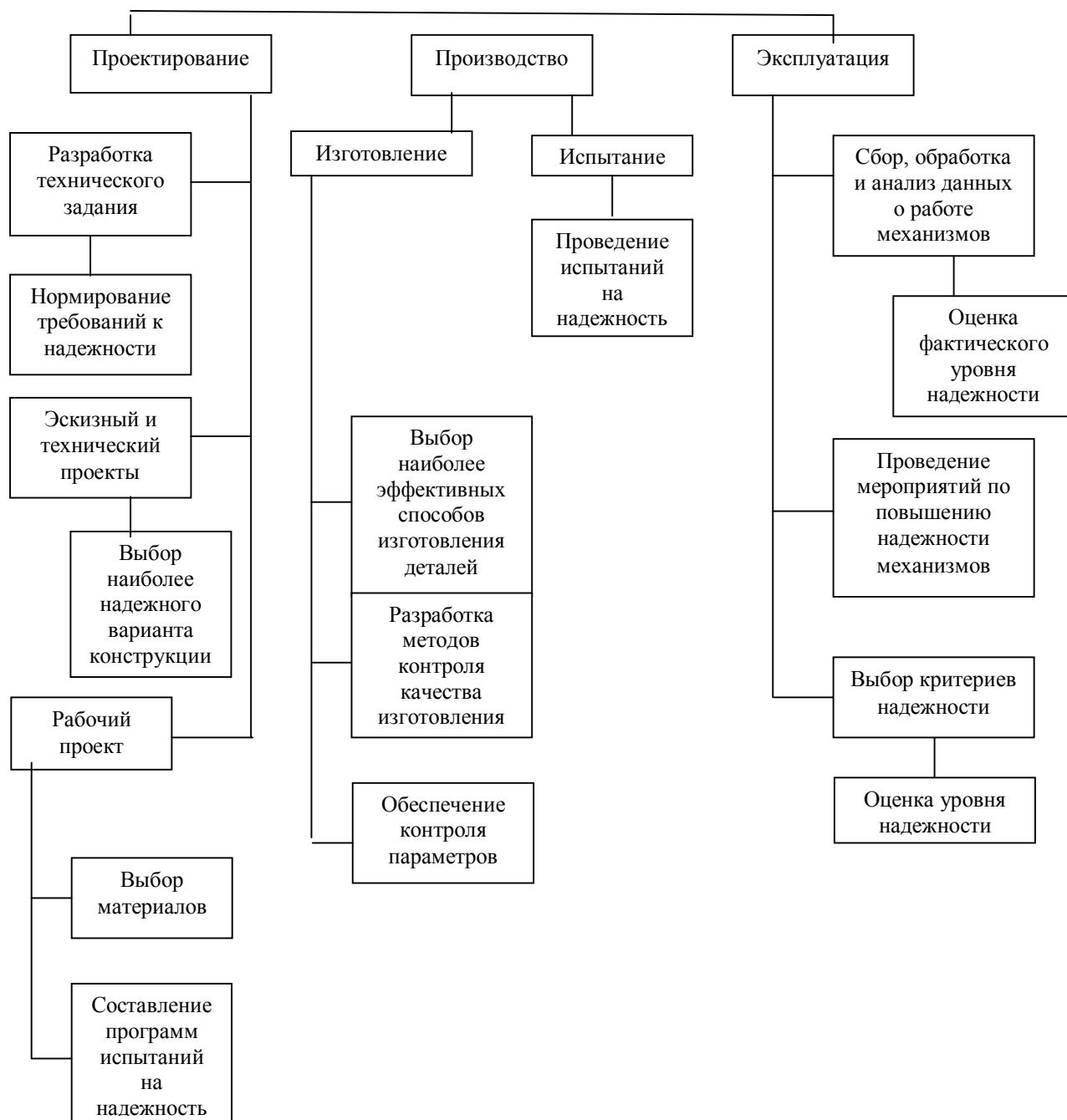


Рисунок 1 – Обеспечение надежности судовых технических средств

ЛИТЕРАТУРА

1. Ефремов Л. В. Практика инженерного анализа надежности судовой техники. – Л. : Судостроение, 1980. – 176 с.
2. Сторожев В.П. Технология судоремонта: учебник для высших морских учебных заведений. – Херсон : Олди-Плюс, 2014. – 552 с.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ФОРМЫ ГИБКОГО ОГРАЖДЕНИЯ СУДНА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ткаченко Ю.Н.

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

Суда на воздушной подушке получили широкое распространение как скоростной вид транспорта благодаря наличию гибкого ограждения и воздушной подушки. Наибольшего распространения в судостроении получило гибкое ограждение двухъярусного типа. Верхний ярус – мягкая оболочка цилиндрической формы с горизонтальной образующей – гибкий ресивер, который краями крепится к корпусу судна. Нижний ярус представляет собой поперечно разделённые навесные элементы, которые работают как сопла. Такая конструкция обеспечивает рессорный принцип работы гибкого ограждения [1, 2].

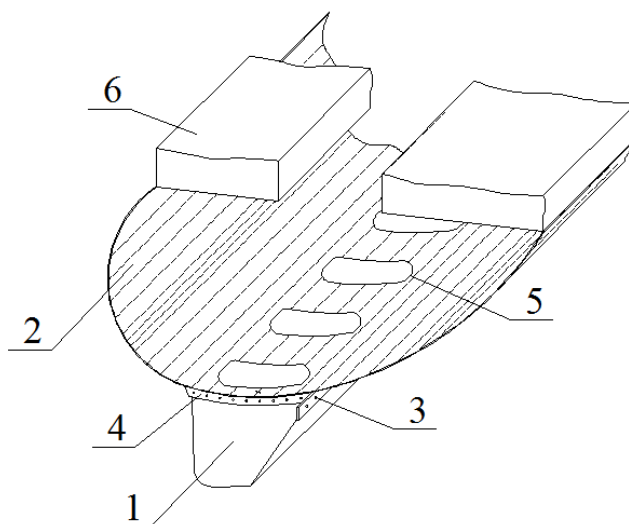


Рисунок 1 – Конструкция ГО воздушной подушки: 1– навесной элемент; 2 – гибкий ресивер; 3 – поперечный комингс; 4 – продольный комингс; 5 – воздухоотводные отверстия; 6 – жесткий корпус

В практике проектирования гибкого ограждения, на ранних стадиях проектирования, возникает вопрос определения параметров формы поперечного сечения гибкого ресивера и размеров гибкого ограждения, которые могли бы обеспечить заданную высоту воздушной подушки. На данном этапе проектирования известными считаются: перепад давления в ресивере и воздушной подушке, размеры корпуса СВП. К известным следует отнести так же расход воздуха. Что касается формы гибкого ограждения, то необходимо выполнение условия, когда нижняя точка оболочки находится на среднем участке, так как в этом районе расположены навесные элементы. Это обусловлено не только стремлением получения оптимальных параметров воздушной подушки, но и обеспечением оттока воды с оболочки гибкого ресивера.

Для упрощения расчета принимаются следующие допущения относительно материала гибкого ограждения, принципа его работы и распределения давления по поверхности.

1. Материал гибкого ограждения принимается абсолютно гибким, невесомым и нерастяжимым, поэтому напряженное состояние ГО можно рассматривать как безмоментное.

2. Наличием местных подкреплений и навесными элементами пренебрегаем.

3. Величиной продольных напряжений пренебрегаем, как это практикуется при расчете цилиндров, нагруженных внутренним давлением.

4. Избыточное давление воздуха, действующее внутри оболочки и со стороны воздушной подушки принимается постоянным и равномерно распределенным.

5. Наличие выреза в нижней части ресивера над навесным элементом учитываем коэффициентом нагрузки $0 < \alpha < 1$ и длиной поперечного комингса навесного элемента l_0 .

Задача определения формы напряженного состояния оболочки гибкого ресивера с такими допущениями сводится к решению одного трансцендентного уравнения относительно угла ϕ_0 .

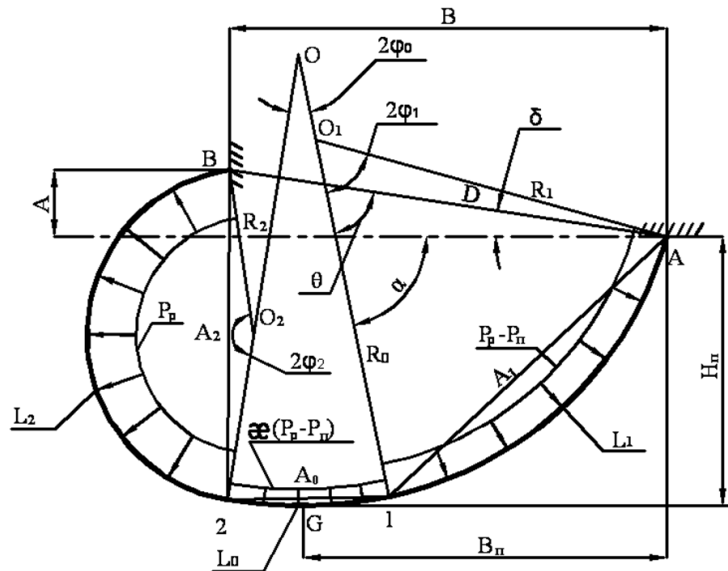


Рисунок 2 – Расчетная схема оболочки

Для упрощения расчетной схемы и уменьшения количества неизвестных все линейные размеры приравняем к длине сечения оболочки, а силовые к давлению в подушке.

Опуская математические преобразования, рассмотренные [1,3], получаем такие зависимости:

$$a_1 \cdot \sin(\theta - \phi_1) + a_0 \cdot \sin(\phi_0 + \theta) + a_2 \cdot \sin(2 \cdot \phi_0 + \phi_2 - \theta) - d = 0 \quad (1)$$

$$\theta = \arctg \left(\frac{a_2 \cdot \cos(2 \cdot \phi_0 + \phi_2) + a_0 \cdot \cos \phi_0 + a_1 \cdot \cos \phi_1}{a_2 \cdot \sin(2 \cdot \phi_0 + \phi_2) + a_0 \cdot \sin \phi_0 - a_1 \cdot \sin \phi_1} \right) \quad (2)$$

$$r_0 = \frac{l_0}{2 \cdot \phi_0}, \quad (3)$$

$$\phi_i = \frac{l_i}{2 \cdot r_i}, \quad (i = 1, 2) \quad (4)$$

Вывод. Форму оболочки можно описать решив одно трансцендентное уравнение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егоров И.Т., Соколов В.Т. Гидродинамика быстроходных судов. – Л., Судостроение, 1971. – 424с.
2. Магула В.Э. Судовые эластичные емкости. – Л. Судостроение, 1978.
3. Мартынец Б.Н. Равновесные формы мягкой цилиндрической оболочки под действием ступенчатого давления. // Сообщения ДВВИМУ по судовым мягким оболочкам, вып.37, Владивосток, 1979.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ

Тютюник В.В., Калугін В.Д.

Національний університет цивільного захисту України
(Україна)

В Україні не вирішена проблема комплексного контролю та регулювання рівня небезпеки території держави, в умовах прояву НС різного характеру, з позиції системного аналізу. Виходячи з цих позицій, створення комплексної системи моніторингу НС в регіонах України є актуальною науково-прикладною проблемою в галузі цивільного захисту, у вирішенні якої зацікавлені державні органи влади та громадськість України. При цьому, основу створення комплексної системи моніторингу НС в Україні має складати класичний контур управління (рис. 1). Отримана засобами контролю первинна інформація про фактори небезпеки на локальній території (місто, регіон, держава) або потенційно небезпечному об'єкті по кабелях або радіоканалу транслюється до пристроїв другого рівня, які призначені виконувати обробку отриманої інформації та представляти її у вигляді, необхідному для третього рівня. Обробка отриманої інформації може виконуватися як в одному місці, так і на декількох, залежно від конкретної системи моніторингу та розмірів контрольованої нею локальної території.

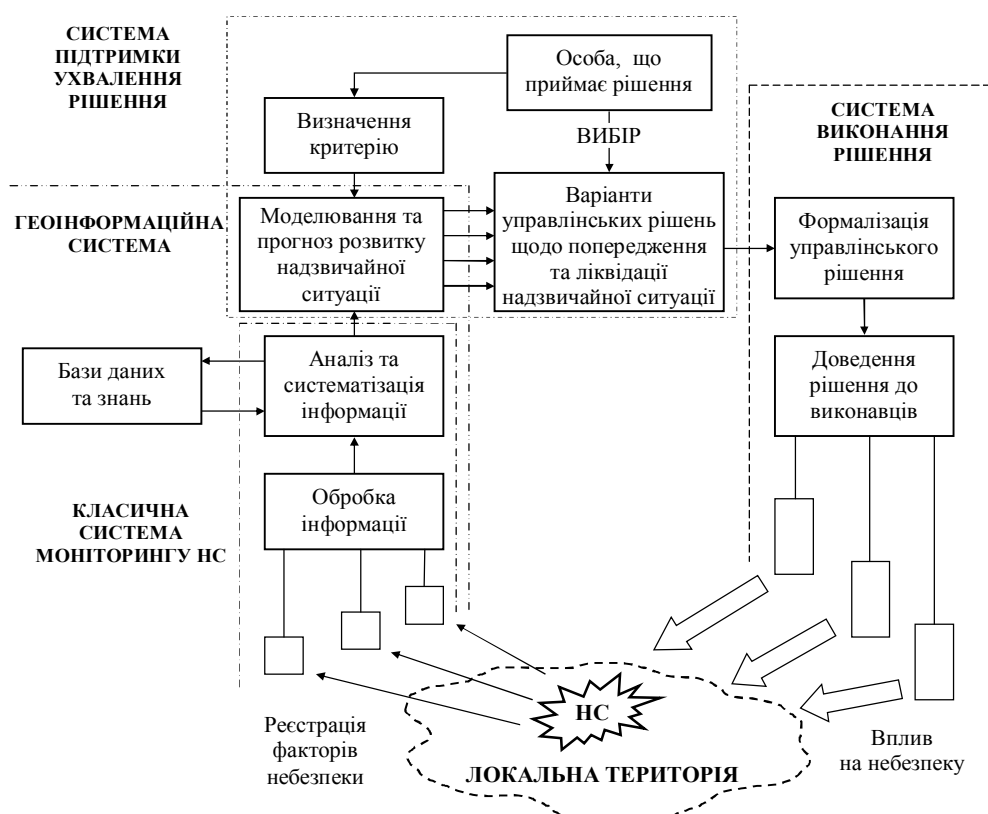


Рисунок 1 – Схема структури моніторингу НС як засобу управління

Оброблена інформація у відповідному вигляді надходить на третій рівень, де виконується її аналіз та систематизація даних, на основі чого робиться висновок про стан безпеки локальної території. Особливо важливо для забезпечення швидкодії системи використання автоматизованих засобів обробки інформації, яке значно прискорить процеси на другому та третьому рівнях системи моніторингу, дозволить створити електронні, доступні в реальному масштабі часу, бази даних та знань. Використання відповідних математичних методів дозволить на основі отриманої інформації у відносно

нетривалі терміни часу виконати моделювання небезпечної ситуації, прогнозування її розвитку та рівня, відображати прогнозовану динаміку катастрофічних подій графічно (у тому числі з використанням електронних карт). Друга інформаційна система є системою підтримки ухвалення рішення. Особа, що приймає рішення, визначає один або декілька критеріїв, відповідно до яких здійснюється прогностичне моделювання розвитку НС та виробляються варіанти управлінських рішень, які обґрунтовані відповідними розрахунками. З набору варіантів управлінських рішень особа обирає один, або задає ще додаткові критерії, відповідно до яких виконується моделювання та розробка управлінських рішень, направлених на недопущення розвитку небезпеки до рівня катастрофи. Якщо ж катастрофи вже не уникнути, то розробка управлінських рішень направлена на мінімізацію наслідків від неї. Затверджене особою, що приймає рішення, рішення надходить до системи виконання рішення, де виконується його формалізація та доведення до виконавців. Зміни стану локальної території та зміни стану небезпеки на ній викликатимуть зміни у величинах вимірюваних параметрів, що фіксуються пристроями контролю. Подальше моделювання покаже ефективність виконання управлінського рішення – контур управління замкнеться.

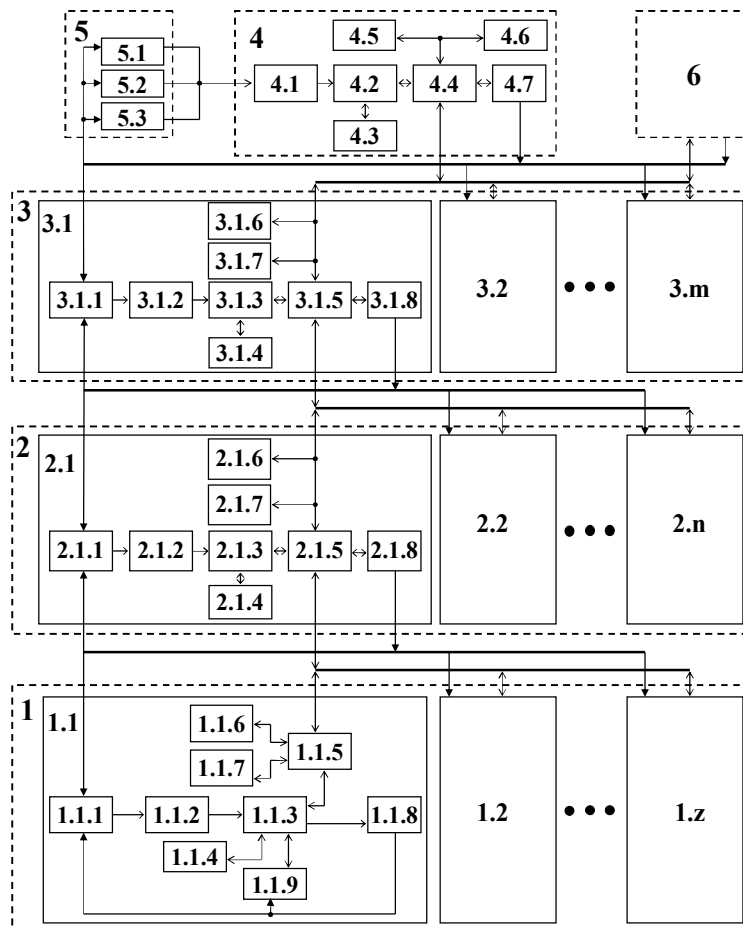


Рисунок 2 – Комплексна функціональна схема системи моніторингу, попередження та ліквідації НС природного та техногенного характеру:

1 – підсистема об’єктового рівню; 2 – підсистема місцевого рівню; 3 – підсистема регіонального рівню; 4 – підсистема державного рівню; 5 – НС природного та техногенного характеру, що виникають із зовні держави; 6 – системи моніторингу НС країн-членів ООН

Науково-прикладною проблемою роботи є створення комплексної системи моніторингу НС різного походження, що забезпечує прогнозування рівнів небезпеки в залежності від технічного стану потенційно небезпечних об’єктів і зміни інших природних та соціальних факторів у конкретних регіонах України. Будова комплексної системи моніторингу НС природного та техногенного характеру в Україні

характеризується чотирма рівнями [1] – об’єктовий, місцевий, регіональний та державний (рис. 2). На кожному рівні система має підсистеми моніторингу НС, які пов’язані із природною, техногенною та соціальною специфікою рівня захисту, та функціонує шляхом послідовної передачі обробленої інформації про стан небезпеки від об’єктового рівня до державного за допомогою підсистем зв’язку відповідних рівнів і прийняття на кожному рівні антикризових рішень. Підсистема моніторингу НС на відповідному рівні включає (інформацію представлено на прикладі підсистеми об’єкта 1.1): 1.1.1 – НС об’єктового рівня; 1.1.2 – підсистема контролю попередніх факторів НС об’єктового рівня; 1.1.3 – центр збору й обробки фактичної інформації, прогнозування НС та розробки антикризових рішень об’єктового рівня; 1.1.4 – база даних про НС об’єктового рівня; 1.1.5 – підсистема зв’язку об’єктового рівня; 1.1.6 – керівництво об’єкта; 1.1.7 – рада з питань безпеки об’єкта; 1.1.8 – підсистема доведення інформації до підрозділів реагування на НС об’єктового рівня; 1.1.9 – підсистема життєзабезпечення об’єкта.

На кожному із рівнів в режимі повсякденного функціонування, режимі підвищеної готовності та режимі надзвичайного стану в системі автоматизовано проводиться: 1) обробка отриманої фактичної інформації про стан небезпеки від нижчого рівня та інформації від територіальної підсистеми моніторингу НС даного рівня; 2) прогноз можливості виникнення НС; 3) розробка пропозиції з попередження та ліквідації джерел небезпек на даному та нижчих рівнях та необхідності залучення додаткових сил і засобів попередження та ліквідації НС на вищих рівнях; 4) передача інформації на вищий рівень, включаючи державний. На державному рівні функції системи моніторингу, попередження та ліквідації НС зорієнтовані на аналіз інформації, яка надходить як з регіональних підсистем моніторингу, так і державної підсистеми моніторингу НС, яка контролює джерела небезпек у навколосемному, ближньому і дальньому космосі, у надрах Землі, в інших державах, які можуть скласти небезпеку для території України.

Надалі розроблено технічні пропозиції щодо реалізації окремих функцій комплексної системи ефективного моніторингу надзвичайних ситуацій на локальній території. Так, у роботі [2] наведені результати розробки науково-технічних основ створення системи моніторингу за зонами взаємного ризику від стаціонарних і рухомих потенційно небезпечних об’єктів.

У процесі виконання роботи отримані наступні наукові результати: обґрунтовано використання функціональної поверхні, горизонтальні проекції якої співпадають з конфігурацією локальної території, а її випуклості відповідають рівням небезпеки в містах з конкретними географічними координатами; вперше розроблено метод векторно-статистичної оцінки рівня небезпеки локальної території в умовах НС природного та техногенного характеру, де в якості комплексного показника небезпеки обрано вектор інтенсивності суми, довжина якого визначає сумарну кількість НС, а кут нахилу – схильність локальної території до одного з їх видів; вперше розроблено метод прогнозування рівня техногенної небезпеки локальної території на основі нейромережових технологій, в основу якого покладено запропоновану модель взаємозв’язку між режимами повсякденного функціонування регіонів України та НС техногенного характеру; вперше удосконалено метод оцінки ефективності комплектування системи моніторингу НС існуючими технічними засобами шляхом узагальнення підходу до визначення пріоритетів з техніко-економічного обґрунтування структури системи моніторингу та вибору необхідного із низки існуючих технічних засобів безпеки з різною ціною політикою; вперше створено комплексну систему моніторингу, попередження та ліквідації НС, в основу якої покладено метод векторно-статистичної оцінки рівня небезпеки регіонів в умовах НС природного та техногенного характеру та метод прогнозування рівня техногенної небезпеки в регіонах на основі нейромережових технологій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Калугін В.Д. Розробка науково-технічних основ для створення системи моніторингу, попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та забезпечення екологічної безпеки / В.Д. Калугін, В.В. Тютюник, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко // Системи обробки інформації. – Харків: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2013. – Вип. 9 (116). – С. 204-216.

2. Тютюник В.В. Розробка науково-технічних основ створення системи моніторингу за зонами взаємного ризику від стаціонарних і рухомих потенційно небезпечних об'єктів / В.В. Тютюник, О.М. Соболев, Л.Ф. Черногор, Р.І. Шевченко, В.Д. Калугін // Системи озброєння і військова техніка. – Харків : Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2014. – № 3(39). – С. 150-156.

ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НЕСКІНЧЕННОГО СОЛЕНОЇДА ВЗДОВЖ ЙОГО ОСІ

Федотов В.Г.

Київська державна академія водного транспорта
імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного
(Україна)

Комп'ютерні інформаційні технології можуть використовуватися по різному в залежності від поставленої задачі. Зокрема це може бути розв'язування задач, викладення нового матеріалу, демонстрацій під час викладення нового матеріалу, виконання різноманітних розрахункових завдань, обчислення похибок під час проведення лабораторних робіт та навіть виконання самих лабораторних робіт.

Використання інформаційних технологій у сукупності з традиційними засобами навчання дозволяє у навчально-виховному процесі відмовитись від пояснювально-ілюстративної діяльності студентів на кожному занятті, а здійснити системно-діяльний підхід у навчанні.

Нами пропонується опис лабораторної роботи «Дослідження магнітного поля вздовж осі нескінченно довгого соленоїда», яка припускає чотири етапи пізнання:

1. Теоретична частина, в якій студенти дізнаються про методи вимірювання магнітних величин;
2. Експериментальна частина, в якій студенти визначають напруженість магнітного поля соленоїда вздовж його осі при сталій силі струму та ;
3. Розрахункова частина, в якій розраховують напруженість магнітного поля соленоїда у різних його точках;
4. Дослідна частина, в якій досліджують залежність напруженості магнітного поля всередині соленоїда від сили струму, що протікає в його обмотці;
5. Творча частина, в якій проводиться комп'ютерне моделювання магнітного поля соленоїда.

Прилади і матеріали: Соленоїд, вимірювальна котушка на текстолітовому осерді, мілівеберметр, реостат, комутатор, амперметр, джерело постійного струму.

Теоретичні відомості і опис лабораторної установки. Соленоїдом називається циліндрична котушка, яка складається з великої кількості намотаних один до одного витків дроту, по яких протікає струм.

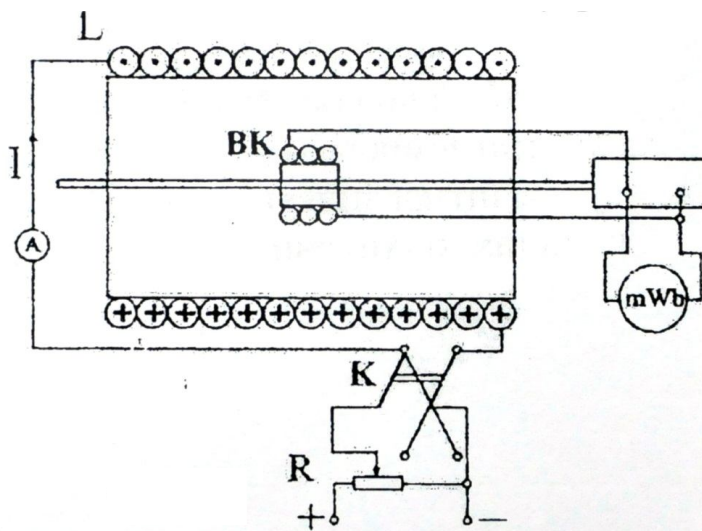


Рисунок 1 – Переріз соленоїда

На рис. 1 показаний переріз соленоїда довжиною L із струмом I . Кружечки з крапками є перерізами витків радіусом R , в яких струм напрямлений з малюнка до нас, а кружечки з хрестиками – із малюнка від нас; n – кількість витків, що припадає на одиницю довжини соленоїда (густина витків).

Напруженість магнітного поля одного першого витка із струмом I чисельно дорівнює

$$H_1 = \frac{1}{2} \frac{IR^2}{(R^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (1)$$

На малу ділянку довжини соленоїда dl припадає ndl витків, які утворюють у даній точці поля магнітне поле напруженістю

$$dH = \frac{1}{2} \frac{IR^2ndl}{(R^2 + l^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (2)$$

де n – кількість витків на одиницю довжини.

Замінімо змінну l змінною β . Тоді маємо

$$\begin{aligned} l &= R \cdot \operatorname{ctg} \beta, \\ dl &= - \frac{R d\beta}{\sin^2 \beta}, \\ \sqrt{R^2 + l^2} &= \frac{R}{\sin \beta}, \\ dH &= - \frac{1}{2} nl \sin \beta d\beta. \end{aligned} \quad (3)$$

Для знаходження чисельного значення напруженості магнітного поля соленоїда в даній точці необхідно проінтегрувати вираз (3) по всіх значеннях β :

$$H = - \frac{1}{2} nl \int_{\beta_1}^{\beta_2} \sin \beta d\beta.$$

Після інтегрування отримаємо:

$$H = \frac{nl}{2} (\cos \beta_2 - \cos \beta_1), \quad (4)$$

де

$$\cos \beta_1 = \frac{1}{\sqrt{R^2 + l^2}}, \quad \cos \beta_2 = \frac{L - l}{\sqrt{R^2 + (L - l)^2}} \quad (5)$$

Максимальне значення H в точці, яка знаходиться на середині осі соленоїда:

$$H_{max} = \frac{nl}{\sqrt{4R^2 + L^2}}. \quad (6)$$

Слід пам'ятати, що напруженість поля в середині нескінченно довгого соленоїда дорівнює:

$$H = nl \quad (7)$$

Даний метод дослідження магнітного поля соленоїда ґрунтується на вимірюванні зміни потоку магнітної індукції $\Delta\Phi$. Якщо зміна магнітного потоку відбувається через вимірювальну котушку, тоді:

$$\Delta\Phi = BSN, \quad (7)$$

де B – магнітна індукція, S – площа перерізу одного витка котушки; N – кількість витків вимірювальної котушки.

Знаючи це, отримаємо:

$$\Delta\Phi = \mu\mu_0 HSN,$$

звідки

$$H = \frac{\Delta\Phi}{\mu\mu_0 SN} \quad (8)$$

Якщо зміна магнітного потоку відбувається від якогось значення $-\Phi$ до значення $+\Phi$, то $\Delta\Phi = 2\Phi$.

Така зміна магнітного потоку досягається комутацією струму в колі соленоїда від $-I$ до $+I$. В цьому випадку

$$H = \frac{\Delta\Phi}{2\mu\mu_0 SN} \quad (9)$$

Припустимо, що C_{wb} – ціна поділки веберметра. Тоді (9) запишеться у такому вигляді:

$$H = \frac{C_{wb}}{2\mu\mu_0 SN} \Delta\alpha, \quad (9)$$

де $\Delta\alpha$ – різниця показів приладу в поділках.

Позначивши $C = \frac{C_{wb}}{2\mu\mu_0 SN}$, отримаємо:

$$H = C \cdot \Delta\alpha \quad (10)$$

Послідовність виконання роботи:

Завдання 1. Ознайомитись з методом вимірювання магнітних величин. Використовуються теоретичні відомості.

Завдання 2. Визначити напруженість магнітного поля соленоїда вздовж його осі при сталій силі струму.

Завдання 3. Дослідити залежність напруженості магнітного поля всередині соленоїда від сили струму, що протікає в його обмотці.

Встановити вимірювальну котушку поблизу середини соленоїда та, вимірюючи силу струму, відмітити покази веберметра для кожного значення сили струму. Після цього розрахувати значення H за формулою (10) та побудувати графік залежності $H(I)$.

Завдання 4. Провести комп'ютерне моделювання магнітного поля соленоїда.

Формула теоретичних розрахунків має вигляд:

$$H_{\text{теор}} = \frac{nI}{2} \left(\frac{L-x}{\sqrt{R^2 + (L-x)^2}} + \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right) \quad (11)$$

де L – довжина соленоїда; x – відстань від краю соленоїда до досліджуваної точки; R – радіус соленоїда; n – густина витків. Побудувати теоретичну криву залежності (рис. 2).

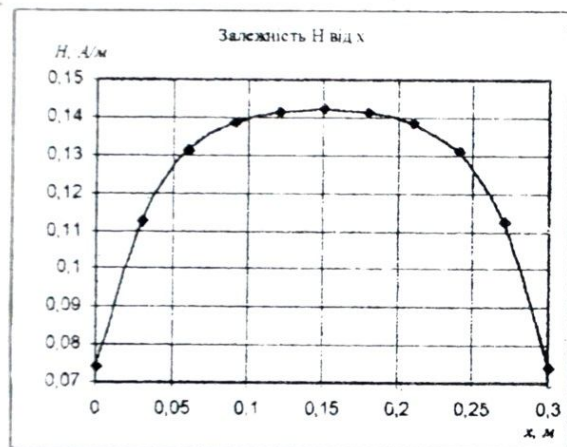


Рисунок 2 – Теоретична крива залежності

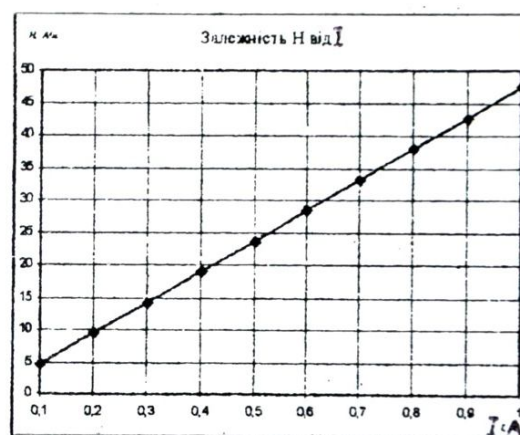


Рисунок 3 – Залежність для точки, що знаходиться на середині соленоїда

Використовуючи формулу (11) побудувати теоретичну криву $H_{\text{теор}} = f(I)$ залежності для точки, що знаходиться на середині соленоїда (рис.3).

ЛІТЕРАТУРА

1. Барановський В.М., Черенков О.В. Загальна фізика, курс лекцій , частина друга, навчальний посібник – Київ: Європейський університет, 2001. – 186с.
2. Барановський В.М. та ін. Загальна фізика: Комп'ютерний практикум, навчальний посібник – Київ: Європейський університет, 2006. – 293 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики, в 5 кн. Кн.2: Электричество и магнетизм. – М.: АСТ, 2004. – 336с.
4. Бурсиан С.В. Физика 100 задач для решения на компьютере, учебное пособие – С. – Петербург: М и М, 1997. – 251 с.

МНОГОУРАВНЕВАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАНИИ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Чердниченко А.К.

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

Теоретические исследования показывают эффективность и перспективность термохимической регенерации тепла (ТХР) как в тепловых двигателях, так и в энергокомплексах объектов океанотехники и морского транспорта. Многовариантность схемных решений потребовала выявления «определяющих» критериев комплектации энергокомплекса и оценки их значимости (рис. 1).



Рисунок 1 – Основные критерии выбора состава энергокомплекса транспортного судна

В процессе исследования взаимосвязей элементов энергокомплекса методами системного анализа рассмотрено четыре иерархических уровня: комплекс в целом, подсистемы комплекса, группа оборудования подсистем, оборудование входящие в группы. В разработанной математической модели энергокомплекс представлен в виде совокупности подсистем:

- энергетической подсистемы, в которой химическая энергия топлива преобразуется в механическую, электрическую и тепловую энергию;
- подсистемы утилизации тепла, предназначенная для преобразования сбросной теплоты энергетической подсистемы в механическую, электрическую и тепловую виды энергии;
- технологической подсистемы конверсии топлива.

Проверка адекватности разработанных математических моделей потребовала разработки методологии комплексного экспериментального исследования параметров и показателей эффективности энергетических установок с термохимической регенерацией сбросного тепла.

В Центре Перспективных Энергетических Технологий научно-исследовательского института «Энергетики и машиностроения» (ЦПЭТ НИИЭМ) Национального университета кораблестроения имени адм. Макарова накоплен большой опыт проведения экспериментальных исследований, который позволил обобщить задачи и сформулировать этапы комплексного экспериментального исследования параметров и показателей эффективности энергетических установок с ТХР.

Применение основных положений системного подхода при формулировке этапов комплексного экспериментального исследования позволило выявить основные обязательные компоненты. К ним отнесены: планирование эксперимента; учет влияния параметров и случайных воздействий окружающей среды; оценка результатов с учетом ошибок и выявление их совокупного влияния; верификация результатов, оценка их приемлемости; обработка полученных данных, систематизация и представление их в упорядоченном виде.

Используя известный из теории сложных технических систем принцип многоуровневой декомпозиции, решение сложной технической задачи можно заменить решением серии меньших задач. Адаптировав данный принцип к экспериментальному исследованию можно применить одну из существующих стратегий декомпозиции. Наиболее близкой является функциональная декомпозиция, которая предусматривает, что основой разбиения на функциональные подсистемы служит общность функций, выполняемых группами элементов.

В качестве примера реализации данного метода рассмотрим задачу экспериментального исследования комбинированной дизель-газотурбинной энергетической установки с термохимической регенерацией тепла отходящих газов газотурбинного двигателя (ДГТУ с ТХР).

При применении стратегии функциональной декомпозиции установка может быть представлена в виде системы из трех функционально взаимосвязанных экспериментальных стендов (рис. 2).

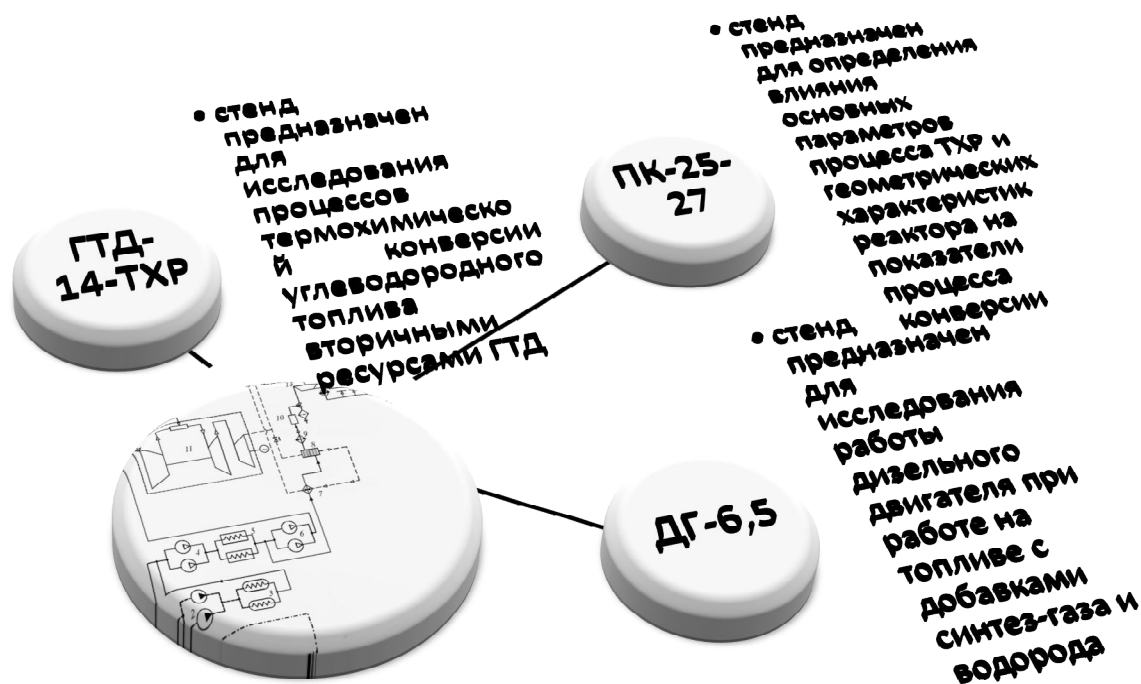


Рисунок 2 – Пример функциональной декомпозиции экспериментальной установки при исследовании характеристик ДГТУ с ТХР

Выводы. Представленная методология экспериментальных исследований позволяет адаптировать имеющуюся экспериментальную базу взаимосвязанных стендов для верификации математических моделей и экспериментально проверить положения гипотез, положенных в основу научного исследования, направленного на разработку научно-технических основ создания высокоэффективных энергетических комплексов объектов океанотехники и морских судов применением технологии термохимической регенерации тепла вторичных энергоресурсов.

ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВА И ВОДЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ КОРРОЗИИ ЭЛЕМЕНТОВ СЭУ

Шевченко В.В., Филищук А.Н., Горячкин В.Ю.

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

Введение. В современной энергетике в связи с необходимостью использования все более тяжелых низкокачественных топлив (со сложным составом минеральной части вследствие более глубокой переработки нефти) актуальными становятся проблемы коррозии и загрязнения поверхностей нагрева паровых котлов, элементов ДВС и ГТД под воздействием потока продуктов сгорания. Минеральный состав сжигаемого топлива считается основным фактором, определяющим интенсивность и характер, прежде всего высокотемпературной коррозии (ВТК) и износа, но он также влияет и на низкотемпературную сернистую коррозию (НТК). Применение водотопливных эмульсий (ВТЭ) предоставляет возможность обеспечить целый ряд преимуществ в эксплуатации при сжигании тяжелых остаточных топлив (экономия топлива, снижение скорости ВТК и НТК, снижение дымности и загрязнений поверхностей).

Актуальность исследований. Присутствие в золе тяжелых топлив оксидов ванадия и солей натрия приводит к ВТК деталей цилиндрично-поршневой группы, турбокомпрессора, и выпускных клапанов ДВС. Глубина утилизации выхлопных газов ДВС, ГТД, экономическая эффективность котлов существенно зависят от температуры уходящих газов, значение которой определяется скоростью НТК, которая при сжигании сернистых мазутов может достигать до 1,2 мм/год. Поэтому актуальным является решение проблемы обеспечения возможности снижения скорости НТК до допустимого уровня (0,25...0,30 мм/год), что позволит снизить температуру уходящих газов до ~100 °С (вместо 150...160 °С). Эта возможность может быть реализована при сжигании тяжелых сернистых мазутов в виде ВМЭ с водосодержанием W^f на уровне 30 % [3,4,5]. Решение задачи снижения интенсивности ВТК и НТК определяет ресурс и надежность работы металла, режим эксплуатации, а также технико-экономические показатели котлов, ДВС и СЭУ в целом. Однако проблемам интенсивности ВТК и НТК при сжигании ВМЭ на основе сернистых мазутов не уделено достаточно внимания. Опубликовано небольшое количество работ, где представлена только качественная оценка интенсивности этих процессов: увеличивается период между очистками и ремонтами, визуальные наблюдения указывают на снижение скорости коррозии и загрязнения. Причем, при рассмотрении этих проблем интенсивность ВТК не связывается с такой важной характеристикой, как физико-химические свойства минеральной части топлива и воды, применяемой для приготовления ВМЭ, что важно, т.к. прибавка к минеральной части жидкого топлива (внутренняя составляющая) внешней составляющей (минеральной части воды), может повлиять на механизм и скорость НТК и ВТК.

Постановка задачи исследований. Получение на основе экспериментальных исследований количественных данных о влиянии минеральной части топлива и воды ВМЭ, температуры поверхности металла $t_{ст}$ и избытка воздуха α при горении на интенсивность ВТК, а также по скорости НТК при сжигании ВМЭ при разном солесодержании воды.

Результаты исследований. Сравнение интенсивности коррозии при сжигании мазута и ВМЭ, приготовленной с использованием воды с различным составом минеральной части, возможно, только путем проведения экспериментальных исследований.

При планировании экспериментальных исследований с целью уменьшения серии опытов перед сборкой образцов труб прежде всего поддерживались постоянными

температура газов и скорость газов на уровне 8 м/с. При обеспечении постоянства этих факторов корректно и легче оценить влияние на скорость ВТК температуры поверхности металла труб $t_{ст}$ и коэффициента избытка воздуха α при горении топлив. При исследованиях влияния роста $t_{ст}$ на скорость ВТК для получения зависимостей $K = f(t_{ст})$ для конкретных марок сталей (сталь 20 и X18H10T) при сжигании каждого вида топлив («сухого» мазута и ВМЭ подготовленные с применением водопроводной воды и дистиллята) поддерживалась постоянная величина коэффициента избытка воздуха α .

Исследование интенсивности НТК и ВТК проведены на экспериментальной установке при сжигании ВМЭ с водосодержанием $W^f = 30\%$ на основе мазута М40 при избытке воздуха $\alpha = 1,5$. Подготовка эмульсии осуществлялась с использованием водопроводной воды с солесодержанием 1482 мг/л (после хлорирования), что определило солесодержание ВМЭ на уровне 492 мг/л, и дистиллята, с солесодержанием 50 мг/л, что определило солесодержание ВМЭ равное 16,9 мг/л.

Выбор значения водосодержания $W^f = 30\%$ обусловлен тем, что опубликованы данные [3,4,5] о низкой скорости НТК при сжигании ВМЭ такого водосодержания, а также сведения о эксплуатации котлов типа КВГ-34К при сжигании такой же ВМЭ при $\alpha = 1,35$ [3] с указанием качественных показателей по скорости НТК при сжигании ВМЭ в течение 2-х лет.

Температура металла $t_{ст}$ труб-образцов поддерживалась: при исследованиях ВТК в пределах 400...700 °С, а при исследованиях НТК в пределах 80...140 °С. Продолжительность опытов составляла 100 часов.

Так как при оценке достоверности проведенных экспериментальных исследований необходимо сравнение с литературными данными по скорости ВТК, полученными при разных значениях α построены зависимости скорости НТК и ВТК от α ($K = f(\alpha)$) при определенных $t_{ст}$.

Получены результаты экспериментальных и аналитических исследований ВТК сталей 20 и X18H10T при сжигании ВМЭ при избытках воздуха до 3,0 с водосодержанием $W^f = 30\%$ с солесодержанием до 500 мг/л при использовании для приготовления водопроводной воды и дистиллята, которые показали, что при использовании ВМЭ с солесодержанием до 180 мг/л скорость ВТК стали 20 при $t_{ст} = 500$ °С и X18H10T при $t_{ст} = 600$ °С ниже допустимого значения 0,25 мм/год.

Получены результаты экспериментальных исследований низкотемпературной коррозии стали 20 при сжигании с избытком воздуха $\alpha = 1,5$ водомазутной эмульсии с водосодержанием $W^f = 30\%$ с солесодержанием воды в пределах 1482...50 мг/л (водопроводная вода – дистиллят) и рассмотрен вероятный механизм процессов. Которые показали, что, несмотря на большой диапазон солесодержания воды ВМЭ при этих условиях, скорость низкотемпературной коррозии меняется в узких пределах на уровне 0,2...0,15 мм/год.

Выводы. Проведенные экспериментальные исследования, анализ их результатов и сопоставление с данными других авторов предоставили возможность сформулировать следующие выводы.

1. Прибавка хлоридов с водой (выше определенной концентрации) к натрийванадатам мазута при использовании ВМЭ приводит к интенсификации ВТК.

2. При температурах стенки, при которых наблюдается расплавление загрязнений, с увеличением содержания хлора, привнесенного с водой ВМЭ, скорость ВТК при солесодержании ВМЭ на уровне 490 мг/л выше в 1,8 и 1,25 (соответственно для стали 20 и X18H10T) раза по сравнению с режимом сжигания мазута. При сжигании ВМЭ с солесодержанием 16,8 мг/л, для которой использован дистиллят с солесодержанием 50 мг/л, скорость ВТК ниже в 1,68 и 1,25 (соответственно для стали 20 и X18H10T) раза по сравнению с режимом сжигания мазута.

3. При сжигании ВМЭ с солесодержанием воды в тех же пределах диапазон изменения скорости НТК при температурах стенки в пределах 130...90⁰С находится в пределах 0,2...0,12 мм/год, что ниже допустимого уровня.

4. Допустимый уровень солесодержания воды, используемой для приготовления ВМЭ, следует определять по интенсивности ВТК.

Проведенные исследования следует рассматривать как основание для определения допустимого солесодержания воды, применяемой для приготовления ВМЭ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Возницкий, И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания [Текст] / И.В. Возницкий, А.С. Пунда. – М: Моркнига, 2008. – Т.2. – 470 с.

2. Пахомов, Ю.А. Топливо и топливные системы судовых дизелей [Текст] / Ю.А. Пахомов, Ю.П. Коробков, Е.В. Дмитриевский [и др.]; Под ред. канд. техн. наук Ю.А. Пахомова. – М. : РКонсульт, 2004. – 496 с.

3. Якубовский, Ю.В. Эксплуатация производственных котлов КВГ-34К на водотопливной эмульсии [Текст] / Ю.В. Якубовский, В.М. Суменков, Ю.С. Селезнев [и др.] // Рыбное хозяйство. – 1991. – №3. – С. 57–60.

4. Горячкін, А.В. Підвищення ефективності суднових котлів при спалюванні водопаливних емульсій [Текст] / А.В. Горячкін; автореф. дис. канд. техн. наук. – Миколаїв: НУК, 2007. – 24 с.

5. Пат. Україна, UA 99408 С2. Спосіб захисту металу низькотемпературних поверхонь нагріву котла від сірчаноокисlotної корозії. [Текст] / В.Ю. Горячкін, А.В. Горячкін, О.В. Акімов, В.О. Іутинський, В.С. Корнієнко. - № UA 99408 С2: заявл. 23.08.2011; опубл. 10.08. 2012, Бюл. № 15.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО ПРОЦЕССА ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ В ОБЛАСТИ ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ ТОКОВ

Шевченко В.В., Филиппук А.Н.

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

Блах И.В.

Херсонская государственная морская академия
(Украина)

Введение. Одним из прогрессивных направлений применения мембранной технологии как в стационарной энергетике, так и на морских судах является электродиализный метод опреснения водных растворов с высокой концентрацией растворенных солей, что свойственно для морской воды. При обессоливании морской воды с использованием электродиализных опреснителей (ЭДО) необходимо учитывать специфику их эксплуатации в судовых условиях [1, 3, 4, 5]. Учитывая высокую концентрацию растворенных солей в морской воде и особенно в океанической до 40 г/л при общей жесткости порядка 130 мг·экв/л [3], то не исключена работа в области запредельных токов ($I > I_{пр}$), что представляет несомненный интерес.

Актуальность исследований. В технико-экономическом отношении электродиализ отличается от других методов опреснения воды рядом преимуществ: отсутствием фазовых преобразований воды, и как следствие значительных потерь тепловой энергии; большой выход диализата (дилюата) в сравнении с рассолом; технологический процесс протекает непрерывно и может быть автоматизирован; глубина обессоливания воды легко поддается регулированию и не требует дополнительной минерализации; низкое потребление химреактивов для предварительной подготовки исходной воды и отказ от их использования для регенерации смол в ионообменной технологии.

Постановка задачи исследований. Получение экспериментальных данных работы семикамерного аппарата с активном площадью мембран $S = (0,79 \times 0,03) \text{ м}^2$ и высотой каналов $h = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, в области запредельных токов, который стал базовой моделью при разработке ЭДО промышленного назначения.

Результаты исследований. Были выполнены исследования с целью получения и обобщения опытных данных для оценки эффективности процесса массопереноса в электродиализной ячейке опытно-промышленного ЭДО в широком диапазоне плотностей тока. Экспериментально подтверждено [2], что без наложения электрического поля эпюры скоростей в каналах электродиализатора с точностью до 2 % совпадают с теоретическим профилем скорости для ламинарного режима независимо от плотности исследованных растворов с концентрацией от 3 мг/л до 16 г/л при общей жесткости 63 мг·экв/л.

При наложении электрического поля в камерах ЭДО возникает миграционный перенос ионов, а также сопутствующие электродиализу процессы осмоса и электроосмоса, что сказывается на кинематике потока. При этом массовый расход электролита в камерах деминерализации падает, а в камерах концентрирования возрастает. Если при небольших плотностях тока ($j < j_{пр}$), относительное изменение скорости не превышает 5 %, то в области запредельных токов ($j > j_{пр}$) скорость потока в камерах концентрирования существенно изменяется.

В условиях деполяризации ($j > j_{пр}$) с увеличением массового расхода вклад осмотического и электроосмотического переноса в характер основного течения снижается. Обращает на себя внимание заметная деформация профиля скорости, которая резко изменяется в области запредельных токов ($I > 1,5I_{пр}$) и особенно это заметно при

малых числа Рейнольдса. Возростание градиента скорости и асимметричный характер профиля скорости на участке $(-1 < z < 0)$, можно объяснить возникновением термоконвективных течений.

При различных числах Re наблюдается общая закономерность. В условиях деполяризации омическое сопротивление падает и принимает минимальное значение при достижении током своего предельного значения ($I > 1,0I_{np}$), однако, с увеличением плотности тока омическое сопротивление растет. Дальнейшее увеличение плотности тока ($j > 1,5j_{np}$) приводит к резкому падению омического сопротивления и увеличению среднemasсовой температуры Θ рабочего раствора. Это можно объяснить рядом взаимосвязанных факторов – термоконвекцией, ростом проводимости раствора и т.д. Очевидно в этой области основной прирост массопереноса следует рассматривать как результат влияния термоконвекции, а не уменьшение омического сопротивления электролита.

На основании опытных данных были выполнены расчеты для сравнительной оценки эффективности процесса обессоливания на базе модельного ЭДО, которые приведены в таблице.

Таблица – Результаты процесса обессоливания модельного ЭДО

| Параметры | $Re = 68$ | | | $Re = 115$ | | | $Re = 230$ | | |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | $I = 0,8$ I_{np} | $I = 1,0$ I_{np} | $I = 1,5$ I_{np} | $I = 0,8$ I_{np} | $I = 1,0$ I_{np} | $I = 1,5$ I_{np} | $I = 0,8$ I_{np} | $I = 1,0$ I_{np} | $I = 1,5$ I_{np} |
| η | 54,5 | 52,8 | 47,4 | 57,3 | 56,9 | 54,1 | 54,3 | 53,0 | 52,6 |
| V | 1,82 | 2,4 | 3,3 | 2,2 | 2,9 | 3,9 | 2,6 | 3,35 | 4,35 |
| W | 6,5 | 7,9 | 11,0 | 6,2 | 8,3 | 12,5 | 5,7 | 7,5 | 10,7 |

Эффективность процесса массопереноса в каналах ЭДО оценивалось в широком диапазоне плотностей тока по следующим параметрам:

– выход по току:

$$\eta = \frac{Q \cdot F \cdot (C_u - C_k)}{I \cdot m \cdot n}, \%$$

где Q – производительность опреснителя м³/с; F – число Фарадея, Кл/г·экв; C_u и C_k – концентрация раствора на входе и выходе, г/л; I – сила тока, А; m – число ходов; n – число каналов;

– удельный съем соли с единицы активной площади мембран:

$$V = \frac{Q(C_u - C_k)}{S}, \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с},$$

– удельные затраты энергии:

$$W = \frac{UI_{np}}{Q(C_u - C_k)}, \text{ кВт} \cdot \text{ч/кг}$$

где U – напряжение на электродах ЭДО, В; I_{np} – предельный ток определялся по методике Кауана-Брауна [6] и корректировался по изменению рН раствора и параметру, η .

Анализ опытных данных показывает, что с увеличением плотности тока интенсифицируется процесс массопереноса в электродиализной ячейке, так при $I = 1,5I_{np}$ ($Re=230$) удельный съем соли увеличился на 29 %, но при этом возросли на 30 %.

Выводы: Проведенные экспериментальные исследования и анализ их результатов позволили сформулировать следующие выводы.

1. В области запредельных токов ($I > 1,5I_{np}$), деформация эпюр скоростей вызвана в основном термоконвекцией и незначительно электроосмотическим переносом.

2. Рекомендуемый диапазон плотностей тока для ЭДО судового назначения составляет $0,8 j_{np} < j < 1,5 j_{np}$.

3. С увеличением плотности тока интенсифицируется процесс массопереноса в электродиализной ячейке ЭДО

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко В.В. Массоперенос и гидравлическое сопротивление в электродиализных опреснителях [Текст] / В.В. Шевченко, Г.П. Величенко, В.С. Цвиклис, О.М. Філіпчук // Зб. наук. праць НУК, – Миколаїв: НУК. – 2011. – № 2.
2. Величенко Г.П. Исследование структуры потока жидкости в рабочих каналах, образованных ионообменными мембранами с помощью лазерного доплеровского анемометра [Текст] / Г.П. Величенко, В.В. Шевченко // Труды НКИ Вып.152. – Николаев, 1979. – С.64-71.
3. Королев А. К. Электродиализ морской воды [Текст] / А. К. Королев // Владивосток : ДГУ, 1986. – 98 с.
4. Кононов Ю.А. Методика распределения рабочих камер в параллельно-последовательной сборке прямогоочного электродиализатора [Текст] / Ю. А. Кононов, А. М. Фаминцын // Современные методы опреснения морской воды. Сб.науч. тр. – Киев, Знание, 1977. – С. 10-11.
5. Шевченко В.В. Разработка и внедрение электродиализных опреснителей в судовой практике [Текст] / В.В. Шевченко // Мембранная технология и ее использование в народном хозяйстве: сб. докладов науч.-техн. конференции. – Челябинск: 1989. – С.64-66.
6. Cowan D.A. Effect of turbulence on limiting current in electro dialysis cells [Text] / D.A. Cowan, J.H Brown // Ind. Eng. Chem, 1959, vol.51, №12, pp. 1445 – 1448.

ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРЕБІРОЧНИХ УЩІЛНЮВАЧІВ ДЛЯ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОТРАС ПРИ МОДУЛЬНОМУ ФОРМУВАННІ ПРИМІЩЕНЬ

Щедролосєв О.В., Терлич С.В.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування
імені адмірала С.О. Макарова
(Україна)

Вступ. Забезпеченню пожежної безпеки в суднобудуванні приділяється все більше уваги, що виявлено зростанням насичення суден електрообладнанням та засобами передачі електроенергії. Розповсюдження пожежі по модульним елементам формування суднових приміщень, які передбачено для проведення електротрас та суднових систем (кожухи, вигородки) є однією з вагомих причин розповсюдження вогню між сусідніми приміщеннями. Для забезпечення та підтримання протягом нормованого часу герметичності протипожежних конструкцій між каютами передбачено конструктивні заходи: герметичне ущільнення дверей та ущільнення місць проходження кабелів та трубопроводів.

Постановка проблеми. Вимоги до ущільнення отворів в місцях розташування кожухів електротрас через перебірки та палуби встановлено стандартом галузі ОСТ 5Р.6103-2006 «Изделия уплотнительные для электрических кабелей и проводов. Общие технические условия» та вимогами класифікаційних товариств.

Перебірочні ущільнювачі можна класифікувати за наступними типами:

- 1) герметичні «проходки» – уявляють собою замкнуті сосуди, заповнені вогнестійкими матеріалами. Загальний недолік – висока вартість;
- 2) модульна система для прокладення кабелів – уявляє собою набір стандартних елементів за допомогою яких можна виконати перебірочне ущільнення;
- 3) універсальні розчини кабельних прокладок – до них відносять герметики та компаундні склади. Такий спосіб також широко розповсюджений завдяки своїй універсальності;

Треба відмітити, що перебірочні ущільнювальні пристрої для приміщень із масовим скопленням людей (кают-компанія, салон, хоббі-рум) повинні відповідати широкому комплексу вимог, але фактично ці вимоги не задокументовано тобто можна впевнено стверджувати про їх відсутність.

Технології ущільнення технологічних отворів для електротрас та систем, які використовують у сучасному суднобудуванні мають наступні недоліки:

- 1) ущільнювальні пристрої, які проходять через палуби, та матеріали, що їх заповнюють, майже не дозволяють контролювати розповсюдження полум'я та диму з точки займання в інші приміщення;
- 2) форма та способи кріплення ущільнювальних пристроїв на перебірках робить їх вразливими від дій підвищеного тиску, які можуть супроводжуватися вибухами, що знижує їх надійність.

Виклад основного матеріалу. Рішення, що пропонується, полягає у створенні нових ущільнювальних пристроїв, які передбачено для забезпечення надійності, довговічності та безпеки прокладення суднових електрокабелів через модульні суднові приміщення при дії на них агресивних факторів (полум'я, температура, тиск) через виникнення та розповсюдження пожежі.

До пристрою, що пропонується сформовано ряд вимог:

- 1) вогнестійкість пристрою повинна відповідати вимогам класифікаційного товариства;
- 2) ущільнювальні пристрої повинні відповідати вимогам галузевих стандартів;

3) пристрої повинні мати можливість технічної реалізації із використанням існуючих та перспективних технологій і матеріалів, які використовуються в суднобудуванні та судноремонті;

4) пристрої повинні бути сумісні із існуючими електромонтажними та трубо монтажними технологіями, бути простими, надійними, ремонтпридатними;

Під час проектування вирішувалися наступні **задачі**:

1) призначення оптимальної конструктивної форми ущільнювального пристрою та ефективного протипожежного матеріалу для заповнення;

2) порівняння із існуючими аналогами;

3) призначення критеріїв оцінки надійності та ефективності.

Ескіз конструкції наведено на рисунку 1.

В районі проходження кожуху 2 для трасування електрокабелів 6 в модульній панелі (базальтова плита, обшита металопластом) зроблено технологічний отвір в якому вмонтовано типові металопластові фланці із зовнішньою різьбою. Між напівкруглими фланцями 4 за допомогою різьбового з'єднання встановлено керамічну втулку. У втулці встановлюються сальники для проходження та розосередження кабелів після чого внутрішність втулки заповнюється спученим вермікулітом.

В свою чергу після кристалізації (протягом хвилини) вермікуліт має межу міцності 20 кг/см^2 , є негорючим і нетоксичним і змінює свої хімічні властивості при температурі вище 1200°C . Керамічна втулка на полум'я не реагує.

В дослідженні змодельований у якості критерію час розповсюдження температури між приміщеннями у випадку виникнення пожежі τ . При цьому прийнята температура полум'я в приміщенні де виникла пожежа 600°C [1], температура у суміжному приміщенні до виникнення пожежі 18°C . Максимально-допустима температура для організму людини в районі виникнення пожежі складає 70°C [2].

Передачу тепла розраховано виключно за рахунок запропонованої конструкції, вважаючи, що сучасні композитні панелі негорючі і нездатні передавати тепло протягом декількох годин [3]. Відстань у суміжному з приміщенні до найближчого об'єкту на який може бути передано тепло прийнята 200 мм (20 см) – мінімально необхідна межа від перебірки до розташованих меблів за Санітарними нормами для морських суден.

Змодельувати температуру передачу доцільно використавши рівняння [4]:

$$\frac{\partial v}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 v}{\partial x^2}, \quad (1)$$

де $v = t - t_c$ – надлишкова температура.

Початкова умова: при $\tau = 0$ та $0 \leq x \leq \infty$ справедливо:

$$v = t - t_c = \Delta t, \quad (2)$$

Граничні умови: $\tau > 0$ та $x = 0$ справедливо:

$$v = t - t_c = 0, \quad (3a)$$

$\tau \geq 0$ та $x \rightarrow 0$ справедливо

$$\frac{\partial v}{\partial x} \rightarrow 0. \quad (3b)$$

Суть розв'язку задачі полягає у помноженні рівняння (1) на $e^{-p\tau} d\tau$ та інтегруванням по τ в межах від 0 до ∞ . Отримано звичайного диференціального рівняння для функції:

$$u = p \int_0^{\infty} v \cdot e^{-p\tau} d\tau,$$

яка відображує пошукову функцію v та інтегруванням по τ в межах від 0 до ∞ . Отримано звичайного диференціального рівняння для функції:

$$u = p \int_0^{\infty} v \cdot e^{-p\tau} d\tau,$$

яка відображує пошукову функцію v .

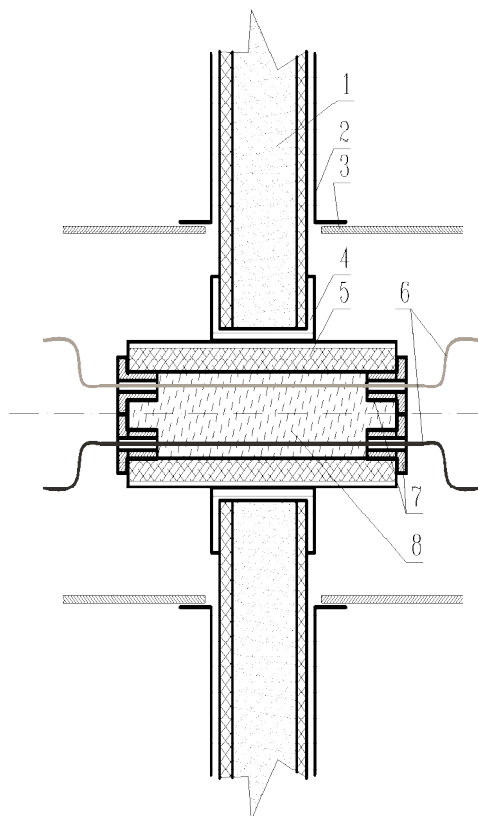


Рисунок 1 – Перебірочний перехідник:

1 – модульна композитна панель; 2 – кріплення кожуха; 3 – кожух електротраси; 4 – типовий фланець; 5 – керамічна втулка; 6 – електрокабелі; 7 – гайки; 8 – вермікулітовий наповнювач

Проінтегрувавши рівняння знайдено зображення u пошукової функції v .

Після цього за допомогою таблиць переходу від зображення u до оригіналу v визначено пошукову функцію. Виконав вищевказані перетворення для (2) та (3), отримано:

$$u = p \int_0^{\infty} \frac{\partial v}{\partial \tau} e^{-p\tau} d\tau = ap \int_0^{\infty} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} e^{-p\tau} d\tau, \quad (4)$$

при $x = 0$ отримано:

$$\int_0^{\infty} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} d\tau = 0,$$

при $x = \infty$ отримано:

$$\int_0^{\infty} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} d\tau \rightarrow \infty,$$

Виконав перетворення окремих формул в цих залежностях отримано:

$$t = t_c + \frac{2(t_0 - t_c)}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{x}{2\sqrt{\alpha\tau}}} e^{-n^2} dn. \quad (5)$$

Коефіцієнт температуропередачі вермікулиту та кераміки дуже близькі і в розрахунку прийнято $\alpha = 5,2 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{с}$.

Використавши залежність (5) прийнявши $t = 70^\circ\text{C}$, $t_c = 18^\circ\text{C}$, $t_0 = 600^\circ\text{C}$:

$$70 = 18 + \frac{2(600 - 18)}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{l}{2\sqrt{\alpha\tau}}} e^{-n^2} dn,$$

$$l = 20 \text{ см}, \quad 52 = \frac{1164}{\sqrt{\pi}} \operatorname{erfc} \frac{20}{2\sqrt{5,2 \cdot 10^{-4} \cdot \tau}},$$

вважаючи, що $\sqrt{5,2 \cdot 10^{-4}} = 0,023$; отримано: $0,079 = \operatorname{erfc} \frac{434}{\sqrt{\tau}}$.

Розв'язавши у системі MathCAD отримано $\tau = 122097 \text{ с} = 33 \text{ години}$, що значно перевищує норми пожежної безпеки для суднових приміщень відносно температуропровідності [2].

Висновки. Виконані розрахунки доводять доцільність використання запропонованих перебірочних перехідників. При цьому забезпечуються усі вимоги діючих стандартів та класифікаційних товариств.

ЛІТЕРАТУРА

1. Александров, М.Н. Безопасность человека на море [Текст] /М.Н. Александров// Л.: Судостроение. – 1983. – 208 с.
2. Конвенція про приміщення для екіпажу на борту суден (додаткові положення) № 133 [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт Верховної ради України. – http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/993_058 (останнє посилання 2 травня 2016).
3. Михайлова, Е.В. Исследование основных параметров модульно-групповой технологии механизированного производства узлов корпуса судна: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук : 05.08.04 / Центр. НИИ технологии судостроения. - СПб., 1996. - 27 с. – Библиогр.: с. 26-27.
4. Тарасевич, Е.И. Особенности теплового расчета водяных тепловых сетей [Текст] Е.И. Тарасевич // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6.

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

- Акімов О.В., 310
Александровская Н.И., 206
Алексейчук Б.М., 103
Алексенко В.Л., 295
Аржаєв Г.О., 298
Астайкин Д.В., 103
Астионенко И.А., 186
- Баклан В.Ю., 382
Безлуцька О.П., 81
Белецкий А.С., 34
Бень А.П., 6, 9, 302
Берестовой А.М., 188
Блах І.В., 304, 315, 402
Богдан Ю.А., 323
Богданов А.В., 193, 196
Борисова В.А., 199
Боровик О.В., 244
Борсук С.П., 90
Браиловский А.О., 202, 206
Браїло М.В., 308
Букетов А.В., 310
Букетова Н.М., 302
Булгаков А.Ю., 106
Бурмака И.А., 109
- Варбанец Р.А., 206
Васильева М.Г., 382
Васильченко Г.Ю., 50
Вассерман А.А., 312
Васюхін М.І., 8, 214
Вильский Г.Б., 9
Власов В.Б., 318
Волков А.Н., 113
Волков Е.Л., 115
Вороненко С.В., 315
Ворохобин И.И., 119
Воцелка С.А., 215
Вухерер Т., 338
- Гавздик А.А., 382
Глазева О.В., 318
Годованюк С.П., 219
Горбатюк Є.В., 363
Горобец В.Г., 323
Горяинов А.Н., 147
Горячкин В.Ю., 399
Грабарев А.В., 19
Гречко В.В., 169
Гюлев Н.У., 84
- Давиденко П.А., 186
Давідіч Н.В., 11
Даньк В.В., 328
Де Деуш Антонио Бертем
Да Глория, 355
Дзюба Л.Ф., 60
Добровольська Н.А., 70
Дощенко Г.Г., 223
Драгоев А.М., 151
Дранкова А.О., 64
Дудник О.С., 264
Дун Синьшо, 225
- Евдокимова В.А., 54
Енчев С.В., 156
Єрмак О.М., 229
- Жарин И.С., 165
Жолтиков Е.И., 206
- Заїченко Є.Г., 161
Зинченко С.Г., 188
Зінченко Д.О., 295, 310
Знамеровська Н.П., 50
Зубарєв А.А., 332
- Ищенко И.М., 328
Іваник Ю.Ю., 8, 214
- Казак В.Н., 165
Казак Ю.В., 139
Калиниченко Г.Е., 122
Калинчак В.В., 382
Калнауз А.О., 169
Калугін В.Д., 44, 389
Камишин В.В., 70
Карамушка М.В., 14
Кашицький В.П.,
Каштальян П.В., 232
Кириченко К.В., 334
Кияниця М.В., 151
Клементьева О.Ю., 367
Кобельник О.С., 338
Колебанов А.К., 88
Кондратьева Л.Ю., 125
Копанский С.В., 129
Коробко В.В., 340
Коростылев Л.И., 344
Косолапов А.А., 235
- Костыря М.В., 348
Кошарская Л.В., 58
Кошель Н.Д., 348
Красніков В.Ф., 298
Кристалль М.Г., 308
Криштопа С.И., 351
Крупіца П.О., 174
Кузнецов А.В., 385
Кузьменко Е.С., 254
Кулаков М.А., 122
Кулаковська І.В., 290
Кунда Н.Т., 25, 240
Купрієнко Д.А., 244
Кусій М.І., 60
Кучеренко Ю.Н., 206
Куш Є.І., 17
Кырнац В.И., 206
- Лазарчук П.Г., 165
Лахно В.А., 19, 21
Лебеденко Ю.О., 174
Лебідь В.В., 25
Левин В.И., 248
Лещенко О.В., 302
Лисак С.І., 298
Литвин В.В., 286
Литвиненко Д.Ю., 344
Литвиненко Е.И., 186
Лызина Т.А., 58
- Малыгин Б.В., 355
Маляренко О.Д., 308
Мальчевский В.П., 312
Мартыненко К.С., 106
Меньшикова О.В., 60
Мірзоев Б.М., 90
Міщук Д.О., 363
Муха Н.И., 64
Мухтаров П.Ш., 90
- Насіров Ш.Ш., 90
Настасенко В.А., 249,
358
Нігалатій В.Д., 302
- Омаров Д.М., 264
Омельченко Т.Ю., 113
Осіпова О.В., 133

- Паламарчук И.В., 29
Пелевін Л.Є., 363
Переверзев А.М., 19
Петров И.М., 254
Пивоваров Ю.В., 38
Погорлецкий Д.С., 355
Поляков В.А., 260
Понкратов Д.П., 31
Поташнікова Г.В., 244
Прокопчук Ю.А., 34
Прокудін Г.С., 264
Прокудін О.Г., 264
Проценко В.О., 367, 370
Прусак П.Н., 267
Пятаков Э.Н., 136
- Радін В.К., 38
Расторгуєв В.С., 373
Рева О.М., 70, 90
Редчиц Д.А., 270
Ренкас А.Г., 60
Рожков С.О., 174, 199, 215, 232, 279
Романенков Ю.А., 274
Россохатый В.А., 355
- Садова О.Л., 376
Санько Я.В., 276
Сапронов О.О., 302
Северин В.В., 139
Селиверстова С.Р., 379
Сердюк Н.В., 295
Сикирин В.Е., 143
Сіманенков А.Л., 279
Сініцин О.В., 8, 214
Скоб Ю.А., 283
Скрипін В.С., 17
Сметанкін С.О., 295, 310
Смирнова Е.В., 348
Собченко В.М., 21
Соколов А.Е., 77
Соколова О.В., 77
Соловей О.С., 40
Софронков А.Н., 382
Степанова Е.В., 42
Сторожев В.П., 385
- Таран И.А., 286
Татарінцева Ю.Г., 50
Терлич С.В., 169, 405
Тимофеев К.В., 161
Ткаченко Ю.Н., 387
Товстокорый О.Н., 177
Троханяк В.И., 323
Тютюник В.В., 44, 389
- Угрюмов М.Л., 283
Ушкаренко О.О., 98
- Федоров А.И., 47
Федотов В.Г., 393
Филипчук А.Н., 399, 402
Фісун М.Т., 290
Фурс Т.В.,
- Хаєт Л.Г., 54
Хачапуридзе Н.М., 260
Хоботня Т.Г., 240
Хомченко А.Н., 186
Худяков И.В., 182
- Чаусовский Г.А., 88
Чередниченко А.К., 397
Чупайленко О.А., 264
- Шевченко В.В., 399, 402
Шульгін В.А., 90
- Щедролосєв О.В., 405
- Янутенене Й., 338
Яремчук О.О., 151

ЗМІСТ

| | Стор. |
|---|-----------|
| ПЕРЕДМОВА | 3 |
| <i>Секція: Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень у транспортній галузі</i> | |
| СУЧАСНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ | 6 |
| <i>Бень А.П.</i> Херсонська державна морська академія (Україна) | |
| ІНТЕГРАЦІЯ ТРИВИМІРНИХ КАРТОГРАФІЧНИХ МОДЕЛЕЙ В ГІС ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА | 8 |
| <i>Васюхін М.І., Сініцин О.В., Іваник Ю.Ю.</i> Національний університет біоресурсів і природокористування (України, м. Київ) | |
| ИНФОРМАЦИОННЫЕ РИСКИ СУДОХОДСТВА В ДИАГРАММЕ ИСИКАВЫ | 9 |
| <i>Вильский Г.Б.</i> ВУЗ «Международный технологический университет «Николаевская политехника» (Украина), <i>Бень А.П.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ПЛАНУВАННІ ЯКОСТІ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ | 11 |
| <i>Давідич Н.В.</i> Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Україна) | |
| АНАЛІЗ ЕКОНОМІЧНИХ АСПЕКТІВ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ РОЗВИТКУ СУДНОПЛАВНИХ КОМПАНІЙ | 14 |
| <i>Карамушка М.В.</i> Херсонській національний технічний університет (Україна) | |
| ДО ПИТАННЯ ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОСТІЙНИХ ВИТРАТ НА ВАНТАЖНОМУ АВТОМОБІЛЬНОМУ ТРАНСПОРТІ | 17 |
| <i>Куш Є.І., Скрипін В.С.</i> Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Україна) | |
| МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОНОМІЧНОГО OLAP АНАЛІЗУ ДІЯЛЬНОСТІ ІНТЕЛЕУТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ | 19 |
| <i>Ляхно В.А., Грабарєв А.В., Переверзєв А.М.</i> ПВНЗ «Європейський Університет» (Україна, м. Київ) | |

| | |
|---|-----------|
| МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ АВТОТРАНСПОРТОМ | 21 |
| <i>Лахно В.А., Собченко В.М.</i> ПВНЗ «Європейський Університет» (Україна, м. Київ) | |
| ПІДХОДИ ДО ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНОГО РІШЕННЯ ЩОДО ВИБОРУ ПРОЕКТУ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ВАНТАЖІВ | 25 |
| <i>Лебідь В.В., Кунда Н.Т.</i> Національний транспортний університет (Україна, м. Київ) | |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА | 29 |
| <i>Паламарчук И.В.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| ДО ПИТАННЯ АНАЛІЗУ ЗМІНИ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА МАРШРУТАХ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ | 31 |
| <i>Понкратов Д.П.</i> Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Україна) | |
| ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПЛАТФОРМА УРГЕНТНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНОГО ПОДХОДА | 34 |
| <i>Прокопчук Ю.А.</i> Институт технической механики НАНУ и ГКАУ (Украина, г. Днепропетровск), <i>Белецкий А.С.</i> Украинский государственный химико-технологический университет (Украина, г. Днепропетровск) | |
| МЕТОД ОЦІНКИ НЕБЕЗПЕКИ ЗІТКНЕННЯ СУДЕН В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ | 38 |
| <i>Радін В.К., Пивоваров Ю.В.</i> Херсонська державна морська академія (Україна) | |
| КОНТРОЛЬ ПРОЦЕССА ПОГРУЗКИ СУДОВ ТИПА HEAVYLIFT | 40 |
| <i>Соловей О.С.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| ИННОВАЦИОННЫЙ КОНЦЕПТ НЕЛИНЕЙНОГО УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ МОРЕХОЗЯЙСТВЕННОГО КОМПЛЕКСА ПРИМОРСКИХ РЕГИОНОВ | 42 |
| <i>Степанова Е.В.</i> Международный гуманитарный университет (Украина, г. Одесса) | |

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ
ЗА СТАЦІОНАРНИМИ ТА РУХОМИМИ ПОТЕНЦІЙНО
НЕБЕЗПЕЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ ТА ЗОНАМИ ВЗАЄМНОЇ НЕБЕЗПЕКИ
ВІД НИХ** **44**

Тютюнник В.В., Калугін В.Д.

Національний університет цивільного захисту України (Україна, м. Харків)

ОПТИМИЗАЦІЯ МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВОЗОК **47**

Федоров А.И.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Секція: Компетентнісний підхід в підготовці фахівців транспортної галузі

**ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЕТЕНТНІСНОГО ПІДХОДУ ПРИ
ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІН ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ** **50**

Васильченко Г.Ю., Знамеровська Н.П., Татарінцева Ю.Г.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**ПОДГОТОВКА СПЕЦІАЛІСТОВ В МОРСКОЙ АКАДЕМИИ
НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА** **54**

Евдокимова В.А.

Херсонская государственная морская академия (Украина)

Хаев Л.Г.

Служба помощи (Германия, г. Берлин)

**ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР НА ТРАНСПОРТЕ.
ПРАКТИЧЕСКИЕ ШАГИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПЛАВПРАКТИКИ
В ОДЕССКОМ РЕГИОНЕ** **58**

Кошарская Л.В.

Одесский национальный морской университет (Украина)

Лызина Т.А.

Учебно-тренажерный комплекс «Адмирал» (Украина, г. Одесса)

**ЄВРОПЕЙСЬКІ ОСВІТНІ ПРОГРАМИ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ
ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ** **60**

Меньшикова О.В., Дзюба Л.Ф., Кусій М.І., Ренкас А.Г.

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності (Україна)

**ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА – ВАЖНАЯ ЧАСТЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ
ПОДГОТОВКИ СУДОВЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИКОВ И МЕХАНИКОВ** **64**

Муха Н.И., Дранкова А.О.

Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

**ПРОБЛЕМИ УРАХУВАННЯ УСПІШНОСТІ ШКІЛЬНОГО
НАВЧАННЯ АБІТУРІЄНТІВ В ПОКАЗНИКАХ
ЗОВНІШНЬОГО НЕЗАЛЕЖНОГО ОЦІНЮВАННЯ** **70**

Рева О.М.

Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ),

Камішин В.В., Добровольська Н.А.

Інститут обдарованої дитини Національної академії педагогічних наук України
(Україна, м. Київ)

| | |
|---|------------|
| МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАКОПЛЕНИЯ ЗНАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЫ | 77 |
| <i>Соколов А.Е., Соколова О.В.</i> Херсонский национальный технический университет (Украина) | |
| <i>Секція: Тренажерні системи та людський фактор на транспорті</i> | |
| ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР У СИСТЕМІ БЕЗПЕКИ СУДНОПЛАВСТВА | 81 |
| <i>Безлуцька О.П.</i> Херсонська державна морська академія (Україна) | |
| ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ В ТРАНСПОРТНОМ ЗАТОРЕ | 84 |
| <i>Гюлев Н.У.</i> Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова (Украина) | |
| ЭЛЕКТРОННОЕ СРЕДСТВО ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ПСИХОГИГИЕНЫ ДЛЯ МОРЯКОВ | 88 |
| <i>Колебанов А.К., Чаусовский Г.А.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| СТАВЛЕННЯ АВІАЦІЙНИХ ОПЕРАТОРІВ «ПЕРЕДНЬОГО КРАЮ» ДО НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЙ АБО УМОВ ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ – ГОЛОВНИЙ ЧИННИК ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПОЛЬОТІВ | 90 |
| <i>Рева О.М., Борсук С.П.</i> Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ), <i>Шульгін В.А.</i> Кіровоградська льотна академія Національно авіаційного університету (Україна), <i>Мірзоєв Б.М., Мухтаров П.Ш., Насіров Ш.Ш.</i> Головний центр Єдиної системи управління повітряним рухом держпідприємства AZANS (Азербайджанська Республіка, м. Баку) | |
| АППАРАТНО-ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ЕЛЕМЕНТАМИ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ | 98 |
| <i>Ушкаренко О.О.</i> Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова (Україна, м. Миколаїв) | |
| <i>Секція: Безпека судноплавства</i> | |
| ЗАКОН РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ДИСТАНЦИИ С ПОМОЩЬЮ РЛС | 103 |
| <i>Алексейчук Б.М., Астайкин Д.В.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЯ СИТУАЦИОННОГО ВОЗМУЩЕНИЯ ПРИ ОПАСНОМ СБЛИЖЕНИИ СУДОВ | 106 |
| <i>Булгаков А.Ю., Мартыненко К.С.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |

| | |
|--|------------|
| ТИПЫ УПРАВЛЕНИЯ ПАРОЙ СУДОВ В СИТУАЦИИ ОПАСНОГО СБЛИЖЕНИЯ | 109 |
| <i>Бурмака И.А.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |
| УРАВНЕНИЕ БЕЗОПАСНОЙ ОБЛАСТИ СУДОВ | 113 |
| <i>Волков А.Н., Омельченко Т.Ю.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |
| ЭФФЕКТИВНОСТЬ МАНЕВРИРОВАНИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ СУДОВОЖДЕНИЯ С УЧЕТОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА | 115 |
| <i>Волков Е.Л.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| ФОРМАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ НАВИГАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОВОЖДЕНИЯ | 119 |
| <i>Ворохобин И.И.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |
| АНАЛИЗ УСЛОВИЯ СБЛИЖЕНИЯ СУДОВ | 122 |
| <i>Калиниченко Г.Е., Кулаков М.А.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |
| СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ РАЗНЫХ ТИПОВ ПАТРУЛЬНЫХ СУДОВ | 125 |
| <i>Кондратьева Л.Ю.</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина, г. Николаев) | |
| СИНТЕЗ СИСТЕМЫ БИНАРНОЙ КООРДИНАЦИИ ПРИ ЛОКАЛЬНО-НЕЗАВИСИМОМ УПРАВЛЕНИИ ПРОЦЕССОМ РАСХОЖДЕНИЯ СУДОВ | 129 |
| <i>Копанский С.В.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |
| ЗАКОНОДАВСТВО УКРАЇНИ ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ У СФЕРІ ОХОРОНИ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ЩОДО ВОДНИХ РЕСУРСІВ ТА ЇХ ЗБЕРЕЖЕННЯ | 133 |
| <i>Осіпова О.В.</i> Херсонське морехідне училище рибної промисловості (Україна) | |
| СИСТЕМА КООРДИНАЦИИ ТРЕХ СУДОВ | 136 |
| <i>Пятаков Э.Н.</i> Институт последипломного образования «Одесский морской тренажерный центр», Херсонский филиал (Украина, г. Херсон) | |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БОКОВОГО ОТКЛОНЕНИЯ СУДНА | 139 |
| <i>Северин В.В., Казак Ю.В.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |

**ВЫРАЖЕНИЕ ДЛЯ ЭКСЦЕССА ОБОБЩЕННОГО
ПУАССОНОВСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТЕЙ
НАВИГАЦИОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ** 143

Сикирин В.Е.

Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)

*Секція: Контроль, діагностика і прийняття рішень при управлінні
рухомими об'єктами*

**СИМПТОМЫ И ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В СИСТЕМАХ
ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК** 147

Горяинов А.Н.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко (Украина)

**СТАБІЛІЗАЦІЯ ШВИДКОСТІ РУХУ ВЕРТОЛЬОТА ПРИ ВИКОНАННІ
РОБІТ НАД РУХОМОЮ ПЛАТФОРМОЮ** 151

Драгоєв А.М., Кияниця М.В., Яремчук О.О.

Національний авіаційний університет (Україна, м. Київ)

**ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОМПАЖА В КОМПРЕССОРАХ
ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
ФУНКЦИЙ УОЛША** 156

Енчев С.В.

Национальный авиационный университет (Украина, г. Киев)

**PLC–ТЕХНОЛОГІЇ В СУДНОВИХ
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ** 161

Заїченко Є.Г., Тимофеев К.В.

Херсонська державна морська академія (Україна)

**ДИАГНОСТИКА ВНЕШНИХ ОБВОДОВ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА
В ПОЛЁТЕ** 165

Казак В.Н., Лазарчук П.Г., Жарин И.С.

Национальный авиационный университет (Украина, г. Киев)

**ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ СХЕМ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАМІНИ ТА
ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАЖКОГО ОБЛАДНАННЯ ВСЕРЕДИНІ КОРПУСУ
ПРОМИСЛОВИХ СУДЕН** 169

Калнауз А.О.

Херсонська філія Національного університету кораблебудування
імені адмірала Макарова (Україна),

Терлич С.В., Гречко В.В.

Херсонське морехідне училище рибної промисловості (Україна)

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ
ПРОЦЕСОМ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ
ЗА ДОПОМОГОЮ МОДИФІКОВАНИХ АЛГОРИТМІВ
ШИРОТНО-ІМПУЛЬСНОЇ МОДУЛЯЦІЇ** 174

Крупіца П.О., Лебеденко Ю.О., Рожков С.О.

Херсонська державна морська академія (Україна)

| | |
|--|------------|
| ПРИЧИНЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСА ПОВОРОТА | 177 |
| <i>Товстокорый О.Н.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| ИНТЕЛЕКТУАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СУДОВЫМ ДВИГАТЕЛЕМ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С УЧЕТОМ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ | 182 |
| <i>Худяков И.В.</i> ГВУЗ «Херсонское мореходное училище рыбной промышленности» (Украина) | |
| <i>Секція: Системний аналіз та математичне моделювання складних об'єктів</i> | |
| УПРОЩЕННЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ИНТЕРПОЛЯЦИОННОГО ПОЛИНОМА ДЛЯ СЕРЕНДИПОВЫХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ | 186 |
| <i>Астионенко И.А., Давиденко П.А., Литвиненко Е.И.</i> Херсонский национальный технический университет (Украина), <i>Хомченко А.Н.</i> Черноморский государственный университет им. П. Могилы (Украина, г. Николаев) | |
| ОСНОВЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ МОРСКОГО ПОРТА ПРИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ЕГО ПРОЦЕССОВ И ОБЪЕКТОВ | 188 |
| <i>Берестовой А.М.</i> Азовский морской институт Национального университета «Одесская морская академия» (Украина), <i>Зинченко С.Г.</i> Государственное предприятие «Мариупольский морской торговый порт» (Украина) | |
| ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННЫХ САУ СУДНА НА ОСНОВЕ ПЯТИ ПАРАМЕТРОВ | 193 |
| <i>Богданов А.В.</i> Каспийский институт морского и речного транспорта – филиал Волжского государственного университета водного транспорта (Российская Федерация) | |
| ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ИРРАЦИОНАЛЬНЫХ И МНИМЫХ ЧИСЕЛ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ПРИ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЙ В ТЕОРИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ | 196 |
| <i>Богданов А.В.</i> Каспийский институт морского и речного транспорта – филиал Волжского государственного университета водного транспорта (Российская Федерация) | |
| ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДЕФОРМАЦИЙ СТРУКТУРИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ | 199 |
| <i>Борисова В.А., Рожков С.А.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |

| | |
|--|------------|
| ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМАХ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СДВС | 202 |
| <i>Браиловский А.О.</i> Одесский национальный морской университет (Украина) | |
| ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЗАДАЧАХ МОНИТОРИНГА И ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ | 206 |
| <i>Варбанец Р.А., Кучеренко Ю.Н., Кырнац В.И., Жолтиков Е.И., Александровская Н.И., Браиловский А.О.</i> Одесский национальный морской университет (Украина) | |
| РОЗРОБКА ГЕОПОРТАЛУ ІНТЕГРАЦІЇ ГЕТЕРОГЕННИХ ДАНИХ В ГІС ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА | 214 |
| <i>Васюхін М.І., Сініцин О.В., Іваник Ю.Ю.</i> Національний університет біоресурсів і природокористування (України, м. Київ) | |
| СИНТЕЗ УПРЕЖДАЮЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ ИРРИГАЦИОННЫМ КАНАЛОМ | 215 |
| <i>Воцелка С.А.</i> Херсонский государственный аграрный университет (Украина), <i>Рожков С.А.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| ИСПОЛЬЗОВАНИЕ GALS-ТЕХНОЛОГИЙ В ЕДИНОЙ СИСТЕМЕ ПОИСКА И СПАСЕНИЯ НА МОРЕ | 219 |
| <i>Годованюк С.П.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| СИСТЕМА ДІАГНОСТИКИ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ | 223 |
| <i>Дощенко Г.Г.</i> Херсонська державна морська академія (Україна) | |
| МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ГЛАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СУДОВ-ГАЗОВОЗОВ LNG НА НАЧАЛЬНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ | 225 |
| <i>Дун Синьшо</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина) | |
| ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ФОРМУЮТЬ ПІШОХІДНІ ПОТОКИ | 229 |
| <i>Єрмак О.М.</i> Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова (Україна) | |

| | |
|---|------------|
| ЗАДАЧИ ИНВАРИАНТНОСТИ В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ РАСПОЗНАВАНИЯ | 232 |
| <i>Каптальян П.В., Рожков С.А.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ И ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ | 235 |
| <i>Косолапов А.А.</i> Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени акад. В. Лазаряна (Украина) | |
| АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНИХ КЛАСТЕРІВ | 240 |
| <i>Кунда Н.Т., Хоботня Т.Г.</i> Національний транспортний університет (Україна, м. Київ) | |
| КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ТА МОДЕЛІ ТРАНСКОРДОННОЇ ІНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТІ У КОНТЕКСТІ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИКОРДОННОЇ, МИТНОЇ БЕЗПЕКИ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ | 244 |
| <i>Купрієнко Д.А., Боровик О.В.</i> Національна академія Державної прикордонної служби України імені Богдана Хмельницького (Україна, м. Хмельницький), <i>Поташикіова Г.В.</i> Департамент спеціалізованої підготовки та кінологічного забезпечення ДФС України (Україна, м. Хмельницький) | |
| ИНТЕРВАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ И ЕЕ ПРЕДЕЛ | 248 |
| <i>Левин В.И.</i> Пензенский государственный технологический университет (Российская Федерация, г. Пенза) | |
| СТРОГОЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВО НАЛИЧИЯ МАССЫ У ЛУЧЕЙ СВЕТА И СОСТАВЛЯЮЩИХ ИХ ФОТОНОВ | 249 |
| <i>Настасенко В.А.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СЕРВИСНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ | 254 |
| <i>Петров И.М., Кузьменко Е.С.</i> Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина) | |
| ГИБРИДНАЯ ПАРАДИГМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЯГОВОЙ СИЛЫ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА | 260 |
| <i>Поляков В.А., Хачапуридзе Н.М.</i> Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина, г. Днепропетровск) | |

| | |
|--|------------|
| ПІДХІД ДО МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ МУЛЬТИМОДАЛЬНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ У МІЖНАРОДНОМУ СПОЛУЧЕННІ | 264 |
| <i>Прокудін Г.С., Чупайленко О.А., Дудник О.С., Прокудін О.Г., Омаров Д.М.</i> Національний транспортний університет (Україна, м. Київ) | |
| ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИХРЕВОГО СЛЕДА В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА И ПРОГНОЗА ВИХРЕВОЙ ОБСТАНОВКИ В РАЙОНЕ АЭРОПОРТА | 267 |
| <i>Прусак П.Н.</i> ГП «Чугуевский авиационный ремонтный завод» (Украина, Харьковская область, г. Чугуев) | |
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБТЕКАНИЯ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ВБЛИЗИ ЭКРАНА | 270 |
| <i>Редчиц Д.А.</i> Институт транспортных систем и технологий НАН Украины (Украина, г. Днепропетровск) | |
| СИСТЕМА РЕТРОСПЕКТИВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ПРОГНОЗНЫХ МОДЕЛЕЙ | 274 |
| <i>Романенков Ю.А.</i> Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» (Украина) | |
| ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ МІСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ | 276 |
| <i>Санько Я.В.</i> Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова (Україна) | |
| СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ В'ЯЗКОСТІ ПАЛИВА | 279 |
| <i>Сіманенков А.Л., Рожков С.О.</i> Херсонська державна морська академія (Україна) | |
| ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ АВАРИИ НА ТРАНСПОРТЕ | 283 |
| <i>Скоб Ю.А., Угрюмов М.Л.</i> Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ» (Украина) | |
| РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПАССАЖИРОВ НА ГОРОДСКИХ АВТОБУСНЫХ МАРШРУТАХ В СРЕДНИХ И БОЛЬШИХ ГОРОДАХ | 286 |
| <i>Таран И.А., Литвин В.В.</i> Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (Украина, г. Днепропетровск) | |
| РОЗГОРТКА ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ В ЧАСІ НА ОСНОВІ МАКСИМАЛЬНОГО ПОТОКУ | 290 |
| <i>Фісун М.Т., Кулаковська І.В.</i> Чорноморський державний університет імені Петра Могили (Україна, м. Миколаїв) | |

*Секція: Проблеми надійності та енергозбереження,
екологічна безпека та ресурсозберігаючі технології*

- БЕЗОКСИДЛИТЕЛЬНЫЙ НАГРЕВ СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК ПОД ТЕРМООБРАБОТКУ И ОБРАБОТКУ ДАВЛЕНИЕМ** 295
Алексенко В.Л., Зинченко Д.А., Сметанкин С.А., Сердюк Н.В.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНУ ФРОНТАЛЬНИХ БУДІВЕЛЬНИХ НАВАНТАЖУВАЧІВ ДЛЯ РОБОТИ В СТИСЛИХ УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ** 298
Аржаєв Г.О., Лисак С.І., Красніков В.Ф.
Миколаївський будівельний коледж Київського національного університету будівництва і архітектури (Україна)
- ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРИ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИТІВ, НАПОВНЕНИХ ЧАСТКАМИ КОНВЕРТЕРНОГО ШЛАМУ** 302
Бень А.П., Сапронов О.О., Букетова Н.М., Леценко О.В., Нігалатій В.Д.
Херсонська державна морська академія (Україна)
- АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ДИСКОВЫХ ФРЕЗ С МЕХАНИЧЕСКИМ КРЕПЛЕНИЕМ СМЕННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН** 304
Блах И.В.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- ДОСЛІДЖЕННЯ АДГЕЗІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ У КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛАХ НА ОСНОВІ ЗВ'ЯЗУВАЧА З ЕПОКСИДНОГО ОЛІГОМЕРУ І ПОЛЕФІРНОЇ СМОЛИ** 308
Брайло М.В.
Херсонська державна морська академія (Україна),
Кристалъ М.Г.
Волгоградський державний технічний університет (Російська Федерація),
Маляренко О.Д.
Білоруський національний технічний університет (Республіка Білорусь, м. Мінськ)
- ВПЛИВ АНТИФРИКЦІЙНОЇ ДОБАВКИ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЕПОКСИКОМПОЗИТІВ** 310
Букетов А.В., Зінченко Д.О., Акімов О.В., Сметанкін С.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)
- ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ R23/R744 И R41/R744 И ИХ ОСНОВНЫЕ ДАННЫЕ КАК ХЛАДАГЕНТОВ** 312
Вассерман А.А., Мальчевский В.П.
Одесский национальный морской университет (Украина)
- СТАТИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СИСТЕМЫ ПРИВОД-ГЕНЕРАТОР** 315
Вороненко С.В., Блах И.В.
Херсонская государственная морская академия (Украина)

- СОВРЕМЕННЫЕ СУДОВЫЕ БАТАРЕЙНЫЕ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОПРОПУЛЬСИВНЫХ КОМПЛЕКСОВ** 318
Глазева О.В., Власов В.Б.
Национальный университет «Одесская морская академия» (Украина)
- КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА НА
ПОВЕРХНОСТИ КОМПАКТНЫХ ПОПЕРЕЧНО ОБТЕКАЕМЫХ
ГЛАДКОТРУБНЫХ ПУЧКОВ** 323
Горобец В.Г.
Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины
(Украина, г. Киев),
Богдан Ю.А.
Киевская государственная академия водного транспорта имени гетмана Петра
Конашевича-Сагайдачного (Украина),
Троханяк В.И.
Национальный университет биоресурсов и природоиспользования Украины
(Украина, г. Киев)
- КРАТКИЙ АНАЛИЗ СУДОВЫХ ГРЕБНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ** 328
Даньк В.В., Ищенко И.М.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- МЕТОДИ ТЕПЛОЛОГІСНОЇ ОБРОБКИ ПОВІТРЯ
ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ** 332
Зубарєв А.А.
Національний університет кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова
(Україна, м. Миколаїв)
- АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ КОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТЫ
ЦИСТЕРН ЧИСТОГО БАЛЛАСТА ТРАНСПОРТНЫХ,
НЕФТЕНАЛИВНЫХ СУДОВ И ПЛАВУЧИХ РЕМОНТНЫХ ДОКОВ** 334
Кириченко К.В.
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени
адмирала С.О. Макарова (Украина)
- ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТВЕРДНИКІВ РІЗНОЇ ПРИРОДИ НА
ВЛАСТИВОСТІ ПОЛЕФІРНОЇ МАТРИЦІ** 338
Кобельник О.С.
Херсонська державна морська академія (Україна),
Вухерер Т.
Маріборський університет (Словенія),
Янутенене Й.
Клайпедський університет (Литва)
- ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛООБМІННИКІВ НА
ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕРМОАКУСТИЧНИХ ТЕПЛОВИХ МАШИН** 340
Коробко В.В.
Національний університет кораблебудування імені
адмірала С.О. Макарова (Україна м. Миколаїв)

- УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МЕТОДА ОЦЕНКИ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ УЗЛОВ СУДОВОГО КОРПУСА В ОБЛАСТИ СРЕДНЕЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ** 344
Коростылев Л.И., Литвиненко Д.Ю.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина)
- ОПТИМИЗАЦИЯ КАСКАДНЫХ ПРОМЫВНЫХ СИСТЕМ. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ** 348
Кошель Н.Д., Смирнова Е.В.
ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет» (Украина, г. Днепропетровск)
Костыря М.В.
Институт транспортных систем и технологий НАН Украины «Трансмаг» (Украина, г. Днепропетровск)
- ЖЕСТКОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕНТОЧНО-КОЛОДОЧНЫХ ТОРМОЗНЫХ УСТРОЙСТВ** 351
Криштопа С.И.
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа (Украина)
- МАГНИТНО ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА ТОПЛИВА** 355
Малыгин Б.В., Погорлецкий Д.С., Россохатый В.А., Де Деуш Антонио Бертем Да Глория
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- СУДОВАЯ АЛЬТЕРНАТИВНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ВОЗМОЖНОСТИ ЕЕ РАЗВИТИЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ** 358
Настасенко В.А.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РУХУ РОЗПУШУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ** 363
Пелевін Л.Є., Горбатюк Є.В., Міщук Д.О.
Київський національний університет будівництва і архітектури (Україна)
- ЗНИЖЕННЯ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ ДЕТАЛЕЙ МУФТ З ТОРЦЕВИМИ КАНАТАМИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ** 367
Проценко В.О., Клементьєва О.Ю.
Херсонська державна морська академія (Україна)
- СИСТЕМНО-МОРФОЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ НОВИХ СПОСОБІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗМІННОЇ ЖОРСТКОСТІ ПРУЖНИХ ЛАНОК МАШИН** 370
Проценко В.О.
Херсонська державна морська академія (Україна)

| | |
|--|------------|
| АНАЛІЗ АСПЕКТІВ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЕКТУ У ГАЛУЗІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МОРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗА РАХУНОК УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СЕУ | 373 |
| <i>Расторгуєв В.С.</i> Херсонский национальный технический университет (Україна) | |
| ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ВИСОКОНАПОВНЕНИХ ПРЕСКОМПОЗИТИВ, НАСИЧЕНИХ ВОДОЮ ТА ГЛІЦЕРИНОМ | 376 |
| <i>Садова О.Л., Кашицький В.П., Фурс Т.В.</i> Луцький національний технічний університет (Україна) | |
| ВИБОР ТИПА ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ ВЕУ «КАСКАД-3» | 379 |
| <i>Селиверстова С.Р.</i> Херсонская государственная морская академия (Украина) | |
| ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТРАНСПОРТЕ | 382 |
| <i>Софронков А.Н.</i> Одесская государственная экологическая академия (Украина), <i>Гавздик А.А.</i> Ополевский государственный университет (Польша), <i>Калинчак В.В.</i> Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова (Украина), <i>Васильева М.Г.</i> Одесская государственная экологическая академия (Украина), <i>Баклан В.Ю.</i> Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова (Украина) | |
| ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ НАДЕЖНОСТЬ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ | 385 |
| <i>Сторожев В.П., Кузнецов А.В.</i> Одесский национальный морской университет (Украина) | |
| РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ФОРМЫ ГИБКОГО ОГРАЖДЕНИЯ СУДНА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ | 387 |
| <i>Ткаченко Ю.Н.</i> Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова (Украина, г. Николаев) | |
| АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ В РЕГІОНАХ УКРАЇНИ | 389 |
| <i>Тютюник В.В., Калугін В.Д.</i> Національний університет цивільного захисту України (Україна) | |
| ВИКОРИСТАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НЕСКІНЧЕННОГО СОЛЕНОЇДА ВЗДОВЖ ЙОГО ОСІ | 393 |
| <i>Федотов В.Г.</i> Київська державна академія водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного (Україна) | |

- МНОГОУРАВНЕВАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ИССЛЕДОВАНИИ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК** 397
Чередниченко А.К.
Национальный университет кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина, г. Николаев)
- ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТОПЛИВА И ВОДЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ КОРРОЗИИ ЭЛЕМЕНТОВ СЭУ** 399
Шевченко В.В., Филипчук А.Н., Горячкин В.Ю.
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина)
- ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗНОГО ПРОЦЕССА ОПРЕСНЕНИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ В ОБЛАСТИ ЗАПРЕДЕЛЬНЫХ ТОКОВ** 402
Шевченко В.В., Филипчук А.Н.
Херсонский филиал Национального университета кораблестроения имени адмирала С.О. Макарова (Украина)
Блах И.В.
Херсонская государственная морская академия (Украина)
- ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРЕБІРОЧНИХ УПЛОТНЮВАЧІВ ДЛЯ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОТРАС ПРИ МОДУЛЬНОМУ ФОРМУВАННІ ПРИМІЩЕНЬ** 405
Щедролосєв О.В., Терлич С.В.
Херсонська філія Національного університету кораблебудування імені адмірала С.О. Макарова (Україна)
- ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК** 409

ДЛЯ НОТАТОК:

ДЛЯ НОТАТОК:

Збірка матеріалів
VIII Міжнародної науково-практичної конференції

**СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ
ТА ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ
НА ТРАНСПОРТІ**

MINTT-2016

Відповідальний за випуск *Врублевський Р. Є.*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *Клементьєва О. Ю.*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *Удов В. Г.*

Підписано до друку 12.05.2016. Формат 60x84/16.
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. аркушів 26,75. Тираж 140 прим.

Херсонська державна морська академія
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4319 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, пр. Ушакова, 20