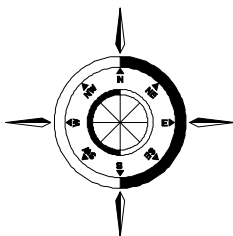


АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

Научно-технический сборник

ВЫПУСК 24



Одесса
2018

ББК 39.42-05

А 22

УДК 681.5:629.12(045)

Автоматизация судовых технических средств: научно-технический сборник – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – 126 с.

ISSN 1819-3293 (Print)

ISSN 2415-3915 (Online)

Сборник посвящен проблемам расчета, проектирования и эксплуатации судовых автоматизированных технических средств. Обобщен опыт эксплуатации и приведены результаты исследований судовых систем автоматического управления и регулирования.

Для научных работников и специалистов.

Утвержден к печати ученым советом Национального университета "Одесская морская академия" 27.09.2018, протокол № 2.

Редакционная коллегия: д.т.н., проф. С. И. Горб (редактор), д.т.н., проф. Л. Л. Вагущенко, д.т.н., проф. Л. В. Вишневский, д.т.н., проф. В. А. Голиков, д.т.н., проф. М. В. Миюсов, д.т.н., проф. В. В. Никольский, д.т.н., проф. П. С. Суворов, к.т.н. С. Г. Хнюнин (ответственный секретарь).

Адрес редакционной коллегии: 65029, г. Одесса, ул. Дидрихсона, 8, Национальный университет "Одесская морская академия" (НУ "ОМА"), кафедра ТАУ и ВТ.

Тел./факс (048) 793-24-75

E-mail: gs@fa.onma.edu.ua

Свидетельство о государственной регистрации: серия КВ, № 15286-38588.

А $\frac{3205030000-1}{2018}$ Без объявления ББК 39.42-05

ISSN 1819-3293

Индексируется в научно-метрической базе данных Index Copernicus

© Национальный университет "Одесская морская академия"

СОДЕРЖАНИЕ

Бережний К.Ю. Метод побудови комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик технічних рідин	3
Власенко Е.А. Безопасная перевозка груза при качке судна	19
Ворохобин И.И., Фусар И.Ю. Повышение точности обсервации судна при избыточных измерениях	27
Горб С.И., Горб А.С. Программное обеспечение для управления активами на судах	34
Каменева А.В., Каменев К.И. Автоматизация электронного документооборота с судами.....	49
Кошевой В.М., Пашенко Е.Л. Выбор параметров амплитудно-модулированных составных многофазных сигналов для радаров..	57
Куропятник А.А., Сагин С.В. Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей.....	72
Пятаков В.Э., Петриченко О.А., Калюжный В.В. Способ последовательного расхождения судна с двумя опасными целями....	81
Сандлер А.К., Карпілов О.Ю. Волоконно-оптический датчик октанового числа легких палив	88
Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.И. Оценка факторов, определяющих энергоэффективность судов внутреннего плавания	94
Рефераты	103

Метод побудови комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик технічних рідин

Бережний Кирило Юрієвич
НУ "Одеська морська академія", Одеса, Україна
90demon777@ukr.net

Method for constructing a computer system for determining the rheological characteris- tics of technical fluids

Berezhnyi Kyrylo
NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
90demon777@ukr.net

Анотація – Розроблено структуру інформаційної моделі системи визначення реологічних характеристик судових технічних рідин, проведена інтеграція розробленої моделі в загальну структуру функціонування судна, на основі чого розроблено розгорнуту інформаційну модель системи визначення та контролю реологічних характеристик судових технічних рідин.

Abstract – the structure of the information model of a system for determining the rheological characteristics of ship's technical liquids has been developed, integration of the developed model into the overall structure of the vessel's functioning was carried out, on the basis of which an expanded information model of the system for determining and controlling the rheological characteristics of ship's technical liquids was developed.

Як показує практика використання дизельних ДВЗ, підтримка оптимальної температури технічних рідин не дозволяє точно підтримувати їх потрібний рівень в'язкості, оскільки вони належать до класу «тиксотропних» рідин, властивості яких залежать від градієнту швидкості та зусиллях зсуву. При аналізі існуючих систем регулювання в'язкості визначено найбільш близьку за своїм складом та призначен-

ням [1], яка дозволяє працювати на двох сортах палива: дизельне та важке паливо. В [2, 3] запропонована комп'ютерна система визначення реологічних властивостей судових технічних рідин, яку також можна використовувати в якості регулятора в'язкості палива. Однак цей перехід системи визначення реологічних характеристик до регулятора в'язкості не є наявним. Щоб досягнути цього, потрібно розв'язати наступні завдання - розробити структуру інформаційної моделі, метод автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик та алгоритми визначення та регулювання реологічних характеристик судових технічних рідин.

Наразі, вдосконалення як систем регулювання в'язкості палива так і систем визначення реологічних властивостей та можливостей автоматичного регулювання в'язкості технічних рідин в залежності від отриманих даних дослідження треба побудувати її інформаційну модель, а саме потрібно розглянути всі можливі зв'язки з усіма судовими підсистемами та ДВЗ, що можуть мати вплив на реологічні характеристики технічних рідин судна.

Для побудови зв'язних інформаційних систем проведено систематизацію та аналіз технологій, обладнання, вимог та норм, що пред'являються до інформаційної системи контролю та регулювання реологічних характеристик. Також варто передбачити можливість віддаленого моніторингу параметрів чи проведення циклу досліджень характеристик технічних рідин для судовласників чи нештатних ситуацій.

Загалом, описане завдання можна представити у вигляді спрощеної блок-схеми рішення задачі проектування об'єднаної комп'ютерної системи контролю реологічних характеристик судових технічних речовин, що представлено на рис. 1.

Найбільш придатними методами для розв'язання подібних завдань є методи системного аналізу. Оскільки модель має бути придатною для застосування на різномісних суднах, використовувати в ній конкретні типи вузлів є недоцільним.

Тому були використані логічної схеми проектування, що базуються на формалізованих елементах (M, S, A, C, R, T), а також – графи (для наочності при топологічному аналізі) [17, 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19]. Тут M – модель об'єкта проектування; S – непорожня множина. Елементи множини – завдання проектування; A – кінцева множина. Елементи множини – початкові дані; C – кінцева множина. Елементи множини – обмеження, вимоги або інші залежності; T – кінцева множина. Елементи множини – проектні рішення; R – відображення, яке ставить кожній парі виду (a_{si}, c_{si}) , $a_{si} \in A$, $c_{si} \in C$ у

відповідність непорожню підмножина множини T , що позначається як $R(a_{si}, c_{si})$.



Рис. 1. Блок-схема рішення задачі проектування об'єднаної гетерогенної комп'ютерної системи визначення та контролю реологічних характеристик

Вся множина завдань проектування S вважається повністю вирішуваною, якщо $|R(a_{si}, c_{si})|=|S|$. При цьому має виконуватися рівняння [17, 20, 21]

$$|R(a_{si}, c_{si})| = 1.$$

Система визначається у вигляді $S = \{X, R\}$, де X – множина всіх елементів; R – вказівник відношення між двома елементами. Для множини всіх відносин R між елементами будується матриця інцидентності r , яка будується за принципом «керуючий - підлеглий» [12, 11, 19, 7].

Якщо певний елемент матриці має перевагу перед іншими, або другий передає інформацію першому, тобто відношення R виконується, в клітку (i, j) записується 1; якщо ж відношення R не виконується – в клітку (i, j) записується 0 [6, 8, 12, 14]. Таким чином, матриця інцидентності побудована з нулів та одиниць (табл. 1). Елементи матриці в табл. 1 підібрані на основі проведеного аналізу систем визначення реологічних характеристик, визначених вузлів паливної системи, які потребують безпосереднього контролю та новітніх тенденцій в сфері автоматизації процесів керування.

Таблиця 1

Матриця інцидентності r для комп'ютерної системи визначення та контролю реологічних характеристик

Компоненти системи	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Локальний контролер керування	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	1	1	—
2 В'язкозиметр	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
3 Датчик температури нагрівача	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
4 Датчик температури двигуна	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
5 Датчик частоти обертів двигуна	1	—	—	—	—	—	1	1	1	—	—	—	—
6 Підігрівач	1	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
7 Банк даних паспортних характеристик	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1
8 Банк даних дослідних характеристик	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1
9 Інтелектуальний модуль збору даних та керування	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	1
10 Судновий механік	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
11 Віддалений модуль обробки інформації	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1
12 Суперінтендант судноплавної компанії	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13 Паливна апаратура	1	—	—	—	—	—	—	—	1	1	1	1	—

Для візуального представлення взаємозв'язку елементів комп'ютерної системи побудована блок-схема. Проте в силу відсутності її якісного опису, систему на початковому етапі зображено виключно у вигляді неструктурованого графу (рис. 2).

На базі неструктурованого графу (див. рис. 2) побудовано інформаційну модель системи після структуризації елементів за допомогою топологічного аналізу [15, 8, 20], який проводиться покроково. На кожному кроці визначається приналежність кожного з елементів системи до певного рівня ієрархії, починаючи з найвищого [9, 5, 6, 21]. В ході аналізу, при виявленні приналежності елементів до певного рівня, вони виключаються з множини можливих рішень, що спрощує подальший аналіз.

Крок 1. Визначаються елементи, що входять до найнижчого, нульового рівня ієрархії, оскільки мають найменшу перевагу. Для цього складається вектор-рядок $A0$, елементами якого є сума рядків вихідної матриці r : $A0 = (6\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0\ 5\ 5\ 9\ 5\ 4\ 7\ 0)$. Елементи вектора-рядка $A0$, що дорівнюють нулю, утворюють порядковий рівень $N0$. У даному випадку це група вимірювальних та виконавчих пристроїв: $\{PBBIT\}$ – віскозиметр, датчик температури нагрівача, датчик температури дви-

гуна, датчик частоти обертів двигуна, підігрівач, паливна апаратура (в табл. 1 закреслено хвилястою лінією).

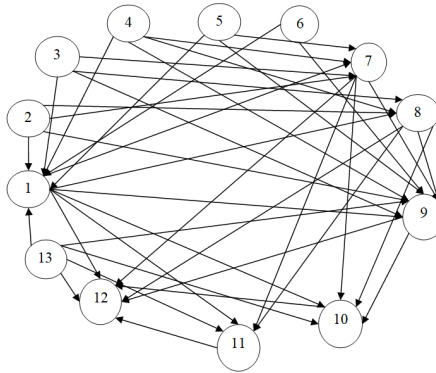


Рис. 2. Неструктурований граф взаємозв'язку елементів комп'ютерної системи визначення та контролю реологічних характеристик: 1 – локальний контролер керування; 2 – віскозиметр; 3 – датчик температури нагрівача; 4 – датчик температури двигуна; 5 – датчик частоти обертів двигуна; 6 – підігрівач; 7 – банк даних паспортних характеристик; 8 – банк даних дослідних характеристик; 9 – інтелектуальний модуль збору даних та керування; 10 – судновий механік; 11 – віддалений модуль обробки інформації; 12 – суперінтендант з судноплавної компанії; 13 – паливна апаратура

Крок 2. Для визначення елементів наступного рівня потрібно вектор-рядок $A0$ перетворити, замінивши попередні нулі знаком "X" та виключивши з рядка $A0$ новоутворені "нульові" елементи. В результаті отримаємо рядок $A1 = (0\ X\ X\ X\ X\ X\ 1\ 1\ 3\ 4\ 3\ 6\ X)$. Нульовий елемент в рядку $A1$ показує, які елементи мають більшу перевагу перед елементами з рівня $A0$, проте меншу, в порівнянні з іншими, що лишилися. Локальний контролер керування $\{ЛКК\}$ (в табл. 1 закреслено штриховою лінією) утворює наступний порядковий рівень $N1$.

Крок 3. Аналогічним чином здійснюється перетворення нового отриманого вектора-рядка $A1$. Після сумування залишкових елементів отримаємо рядок $A2 = (X\ X\ X\ X\ X\ X\ 0\ 0\ 2\ 3\ 2\ 5\ X)$. Новоутворені нулі відповідають елементам банк даних паспортних характеристик та банк даних дослідних характеристик $\{БДПХ, БДДХ\}$, (в табл. 1 викреслено суцільними лініями), що створює наступний порядковий рівень $N2$.

Крок 4. Знову нульові елементи замінюються на ікс та формується новий вектор-рядок $A3 = (X\ X\ X\ X\ X\ X\ X\ X\ 0\ 1\ 0\ 3\ X)$. Нові нулі відповідають елементам інтелектуальний модуль збору даних та керу-

вання та віддалений модуль обробки інформації $\{IMЗДмК, ВМОГ\}$ (закреслено штрих-пунктирними лініями).

Крок 5. Після повторення процедури перетворення $A3$, отримано: $A4 = (X X X X X X X X 0 X 1 X)$, що формує новий рівень $N4$ (в табл. 1 закреслено двома суцільними лініями): судновий механік $\{СМ\}$.

Крок 6. Остаточне перетворення рядка $A4$ дає $A5 = (X X X X X X X X X X 0 X)$, звідки отримуємо заключний рівень $N5$: суперінтендант з судноплавної компанії $\{ССК\}$.

За результатами дослідження отримано розподіл множини всіх елементів рівні порядку, що розташовані від найнижчого (рівень $N0$) – до найвищого рівня – $N5$.

Результати перетворень можна представити в наступний спосіб:

$\{PBBП\}$, $\{LKK\}$, $\{БДПХ, БДДХ\}$, $\{IMЗДмК, ВМОГ\}$, $\{СМ\}$, $\{ССК\}$
 $N0$ $N1$ $N2$ $N3$ $N4$ $N5$

Кінцевий результат перетворення неструктурованого графа з рис. 2 представлено у вигляді структурованого графа (рис. 3) на основі отриманого розподілу на лінії порядку (означення елементів на рис. 2 та 3 співпадають).

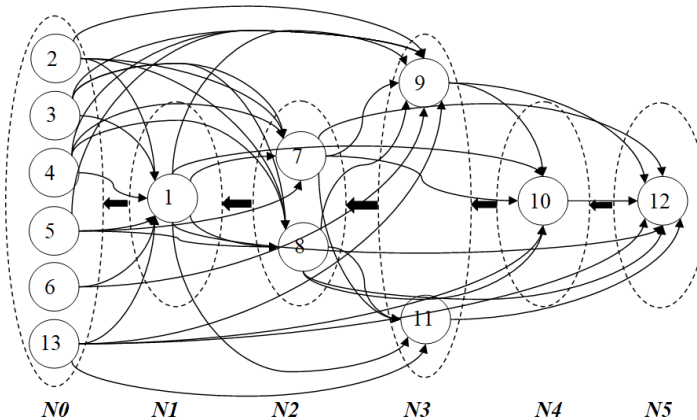


Рис. 3. Структурований граф взаємозв'язку елементів комп'ютерної системи визначення та контролю реологічних характеристик

Аналіз отриманого графу (див. рис. 3) довів, що всі елементи системи розподілені на 6 структурних рівнів, відповідно до класу вирішуваних завдань. Модель є основою для подальшої побудови на її

базі автоматизованих систем дослідження суднових технічних рідин, а також контролю їх підготовки перед подачею в паливну апаратуру.

Тому на основі розробленої структури інформаційної моделі системи визначення реологічних характеристик розроблено реальну модель, яку представлено у вигляді UML-діаграм (рис. 4), що полегшує її подальшу практичну реалізацію.

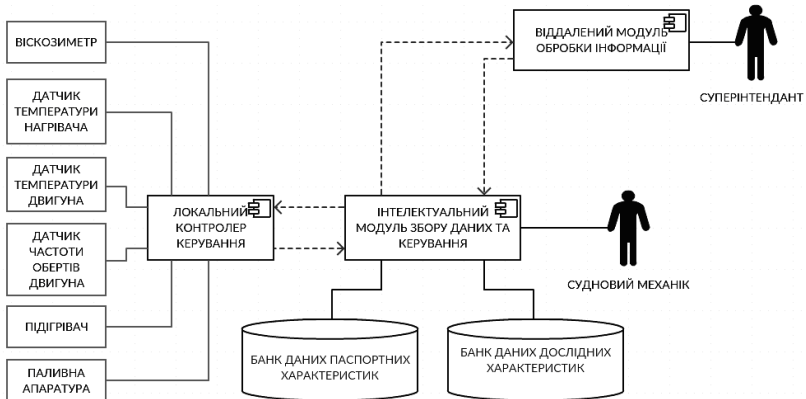


Рис. 4. UML-діаграма моделі інформаційної моделі системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин

Наступним кроком було інтегровано розроблену модель в загальну структуру функціонування судна, яку представлено у вигляді результуючої UML-діаграми (рис. 5) та дозволяє в автоматичному режимі здійснювати вимірювання реологічних характеристик та передавати їх у відповідну базу даних.

Оскільки було розроблено нову систему, неприпустимо використання для вирішення завдань контролю та регулювання реологічних параметрів суднових технічних рідин застарілих суб'єктивних методів. Перспективною є розробка спеціальних методів, які дозволяють в автоматичному режимі керувати роботою паливної апаратури, особливо при роботі на важкому паливі. Для увявлення методу визначені основні функціональні елементи, які необхідні для побудови системи автоматичного визначення та контролю параметрів технічних суднових рідин.

Для полегшення опису методу спрощено систему шляхом об'єднання баз даних паспортних характеристик та баз даних дослідних ха-

рактеристик, об'єднання суднового механіка та суперінтенданта з судноплавної компанії в одну функціональну одиницю. Також при керуванні роботою паливної апаратури потрібен модуль завдання технічних вхідних даних і генератора документації. Так як віддалений модуль обробки інформації в контролі та керуванні участі не приймає, то він не розглядався.

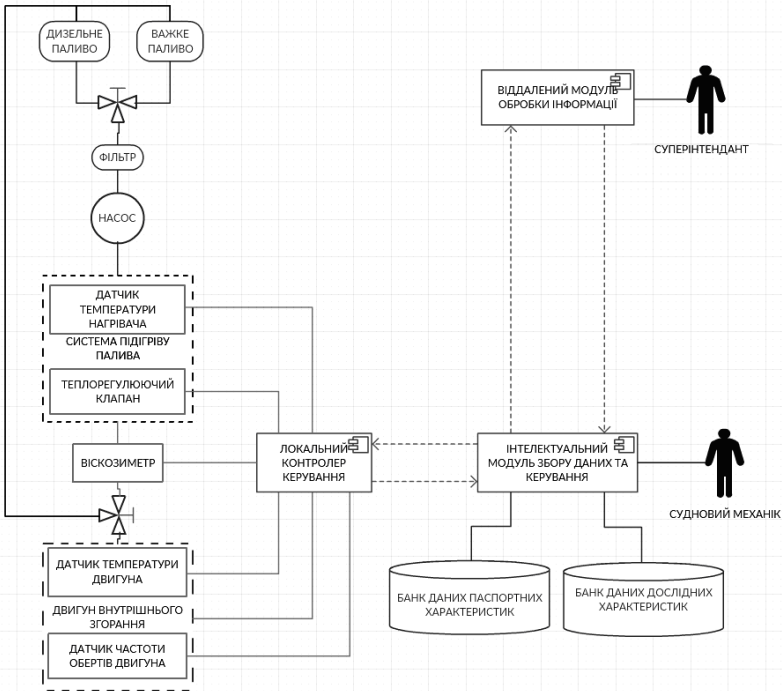


Рис. 5. UML-діаграма розгорнутої інформаційної моделі системи визначення та контролю реологічних характеристик судових технічних рідин

Реалізацію методу здійснено в такий спосіб:

- на початковому етапі механік ініціалізує роботу інтелектуального модуля збору даних та керування, який запускає процеси підготовки паливної апаратури до роботи;
- на другому етапі є можливість вибору режиму роботи – 1. Дослідження реологічних характеристик технічних судових рідин; 2. Контроль параметрів судових технічних рідин згідно отриманих дослідних даних.

Для опису взаємозв'язку між модулями на логічному рівні застосовано діаграми класів, за допомогою яких аналітики можуть показати деталі системи, а менеджери проектів – зрозуміти всю суть проекту. На діаграмі застосовуються один основний тип сутностей - класи, між якими встановлюються такі основні типи відносин:

- асоціація між класами (з безліччю додаткових подробиць);
- узагальнення між класами;
- залежності (різних типів) між класами і інтерфейсами [24, 26].

Таким чином, узагальнену систему можна представити у вигляді діаграми класів (рис. 6).

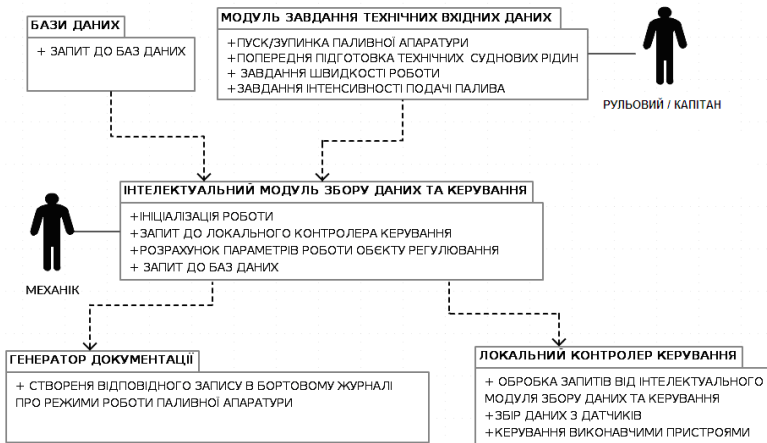


Рис. 6. Діаграма класів узагальненої системи автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин

Можна будувати також більш загальні діаграми, що охоплюють всі системи або підсистеми [24, 25, 26].

Наявність інтелектуального модуля збору даних та керування дозволяє істотно спростити систему. В даному випадку на нього покладаються завдання проведення автоматизованих досліджень та на основі отриманих даних здійснювати ефективний контроль характеристик суднових технічних рідин в реальному часі за наявними інтелектуальним алгоритмом, який дозволяє гнучко контролювати показники в'язкості палива, що робить систему більш універсальною в порівнянні з попередніми розробками.

Для більшої деталізації процесів обміну інформації між класами та

розподілу їх в часі було розроблено діаграму послідовності (рис. 7), яка фактично є записом протоколу конкретного сеансу роботи системи. Важливим її аспектом є явне відображення плинності часу. На відміну від всіх інших типів діаграм на діаграмі послідовності має значення не тільки наявність графічних зв'язків між елементами, але і взаємне положення елементів на діаграмі [25]. А саме, вважається, що є (невидима) вісь часу, за замовчуванням спрямована зверху вниз, і те повідомлення, яке відправлено пізніше, намальовано нижче.

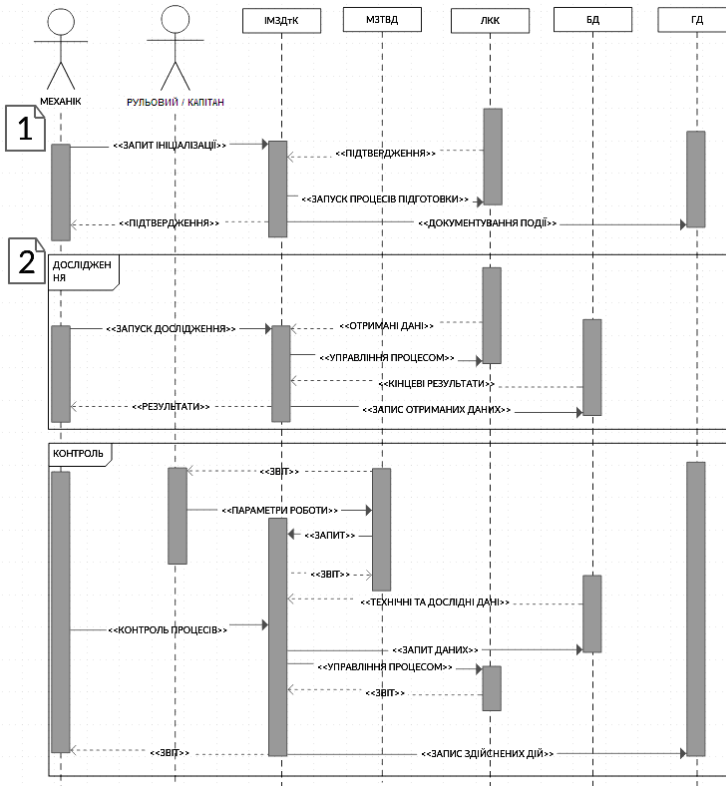


Рис. 7. Діаграма послідовності роботи системи автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин: ІМЗДтК – інтелектуальний модуль збору даних та керування; БД – бази даних (база даних паспортних характеристик та база даних дослідних характеристик); МЗТВД – модуль завдання технічних вхідних даних; ЛКК – локальний контролер керування; ГД – генератор документації

Діяльність діаграми можна пояснити на прикладі процесу керування.

Перший етап – підготовка важкого палива [27, 28, 29].

Другий етап – контроль та експлуатація, на якому механік здійснює лише контроль за станом обладнання та слідкує за показниками вимірюваних параметрів.

Інтелектуальний модуль збору даних та керування, отримавши потрібні параметри роботи, надсилає запит до бази даних паспортних характеристик та бази даних дослідних характеристик, щоб визначити необхідні вимірювані значення, дотримання яких забезпечить очікувані параметри в'язкості. Наступний запит модуль посилає до локального контролера керування для отримання реальних показників у всіх точках вимірювання.

Отримавши всі дані, модуль проводить їх детальний аналіз та передає команди керування до локального контролера керування, який задіює вбудований ПД-регулятор виконавчими пристроями для точного дотримання потрібних параметрів.

В [22, 23] запропонована система визначення реологічних властивостей для лабораторних досліджень, яка дозволяє візуально уявити елементи системи та процесів, які в ній відбуваються, технологій та взаємозв'язків з різними системами передачі інформації від контролера до судового механіка. На базі структур розроблених моделей (див. рис. 4, 5), було побудовано UML - діаграму системи лабораторних досліджень [30] та інформаційну модель програмного забезпечення локального.

Для забезпечення всіх передумов до апаратно-програмної реалізації комп'ютерної системи розроблено узагальнені алгоритми визначення реологічних характеристик (рис. 8) та алгоритму його контролю в процесі експлуатації паливної апаратури (рис. 9).

Для кожного з алгоритмів початковий етап є спільним, оскільки він заключається в попередній підготовці технічних рідин – прогріванні їх до робочої температури і встановлення температури мастила близько 40°C.

Починаючи з цього моменту запускається подвійний програмний цикл, в якому температура палива поступово збільшується на всьому проміжку робочого діапазону температур. При цьому на кожному кроці ітерації циклу по збільшенню температури запускається ще один, внутрішній цикл, в якому плавно нарощується частота обертів трибо-технічного вузла, який в даному випадку слугує в якості навантаження на паливну систему та симулює роботу реального двигуна. При цьому, на кожному кроці внутрішнього циклу здійснюється опит всіх вимі-

рювальних приладів, та отримані дані записуються до бази даних дослідних характеристик.

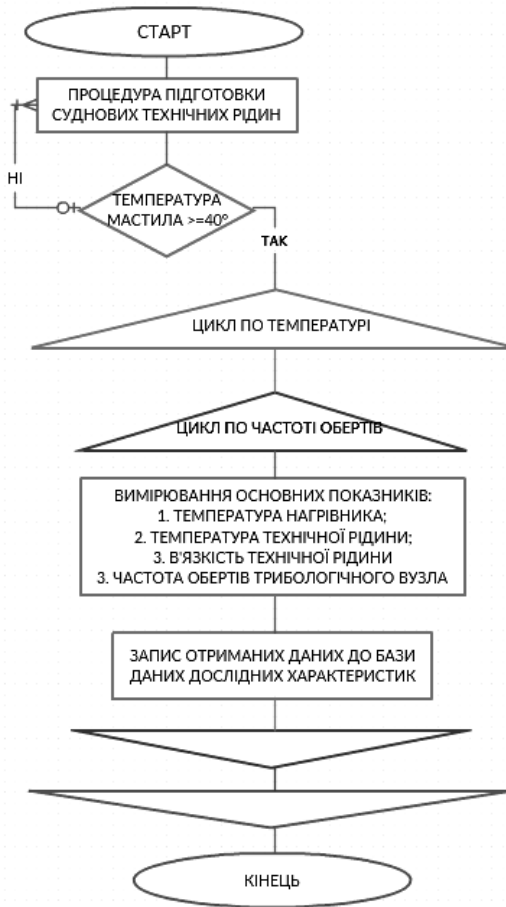


Рис. 8. Блок-схема алгоритму роботи комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик в лабораторних умовах

У випадку використання системи для регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин під час експлуатації паливної апаратури, алгоритм буде здійснюватися наступним чином:

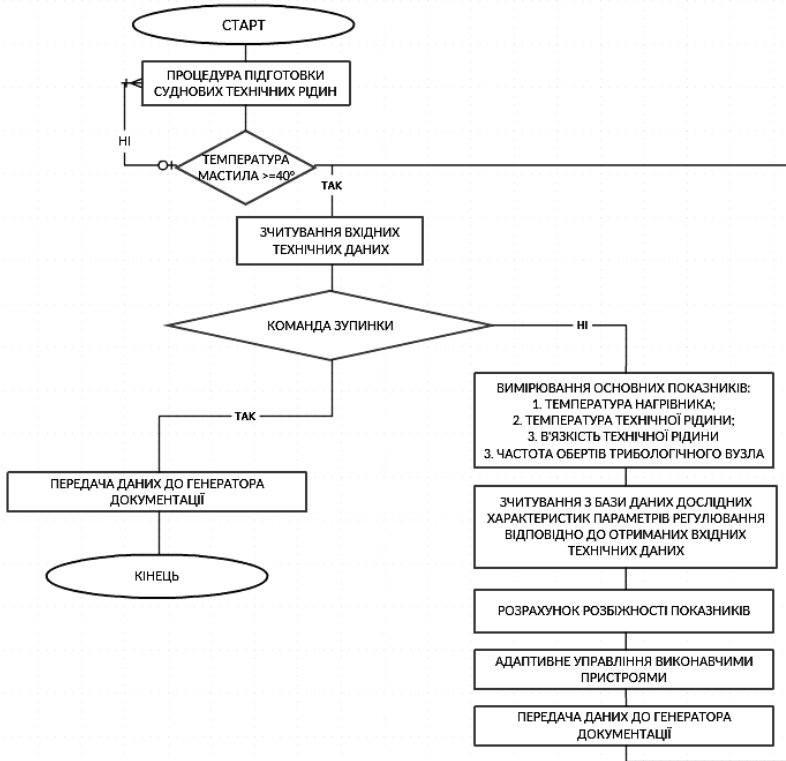


Рис. 9. Блок-схема алгоритму роботи комп'ютерної системи регулювання реологічних характеристик

Після завершення процедур попередньої підготовки технічних рідин, інтелектуальний модуль збору даних та керування очікує команди від модуля завдання технічних вхідних даних. Отримавши завдання, модуль здійснює вимірювання всіх можливих показників параметрів системи. На наступному кроці модуль звертається до баз даних дослідних характеристик, де здійснює пошук характеристик, які відповідають завданому режиму роботи паливної апаратури та оптимальному показнику в'язкості за даного режиму роботи. Для знайдених даних з отриманих залежностей визначається оптимальна температура нагрівника, після чого проводиться розрахунок розбіжності показників параметрів та проводиться адаптивне управління виконавчими пристро-

ями, що забезпечить дотримання технологічних умов підготовки палива та експлуатації паливної апаратури.

При надходженні від модуля завдання вхідних технічних даних команди зупинки двигунів, здійснюється завершення роботи безкінечного програмного циклу та перехід до коректного завершення програми.

Таким чином, розроблені алгоритми можна використовувати при розробці програмного забезпечення для інтелектуального модуля збору даних та керування.

ЛІТЕРАТУРА

REFERENCES

1. ViscoSense 2 Viscosity Measurement & Control Systems [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.mackaycomm.com/wp-content/uploads/2016/12/VAF_Instru_Viscosense2_Prod_Brochure_PB753_0214_Mackay.pdf (дата звернення: 24.06.2018).

2. Nikolskyi V. A system for determining the rheological characteristics of marine technical liquids / Vitalii Nikolskyi, Kyrylo Berezhnyi, Mark Nikolskyi, Oleg Bloschenko // Інформаційні технології та компютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 14-18 травня 2018 року. – Івано-Франківськ: 2018. – С. 18 – 23.

3. Нікольський, В. В. Комп'ютерна система визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин / В. В. Нікольський, К.Ю. Бережний, М.В. Нікольський // Інформаційні технології та компютерне моделювання: матеріали статей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Івано-Франківськ, 15-20 травня 2017 року. – Івано-Франківськ: 2017. – С. 261 – 264.

4. Арлоу Д. UML 2 и Унифицированный процесс. Практический объектно-ориентированный анализ и проектирование. 2-ое издание [Текст] / Джим Арлоу, Айла Нейшпгадт, – Санкт-Петербург: Символ-Плюс, 2007. – 624 с.

5. Айзерман М.А. Выбор вариантов: основы теории [Текст] / М.А. Айзерман, Ф.Т. Алексеев, – М.: Наука, 1990. – 240 с.

6. Амелина М.А. Конспект лекций по курсу Компьютерный анализ и синтез электронных устройств [Текст] / М.А. Амелина, часть 1. – Смоленск, 2005. – 120 с.

7. Волкова В.Н. Основы теории систем и системного анализа [Текст]: учебник / В.Н. Волкова, А.А. Денисов, изд. 2. – СПб.: Изд-во СПбГТУ, 1997. – 510 с.

8. Згуровський М. З. Основи системного аналізу [Текст] / М. З. Згуровський, Н. Д. Панкратова, – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 544 с.

9. Ладанюк А. П. Основы системного анализа: навчальний посібник [Текст] / А. П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.

10. Левитин А. В. Алгоритмы: введение в разработку и анализ / пер. с англ. под ред. И. В. Красикова. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 576 с.

11. Миротин Л.Б. Системный анализ в логистике [Текст]: учебник / Л.Б. Миротин, Б.Э. Тышбаев. – М.: Экзамен, 2002. – 480 с.

12. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа [Текст]. – М.: Наука, 1981. – 488 с.

13. Перегудов Ф.И. Введение в системный анализ [Текст] / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М.: ВШ, 1989. – 363 с.

14. Романов В.Н. Системный анализ для инженеров [Текст]. – изд. 2-е, дополненное. – СПб: СЗГЗТУ. – 2006. – 186 с.

15. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ [Текст]: учебное пособие. – К.: МАУП, 2003. – 368 с.

16. Спицнадель В.Н. Основы системного анализа [Текст] / В.Н. Спицнадель. – М.: СПб.: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2000. – 326 с.

17. Тимченко А.А. Основы системного проектування та системного аналізу складних об'єктів [Текст]: навчальне видання, книга 1 / А.А. Тимченко. – К. Либідь, 2000. – 270 с.

18. Хорошевский В. Г. Инженерный анализ функционирования вычислительных машин и систем. – М.: Радио и связь, 1987. – 256 с.

19. Шарапов О.Л. Системный анализ [Текст] / О.Л. Шарапов, Л.Л. Терехов, С.П. Сиднев. – К.: Вища школа, 1993. – 303 с.

20. Дидук В. А. Модели, методы и средства разработки архитектур реконфигурируемых гетерогенных компьютерных систем: дис. канд. техн. наук: 05.13.05. – Черкассы: ЧНТУ, 2011. – 269 с.

21. Дидук В. А. Концептуальная модель машиностроительного комплекса с единой технологической и по-жарно-охранной сетью сбора данных / В. А. Дидук, М. П. Мусиенко // Системні технології. Регіональний міжвузівський зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2011. – С. 67 – 76.

22. Никольский М. В. Пьезоэлектрический вискозиметр / М.В. Никольский, К.Ю. Бережной // Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили. – Серія: “Комп’ютерні технології”. – Вип. 275. – Т. 287. – Миколаїв, 2016. – С. 60 – 63.

23. Нікольський М.В., Бережний К.Ю. Програмне забезпечення для визначення реологічних характеристик судових технічних рідин // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2017. – Вып. 23. - Одесса: НУ "ОМА". – С. 70 – 76.

24. Карл И. Вигерс. Разработка требований к программному

обеспечению. – Рус. ред., 2004. – 576 с.

25. Мацяшек Л.А. Анализ и проектирование информационных систем с помощью UML 2.0, 3-е изд.: Пер. с англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2008. – 816 с.

26. Вил ван дер Аалст, Кейс ван Хей. Управление потоками работ: модели, методы и системы / Пер. с англ. В.А. Башкин, И.А. Ломазова. – М.: Физматлит, 2007. – 316 с.

27. Регулирование дизелей при работе на тяжелых сортах топлива [Электронный ресурс] // Энциклопедия промышленности. – 2017. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.krona-sm.com/oborudovanie/nasosy/regulirovanie-dizelej-pri-rabote-na-tyazhelyx.html>.

28. Подготовка топлива в судовых условиях [Электронный ресурс] // Морское агентство Транс-Сервис. – 2016. – Режим доступа до ресурсу: https://www.trans-service.org/ru.php?section=info&page=s_s_u&subpage=sud_vspom_meh_01-01.

29. Митягин В. Г. Проблемы эксплуатации судовых дизелей на различных видах топлива / В. Г. Митягин, В. Н. Окунев, В. В. Мартянов. // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2011. – №3. – С. 49 – 53.

30. Бережний К.Ю., Нікольський В.В. Інформаційна модель системи визначення реологічних характеристик судових технічних рідин // Матеріали наук.-техн. конф. «Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт», 22.03.2018, 23.03.2018. – Одеса: НУ «ОМА», 2018. – С. 246 – 248.

Безопасная перевозка груза при качке судна

Власенко Е.А.

НУ "Одесская морская академия", Одесса, Украина

Safe transportation of cargo taking into account tossing of ship

Vlasenko Yevgeny

NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine

Аннотация – Рассмотрена зависимость сил инерции, действующих на груз, от бортовой, килевой и вертикальной составляющих качки судна. Показана связь между судовой и опорной системами координат, выраженная матрицей направляющих косинусов. С помощью матрицы направляющих косинусов определены аналитические выражения для расчета составляющих сил инерции, которые воздействуют на груз при качке, в судовой системе координат.

Abstract – It is shown that the process of tossing of ship is formalized by side, careening and vertical constituents, which differ by amplitudes and initial phases, but an identical period is had. The ship and supporting systems of coordinates are considered, thus the ship system of coordinates is oriented in relation to supporting taking into account the current values of heel, list and vertical moving. Communication is shown between the ship and supporting systems of coordinates, which is expressed by the square matrix of sending cosines.

Особенностями загрузки контейнеровозов является необходимость учета ротации портов при загрузке или разгрузке в нескольких портах и учет сил инерции, воздействующих на груз при качке. Если судно принимает груз, который будет выгружаться частями в нескольких последовательных портах, то на каждом переходе между портами его мореходное состояние будет разным, что поведет к изменению сил

инерции, которым будет подвергаться груз во время перехода. Во время каждого перехода параметры остойчивости, посадки и прочности судно должны находиться в допустимых пределах, а возникающие силы инерции от его качки, не должны превосходить допустимых пределов. Поэтому актуальным является вопрос обеспечения безопасной перевозки груза путем надлежащего размещения и крепление груза с учетом ожидаемых погодных условий во время его перевозки.

Проблеме обеспечения надлежащего уровня мореходной безопасности судов посвящен ряд работ. Основные принципы обеспечения мореходной безопасности судов изложены в работе [1], а в работе [2] выполнено исследование корреляционной зависимости между формой корпуса судна и его диаграммой статической остойчивости, в результате которого получена аппроксимированная формула расчета метacentрической высоты. В работе [3] приводится модель бортовой качки накатных судов с уравнивающим расположением помещений при затоплении их части и проведено ее исследование.

В патенте [4] предложен способ обеспечения плавучести аварийного судна типа RO-RO и паромов, предусматривающий закрытые емкости, установленные по бортам и под палубой вдоль и поперек судна. Они обеспечат плавучесть аварийного судна при появлении недопустимого крена. Как указывается в статье [5], на базе многолетнего опыта эксплуатации судов в арктических районах собран статистический материал и разработаны методы расчетов запаса надежности судовых конструкций.

Опыт применения Германским Ллойдом различных численных методов оценки прочности и вибрации судна описывается в работе [6] и показано, что наиболее эффективным является метод конечных элементов.

Работа [7] посвящена учету особенностей загрузки генеральных грузов и выбору ее оптимального варианта, а в работе [8] рассмотрены общие принципы оптимизации грузовых операций навалочных судов.

Целью настоящей статьи является рассмотрение вопросов обеспечения безопасной перевозки груза с учетом сил инерции, воздействующих на него при качке судна.

Как указывается в работе [2], для расчета сил, действующих на груз при качке судна, достаточно учитывать его бортовую, килевую и вертикальную составляющие качки. В этом случае на груз действуют силы инерции F_0 , F_β и F_ζ соответственно от бортовой, килевой и вертикальной качки судна, а также сила тяжести P_c . Рассмотрим две

системы координат: опорную (невозмущенную) $OXYZ$ и судовую $OX_1Y_1Z_1$, причем судовая система координат отклонена от опорной на углы крена θ и дифферента β , как показано на рис. 1.

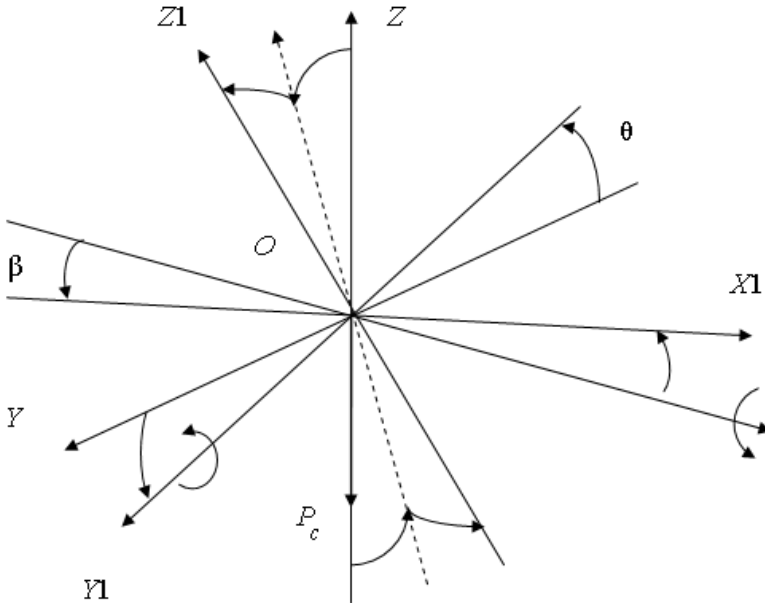


Рис. 1. Связь систем координат $OXYZ$ и $OX_1Y_1Z_1$

Сила тяжести P_c , как и сила инерции от вертикальной качки F_ζ , сохраняют неизменное направление в опорной системе координат $OXYZ$. Поэтому для поиска проекций силы тяжести P_c и F_ζ на оси судовой системы координат найдем матрицу направляющих косинусов M_1 , для чего вначале необходимо найти матрицу M_θ , характеризующую поворот на угол крена θ , матрицу M_β , соответствующую повороту на угол дифферента β , а затем указанные матрицы перемножить, т.е. $M_1 = M_\theta M_\beta$.

Отклонение судовой системы координат $OX_1Y_1Z_1$ от опорной $OXYZ$ производится на положительные углы θ и β . Из рис. 1 следует, что матрица M_θ поворота относительно оси X - X характеризуется сле-

дующим выражением:

$$M_{\theta} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{vmatrix}.$$

Второй поворот на угол дифферента β от килевой качки описывается матрицей M_{β} , имеющей следующий вид:

$$M_{\beta} = \begin{vmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{vmatrix}.$$

Находим произведение матриц M_{θ} и M_{β} :

$$M_1 = M_{\theta} M_{\beta} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & \sin \theta \\ 0 & -\sin \theta & \cos \theta \end{vmatrix} \begin{vmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \beta & 0 & \cos \beta \end{vmatrix},$$

или

$$M_1 = \begin{vmatrix} \cos \beta & 0 & -\sin \beta \\ \sin \theta \sin \beta & \cos \theta & \sin \theta \cos \beta \\ \cos \theta \sin \beta & -\sin \theta & \cos \theta \cos \beta \end{vmatrix}.$$

Сила тяжести P_c имеет отрицательное направление в опорной системе координат, а ее проекции на оси системы координат $OX_1Y_1Z_1$ определяются направляющими косинусами последней строки матрицы M_1 . Если проекции силы тяжести P_c на оси системы координат $OX_1Y_1Z_1$ обозначить через P_{cX} , P_{cY} и P_{cZ} , то с учетом знака P_c можно записать для них следующие выражения:

$$P_{cX} = -P_c \cos \theta \sin \beta; \quad P_{cY} = P_c \sin \theta; \quad P_{cZ} = -P_c \cos \theta \cos \beta.$$

Сила инерции F_{ζ} от вертикальной качки алгебраически складывается с силой тяжести и имеет те же направляющие косинусы.

Силы инерции от бортовой F_{θ} и килевой F_{β} качки судна определяются тангенциальными и нормальными ускорениями, причем нормальными ускорениями пренебрегают из-за их малости, а тангенциальные ускорения направлены перпендикулярно радиусу кривизны перемещения груза относительно оси качания.

Проекции сил, действующих на груз, в судовой системе координат обозначены F_{X_1} , F_{Y_1} и F_{Z_1} , и запишем выражения для них:

$$\begin{aligned}
 F_{X1} &= F_{\beta} \cos \gamma_{\beta} - (P_c + F_{\zeta}) \cos \theta \sin \beta ; \\
 F_{Y1} &= F_{\theta} \cos \gamma_{\theta} + (P_c + F_{\zeta}) \sin \theta ; \\
 F_{Z1} &= F_{\beta} \sin \gamma_{\beta} + F_{\theta} \sin \gamma_{\theta} - (P_c + F_{\zeta}) \cos \theta \cos \beta ,
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

где углы γ_{β} и γ_{θ} определяются направлением радиусов кривизны относительно вертикальной оси.

Рассмотрим силу инерции F_{θ} от бортовой качки. Очевидно:

$$F_{\theta} = -m_c a_y ,$$

где m_c - масса груза; a_y - линейное ускорение, возникающее при бортовой качке судна, которое является произведением углового ускорения $\ddot{\theta}$ на радиус кривизны r_y относительно оси $X2-X2$, проходящей через центр тяжести судна G и параллельно оси $X1-X1$, т.е. $a_y = r_y \ddot{\theta}$.

Выражение для радиуса кривизны r_y и направления силы инерции F_{θ} найдем с помощью рис. 2, для чего обозначим ΔX , ΔY и ΔZ расстояния между центрами тяжести судна G и груза G_c по соответствующим осям.

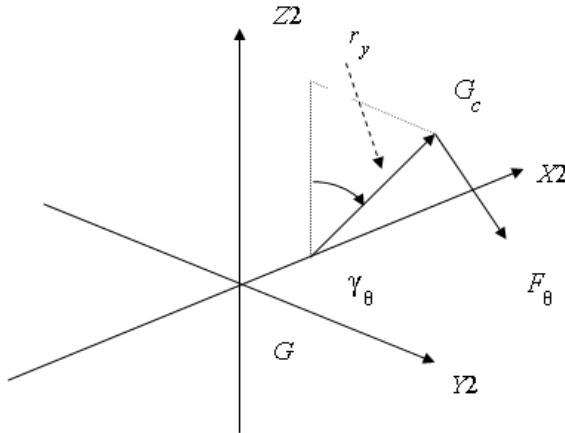


Рис. 2. К определению радиуса кривизны r_y и угла γ_{θ}

Из рисунка следует, что:

$$r_y = \sqrt{\Delta Y^2 + \Delta Z^2}; \quad \gamma_\theta = \operatorname{arctg} \frac{\Delta Y}{\Delta Z}.$$

Выражение для углового ускорения $\ddot{\theta}$ получено в работе [9]:

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

Следовательно, сила инерции F_θ определяется выражением:

$$F_\theta = m_c r_y \theta_m \omega_k^2 \sin(\omega_k t - \psi).$$

Аналогично рассчитывается продольная сила инерции F_β , т.е.:

$$F_\beta = -m_c a_x,$$

где a_x - линейное ускорение при килевой качке.

Направление линейного ускорения $a_x = r_x \ddot{\beta}$ и выражения для радиуса кривизны r_x находится с помощью рис. 3.

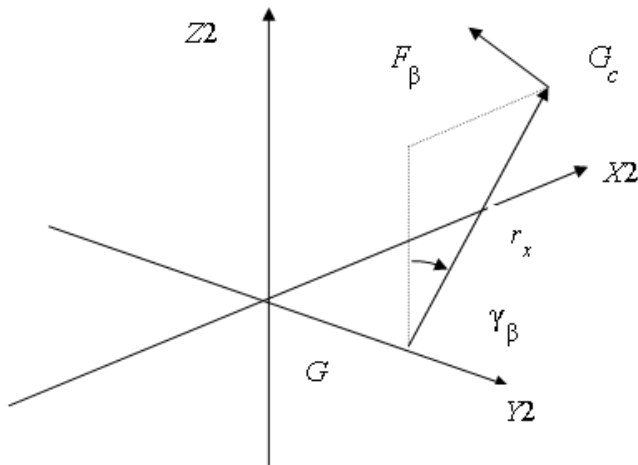


Рис. 3. К определению радиуса кривизны r_x и угла γ_β

Из рисунка следует, что:

$$r_x = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Z^2}; \quad \gamma_\beta = \operatorname{arctg} \frac{\Delta X}{\Delta Z}.$$

Для продольной силы инерции F_{β} выражение углового ускорения $\ddot{\beta}$ позаимствуем из работы [9]:

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

Поэтому сила инерции

$$F_{\beta} = m_c r_x \beta_m \omega_k^2 \sin(\omega_k t - \psi_{\beta}).$$

Сила инерции от вертикальной поступательной качки F_{ζ} определяется из выражения $F_{\zeta} = -m_c \ddot{\zeta}$, причем линейное ускорение $\ddot{\zeta}$ получаем из работы [9]:

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

поэтому с учетом того, что ζ_o принимается равным половине высоты волны h_w , т.е. $\zeta_o = 0,5h_w$ окончательно получим:

$$F_{\zeta} = 0,5h_w m_c \omega_k^2 \sin(\omega_k t).$$

С учетом полученных выражений можно найти аналитические зависимости проекций сил F_{X1} , F_{Y1} и F_{Z1} , для чего в формулы (1) следует подставить полученные значения. Как следует из рис. 2 и 3:

$$\sin \gamma_{\beta} = \frac{\Delta X}{r_x}; \quad \cos \gamma_{\beta} = \frac{\Delta Z}{r_x}; \quad \sin \gamma_{\theta} = \frac{\Delta Y}{r_y}; \quad \cos \gamma_{\theta} = \frac{\Delta Z}{r_y}.$$

Окончательно выражения для сил, действующих на груз при качке судна по трем компонентам принимает вид:

$$F_{X1} = m_c \omega_k^2 [\Delta Z \beta_o \sin(\omega_k t - \psi_{\beta}) - (\frac{g}{2} + 0,5h_w \sin \omega_k t) \cos \theta \sin \beta],$$

$$F_{Y1} = m_c \omega_k^2 [\Delta Z \theta_o \sin(\omega_k t - \psi) + (\frac{g}{2} + 0,5h_w \sin \omega_k t) \sin \theta],$$

$$F_{Z1} = m_c \omega_k^2 [A \sin(\omega_k t - \psi_z) - (\frac{g}{2} + 0,5h_w \sin \omega_k t) \cos \theta \cos \beta],$$

где A и ψ_z - приведенные амплитуда и фаза амплитудно-фазового преобразования; $\beta = \beta_m \sin(\omega_k t - \psi_{\beta})$, $\theta = \theta_m \sin(\omega_k t - \psi)$, в которых амплитуда и фаза определяются начальными условиями.

Таким образом, получены аналитические выражения для составляющих сил инерции в судовой системе координат, которые воздействуют на груз при качке судна, с помощью которых можно оценить их возможные максимальные значения в предстоящем рейсе с учетом

ожидаемых погодных условий и определить крепление груза, обеспечивающее его безопасную перевозку.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Сизов В.Г. Теория корабля. – Одесса: Феникс, 2003. – 282 с.
2. Simonovich Milivoje. The correlation of ship hull form and her static stability diagram./ Simonovich Milivoje, Sizov Victor G, Vorobjov Yuri L. // 21 Jugosloven. kongr. teor. i primenjene meh., Nis. 29 maj – 3 jun. – 1995. – P. 167 – 173.
3. Xia Jinzhu. A dynamic model for roll motion of ships due to flooding / Xia Jinzhu, Jensen Jorgen, Pedersen Preben Terndrup // Schiffstechnik. – 1999. – 46, № 4. – P. 208 – 216.
4. RO-RO ship/ferry with buoyancy tanks to prevent capsizing/ Заявка 2264665 Великобритании МКИ6 В 63 В 43/12 / Shatawy Ahmed Ahmed El. - № 9422061.3; Заявл. 2.11.94; Опубл. 8.5.96; НКИ В7А.
5. Kulesh Victor A. Computer investigation of construction reliability / Kulesh Victor A. // Proc. 6th Int. Offshore and Polar Eng. Conf., Los Angeles, Calif., May 26 – 31. - 1996. - Vol. 4. – Golden (Golo), 1996. – P. 395 - 401.
6. Miller Lutz. Advanced calculation techniques for ship structural design./ Miller Lutz.// Germ. Maritime Ind. J. – 1992. – 8, Spec. Issue. – P. 37 – 40.
7. Чепок А.О. Разработка процедуры отображения укладки генерального груза в трюмах судна / Чепок А.О. // Судовождение: сб. науч. трудов / ОНМА. – Вып. 20. – Одесса, 2011. – С. 243 – 246.
8. Васьков Ю.Ю. Некоторые вопросы оптимизации грузовых операций навалочных судов / Васьков Ю.Ю. // Судовождение. – № 6. – 2003. – С. 40 – 45.
9. Власенко Е.А. Определение ускорения, возникающего при бортовой качке судна/ Власенко Е.А. // XXX Международная конференция «Развитие науки в XXI веке», 15 декабря 2017 г. – Харьков. – С. 41 – 47.

Повышение точности обсервации судна при избыточных измерениях

Ворохобин И.И., Фусар И.Ю.
НУ "Одесская морская академия", Одесса, Украина

Increase of exactness of observation of ship at the surplus measuring

Vorokhobin Igor, Fusar Igor
NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine

Аннотация –Для стандартной плотности закона распределения Гаусса ненормированной погрешности навигационных измерений доказана ортогональность полиномов Эрмита, что позволило определить аналитические выражения коэффициентов ряда Грамма - Шарлье типа А.

Abstract –Decomposition of normal closeness of the rationed error in a row Gramme - Sharl'e type A by the orthogonal polynomials of Ermyt is a classic result, however for the standard closeness of law of Gauss of the unrationed error in work the coefficients of row are certain Gramme - Sharl'e type A, and proved the ortogonal polynomials of Ermyt.

Для обеспечения максимально возможной точности обсерваций места судна при наличии избыточных измерений навигационных параметров необходимо знать закон распределения их погрешностей. Однако при ограниченном объеме выборки статистических материалов погрешностей не удастся с помощью стандартной процедуры определить закон их распределения, хотя имеется возможность оценить центральные моменты распределения. При этом если гистограмма выборки имеет положительный эксцесс, то можно использовать разложение плотности распределения погрешностей с помощью ортогональных полиномов Эрмита, не располагая ее аналитическим выражением, и применить его в качестве плотности распределения.

Вопросы оценки и повышения точности определения места судна

освещены во многих работах отечественных и зарубежных авторов. Результаты анализа статистических материалов точности определения места судна с помощью приёмника спутниковой радионавигационной системы представлены в работе [1]. Из них следует, что предположение о распределении случайных погрешностей определения широты и долготы по закону Гаусса не является корректным и требует альтернативного подхода. В работах [2, 3] представлен анализ статистических данных погрешностей навигационных измерений, полученных в натурных наблюдениях, который показал, что погрешности навигационных измерений не подчиняются нормальному закону распределения, а эксцесс выборки является положительным.

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

Результаты идентификации законов распределения погрешностей навигационных измерений приведены в работе [6], из которых следует, что погрешности измерений радиолокационных пеленгов и расстояний подчиняются в основном смешанным законам первого и второго типа.

В работе [7] приведены результаты исследования возможности описания систем зависимых случайных величин с помощью обобщенного распределения Пуассона с базовым нормальным распределением.

В работе [8] произведена оценка эффективности обсервованных координат судна при избыточных линиях положения и показано, что при смешанных законах распределения эффективность меньше единицы, и с ростом существенного параметра она стремится по величине к единице.

Анализ рассмотренных работ показывает, что разнообразие законов распределения вероятностей случайных величин, особенностью которых является наличие положительного эксцесса, может быть унифицировано использованием ортогонального разложения с полученными значениями центральных моментов высших порядков. Разложение плотности нормированной погрешности в ряд Грамма - Шарлье типа А с помощью ортогональных полиномов Эрмита приведено в работе [9], однако для стандартной плотности ненормированной погрешности необходимо определить коэффициенты ряда Грамма - Шарлье типа А, доказав ортогональность полиномов Эрмита. Это позволит разработать алгоритм расчета обсервованных координат судна при избыточных измерениях, обеспечивающий их максимальную точность независимо от закона распределения погрешностей из-

мерений.

Целью данной статьи является повышение точности обсерваций судна применением ортогонального разложения плотности распределения погрешности измерений.

Распределение погрешностей навигационных измерений близко к нормальному, поэтому можно воспользоваться результатами работы [9], в которой показано, что плотность распределения $f(x)$ централизованной и нормированной случайной величины x можно представить в виде разложения, которое называется рядом Грамма - Шарлье типа А:

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

где $\varphi(x) = (2\pi)^{-1/2} \exp(-x^2/2)$ - нормальная плотность нормированной случайной величины.

Производные высших порядков $\varphi^{(i)}(x)$, как показано в работе [9], выражаются через ортогональные полиномы Эрмита $H_i(x)$:

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

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

$$c_i = (2\pi)^{-1/2} (-1)^i \int_{-\infty}^{\infty} H_i(x) \exp(-x^2/2) dx.$$

В работе [9] показано, что определение коэффициентов c_i возможно благодаря ортогональности полиномов Эрмита, которая для нормированной нормальной плотности выражается следующим образом:

$$\int_{-\infty}^{\infty} H_m(x) H_n(x) \exp(-x^2/2) dx = \begin{cases} 0 & \text{при } m \neq n; \\ n! & \text{при } m = n. \end{cases} \quad (1)$$

В случае нормальной плотности $f(x) = (2\pi)^{-1/2} \sigma^{-1} \exp(-x^2/2\sigma^2)$ ненормированной погрешности ортогональность полиномов Эрмита должна удовлетворять условию:

$$\int_{-\infty}^{\infty} H_m(x/\sigma^2) H_n(x/\sigma^2) \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = \begin{cases} 0 & \text{при } m \neq n; \\ \sigma^{-2n} n! & \text{при } m = n. \end{cases} \quad (2)$$

Покажем это, записывая выражения для полиномов $H_m(x)$ и $H_n(x)$ при четных и нечетных m . Четные m представим, как $m = 2v$, а

нечетные – как $m = 2r + 1$ ($v, r = 1, 2, 3 \dots$).

Рассмотрим несобственные интегралы от произведений полиномов Эрмита для нормальной плотности ненормированной случайной погрешности. Для случая $m \neq n$ и четных найдем несобственный интеграл

$$R_1 = \int_{-\infty}^{\infty} H_m(x/\sigma^2) H_n(x/\sigma^2) \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^v (-1)^i a_{i v} x^{2(v-i)} \times \\ \sigma^{-[2(2v-i)+2(2r-j)]} \sum_{j=0}^r (-1)^j a_{j r} x^{2(r-j)} \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = \\ \sigma^{-[2(2v-i)+2(2r-j)]} \sum_{i=0}^v \sum_{j=0}^r (-1)^{i+j} a_{i v} a_{j r} \int_{-\infty}^{\infty} x^{2(v-i)+2(r-j)} \exp(-x^2/2\sigma^2) dx.$$

В работе [9] показано, что справедливо равенство:

$$\int_{-\infty}^{\infty} x^{2(v-i)+2(r-j)} \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \dots [2(v+r-i-j)-1] \sigma^{2(v+r-i-j)}.$$

Поэтому искомым интеграл

$$R_1 = \sigma^{-2(v+r)} \left\{ \sum_{i=0}^v \sum_{j=0}^r (-1)^{i+j} a_{i v} a_{j r} 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \dots [(2(v+r-i-j)-1)] \right\}.$$

Выражение в фигурных скобках полученной формулы согласно (1) равно нулю. Следовательно,

$$R_1 = \sigma^{-2(v+r)} \left\{ \sum_{i=0}^v \sum_{j=0}^r (-1)^{i+j} a_{i v} a_{j r} 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \dots [(2(v+r-i-j)-1)] \right\} = 0. \quad (3)$$

Найдем выражение для интеграла R_2 при $m \neq n$ и нечетных. Аналогично предыдущему случаю:

$$R_2 = \int_{-\infty}^{\infty} H_m(x/\sigma^2) H_n(x/\sigma^2) \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^v (-1)^i a_{i v} x^{2(v-i)+1} \times \\ \sigma^{-[2(2v-i)+2(2r-j)+2]} \sum_{j=0}^r (-1)^j a_{j r} x^{2(r-j)+1} \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = \\ \sigma^{-2(v+r)-1} \left\{ \sum_{i=0}^v \sum_{j=0}^r (-1)^{i+j} a_{i v} a_{j r} 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \dots [2(v+r-i-j+1)-1] \right\}.$$

Выражение в фигурных скобках, как и в предыдущем случае, равно нулю. Следовательно, справедливо следующее равенство:

$$R_2 = \sigma^{-2(v+r)-1} \left\{ \sum_{i=0}^v \sum_{j=0}^r (-1)^{i+j} a_{iv} a_{jr} 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdots [2(v+r-i-j+1)-1] \right\} = 0. \quad (4)$$

В третьем рассматриваемом случае находим интеграл R_3 при $n = m$ и четных с учетом обозначения $\alpha = (2\pi)^{-1/2} \sigma^{-1}$:

$$R_3 = \alpha \int_{-\infty}^{\infty} H_n(x/\sigma^2) H_n(x/\sigma^2) \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = \alpha \int_{-\infty}^{\infty} \sum_{i=0}^v (-1)^i a_{iv} x^{2(v-i)} \times \\ \sigma^{-[2(2v-i)+2(2v-j)]} \sum_{j=0}^v (-1)^j a_{jv} x^{2(v-j)} \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = \\ \sigma^{-2(2v-i)-2(2r-j)} \sum_{i=0}^v \sum_{j=0}^v (-1)^{i+j} a_{iv} a_{jv} 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdots [2(2v-i-j)-1] \sigma^{2(2v-i-j)},$$

или выражение для интеграла принимает следующий вид:

$$R_3 = \sigma^{-4v} \left\{ \sum_{i=0}^v \sum_{j=0}^v (-1)^{i+j} a_{iv} a_{jv} 1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdots [2(2v-i-j)-1] \right\}. \quad (5)$$

Выражение в фигурных скобках последней формулы согласно (1) равно $n!$, поэтому $R_3 = \sigma^{-2n} n!$, так как $4v=2n$.

Аналогично, используя выражение (1), убеждаемся, что при $n = m$ и нечетных интеграл:

$$R_4 = \alpha \int_{-\infty}^{\infty} H_n(x/\sigma^2) H_n(x/\sigma^2) \exp(-x^2/2\sigma^2) dx = \sigma^{-2n} n!. \quad (6)$$

Полученные соотношения (3) ÷ (6) доказывают справедливость выражения (2), т.е. полиномы Эрмита нормального распределения ненормированной случайной величины являются ортогональными. Поэтому коэффициенты c_{2s} выражаются следующим образом:

$$C_4 = \mu_4 / \sigma^4 - 3; \quad (\text{эксцесс})$$

$$C_6 = \mu_6 / \sigma^6 - 15\mu_4 / \sigma^4 + 30;$$

$$C_8 = \mu_8 / \sigma^8 - 28\mu_6 / \sigma^6 + 210\mu_4 / \sigma^4 - 315;$$

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

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

Выражение для ортогонального разложения плотности с учетом полученных результатов принимает вид:

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

в котором σ^2 и μ_{2s} вычисляются по исходной плотности, а выражения для четных полиномов Эрмита приведены ниже:

$$H_4(y) = y^4 - 6y^2 + 3;$$

$$H_6(y) = y^6 - 15y^4 + 45y^2 - 15;$$

$$H_8(y) = y^8 - 28y^6 + 210y^4 - 420y^2 + 105;$$

$$H_{10}(y) = y^{10} - 45y^8 + 630y^6 - 3150y^4 + 4725y^2 - 945;$$

$$H_{12}(y) = y^{12} - 66y^{10} + 1485y^8 - 13860y^6 + 51975y^4 - 62370y^2 + 10395.$$

В данных выражениях $y = x/\sigma^2$.

Таким образом, полученное ортогональное разложение в ряд Грамма - Шарлье типа А может использоваться в качестве плотности распределения вероятностей погрешности навигационных измерений, что позволяет предложить универсальный способ описания плотности распределения ненормированной случайной величины, который обеспечивает максимальную точность обсервации места судна при неизвестном законе распределения погрешностей измерений, имеющем положительный эксцесс.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Monteiro Luis. What is the accuracy of DGPS? / Sardinia Monteiro Luis, Moore Terry, Hill Chris. // J. Navig. 2005. 58. – № 2. – P. 207 – 225.
2. Кондрашихин В.Т. Определение места судна / Кондрашихин В.Т. – М.: Транспорт, 1989. – 230 с.
3. Hsu D. A. An analysis of error distribution in navigation / Hsu D. A. // The Journal of Navigation. – Vol. 32. – № 3. – P. 426 – 429.
4. Сикирин В.Е. Описание навигационных погрешностей с помощью обобщенного распределения Пуассона/ Сикирин В.Е.// Судовождение: сб. научн. трудов. НУ «ОМА». – 2016. – Вып. 26. – С. 152 – 156.
5. Астайкин Д.В. Идентификация законов распределения навигационных погрешностей смешанными законами двух типов / Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М. // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2014. – Вып. 20. - Одесса: ОНМА. – С. 3 – 9.
6. Алексейчук Б.М. Идентификация закона распределения погрешностей измерений / Алексейчук Б.М., Пасечнюк С.С. // Судовождение:

сб. научн. трудов. НУ «ОМА». – 2016. – Вып. 27. – С. 10 – 14.

7. Астайкин Д.В. Оценка точности координат судна при избыточных измерениях/ Астайкин Д.В., Сикирин В.Е., Ворохобин И.И., Алексейчук Б.М. – Saarbrücken, Deutschland/Германия: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. – 274 с.

8. Бурмака И.А. Оценка эффективности обсервованных координат судна при избыточных измерениях / Бурмака И.А., Астайкин Д.В., Алексейчук Б.М. // Вестник Государственного университета морского и речного флота им. адмирала С. О. Макарова. Санкт-Петербург.– 2016. – Выпуск 1 (35). – С. 24 – 29.

9. Крамер Г. Математические методы статистики / Крамер Г. – М.: Мир. – 1975. – 648 с.

Программное обеспечение для управления активами на судах

Горб Сергей Иванович¹, Горб Алексей Сергеевич²
НУ "Одесская морская академия"¹, ДП "Интреско Лтд"²
gs@fa.onma.edu.ua¹, alexgorbmail@gmail.com²

Software for asset management on ships

Gorb Sergii¹, Gorb Alex²
NU "Odessa Maritime Academy"¹, Odessa, Ukraine
Daughter enterprise "Intresco Ltd"², Odessa, Ukraine
gs@fa.onma.edu.ua¹, alexgorbmail@gmail.com²

Анотація – Аналіз використання судоходними компаніями програмного забезпечення для управління активами на судах дозволило виробити концептуальні рекомендації по вибору і адаптації програмного забезпечення.

Abstract – Analysis of the software usage by shipping companies for asset management on ships allowed to develop the following conceptual recommendations for the selection and adaptation of software.

Программные продукты для управления активами на судах ранее позиционировались как средства организации технического обслуживания судовых технических средств [1, 2]. Однако включение в эти программы функций складского учёта, закупок материалов и запасных частей, процедур системы управления безопасностью судоходства и энергоэффективности привело к использованию более широкого понятия "управления активами на судах" [3]. Этот относительно новый термин лучше коррелируется и с одной из основных функций менеджмента судоходных компаний – обеспечить эффективное управление удалёнными производственными объектами.

Если в начале текущего столетия вопрос целесообразности компьютеризации управления активами на судах был дискуссионным, то в настоящее время применение компьютеров для планирования технического обслуживания, ведения складского учёта на судах и подготовки различных отчётов и заявок считается таким же естественным, как и подготовка документов с использованием приложений Microsoft Office.

В то же время судоходные компании допускают серьёзные ошибки в выборе и адаптации программного обеспечения для управления своими активами. Это приводит к тому, что выбранное программное обеспечение оказывается либо чрезмерно сложным и затратным в использовании и от него приходится отказываться, либо плохо адаптированным к специфике совместного использования судовыми экипажами и техническими подразделениями компаний, либо малопригодными для внесения элементарных корректировок в базу данных и формируемые документы. В ряде случаев эффективному применению программ препятствует ошибочная терминология, применённая программистами, которые не имеют квалификации в области технического менеджмента судов.

В связи с изложенным представляется актуальным выработать концептуальные положения по выбору и адаптации программного обеспечения для управления активами на судах с учётом накопленного опыта компьютеризации технического менеджмента в судоходных компаниях и анализа допускаемых ошибок.

Но для этого, прежде всего, необходимо пояснить основную цель использования программного обеспечения в этой сфере деятельности, так как часто эффект от компьютеризации пытаются искать в экономии фонда заработной платы. Компьютеризация управления активами, так же как и компьютеризация бухгалтерского учёта, не приводит к сокращению штатов и не облегчает труд специалистов, так как требует от них дополнительного умения работать на компьютерах и, более того, вынуждает их выполнять производственные функции более организованно. Поэтому эффект экономии заработной платы не возникает. Более того, расходы по заработной плате могут возрасти из-за привлечения более квалифицированных специалистов и расширения персонала подразделения компьютерных технологий. Основная цель компьютеризации управления активами – повысить качество решения производственных задач [4]. Компьютеризация позволяет:

- минимизировать ошибки в менеджменте;
- повысить оперативность принятия управленческих решений, что особенно важно в судоходстве;
- усилить контроль офиса за техническим обслуживанием судов и использованием материалов и запасных частей;
- уменьшить непроизводительные простои судов;
- оптимизировать судовые запасы и объёмы закупок, а также исключить ошибочные закупки (заявки с разных судов объединяются по поставщикам с использованием оптимальных закупочных объёмов, что позволяет добиться максимальных скидок у поставщиков);
- облегчить сертификацию судоходной компании в соответствии с

требованиями Международного Кодекса для безопасного управления судами и по предотвращению загрязнения (ISM Code), а также – в соответствии со стандартами качества, и сократить продолжительность сюрвейерских проверок судов;

уменьшить затраты на связь судоходной компании с судами, так как минимизируется объём передаваемых данных – передаются только произошедшие изменения в базах данных как на судне, так и в офисе, вместо развёрнутых отчётов и донесений (сокращение объёма может достигать 50 % при одновременном увеличении информативности сообщений).

Среди поставщиков программных продуктов для управления активами на судах можно выделить следующие.

Фирма SpecTec AS (www.spectec.net) предлагает программный продукт **AMOS Business Suite** (деловой комплект) [5]. Первоначально аббревиатура AMOS расшифровывалась "Administration of Maintenance, Operation and Spares" (организация техобслуживания, управление и запасные части), но затем фирма стала позиционировать её как "Asset Management Operating System" (система управления активами).

Фирма сообщает, что по состоянию на 2018 год продано 12 тыс. лицензий более чем 1200 компаниям. Однако цифра 12 тыс. включает и несколько тысяч предыдущей версии системы AMOS-D [6], которая была разработана ещё в 1981 г. под операционную систему DOS, поставлялась фирмой с 1985 до 1996 г. включительно и затем была заменена большинством пользователей на версию, разработанную под операционную систему Windows.

Фирма SpecTec AS была создана в 1985 г. в Норвегии. После окончания акционирования её активы в 1996 г. "влились" в фирму Visma ASA (Норвегия) в качестве "морского дивизиона". В 2000 г. "морской дивизион" фирмы Visma ASA был приобретён датской компанией Station 12, которая принадлежала KPN (Dutch Telecom). В результате структурной реорганизации KPN и объединении с Telstra (Australian Telecom) была создана компания Xantic. В 2005 г. морское подразделение Xantic было выкуплено и ему было возвращено название SpecTec Group. Головным офисом был определён офис в Италии. В 2016 г. крупная канадская компания Constellation Software, Inc. купила компанию SpecTec, и её головной офис переместился в Торонто.

Если в 80-х и в начале 90-х годов программа AMOS была инновационной и практически не имела конкурентов, то в текущем столетии появилось достаточно большое количество аналогов, которые начали отвоёвывать рынок. Лидирующая роль программы AMOS в основном

связана с её богатой историей и умелой организацией корпоративной поддержки. Ещё в период поставки программы AMOS-D фирмой SpecTec был создан 21 зарубежный офис в 17 странах, которые занимались продажами и обслуживанием программного обеспечения на принципах хозрасчёта. В 2018 г. действует 17 зарубежных офисов в 14 странах. Распределённая организационная структура компании первоначально создавалась с целью минимизации времени отклика компании на обращения клиентов из морских держав и портовых городов. Однако с развитием сети Internet и средств удалённого доступа к компьютерам эта цель утратила свою актуальность и сеть зарубежных офисов в большей степени используется для маркетинговой работы и оптимизации затрат на разработку и инсталляцию баз данных.

В деловой комплект AMOS входят программные модули:

AMOS Maintenance & Purchase (техобслуживание и закупки) или сокращённо AMOS M&P;

AMOS Quality and Safety (управление качеством и безопасностью, в том числе документооборотом);

AMOS Voyage Management (управление рейсом);

AMOS Personnel (управление кадрами).

Программа AMOS M&P является основой делового комплекта и предназначена для выполнения следующих функций:

планирования, учёта и контроля технического обслуживания удалённых подразделений предприятия;

ведения складского учёта на территориально распределённых складах;

организации закупок;

планирования и учёта расходов на техническое обслуживание и снабжение (этот модуль называется Budget и активируется только в случае, если это предусмотрено лицензией на программу);

оперативного обмена информацией между подразделениями предприятия и центральным офисом.

Лицензия на программу определяет активацию следующих возможностей:

использование графических приложений (Attachments);

управление проектами по работам технического обслуживания, в том числе при доковании судна (Projects);

обслуживание оборудования по состоянию (Condition-Based Maintenance);

печать штрих-кодов для складских предметов (Bar code).

Для функционирования программы AMOS M&P должен быть проинсталлирован пакет SQL Server, который входит в поставку и обес-

печивает взаимодействие программы с базой данных.

На рис. показано главное окно программы AMOS M&P, которое содержит:

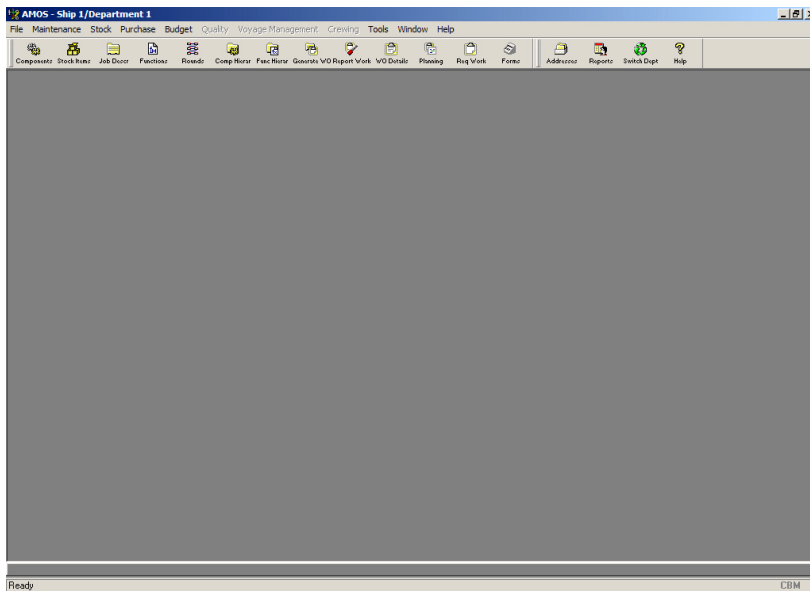


Рис. Главное окно программы AMOS M&P

верхнюю строку с наименованием вызванного подраздела базы данных. Подразделы базы данных названы разработчиками программы департаментами (Department) и программа работает с департаментами как с независимыми друг от друга частями базы данных. Разбивка базы данных на департаменты повышает быстродействие программы и позволяет разграничить доступ пользователей к различным частям базы данных;

вторую строку с главным выпадающим меню, в котором имеется полный набор команд программы (если лицензия на программу не включает отдельные программные модули, то их наименования в меню не активизируются). Назначение активных разделов главного меню следующее. File – регистры (подразделы) базы данных, переключение департаментов, экспорт/импорт информации из базы данных, вывод информации на печать, выход из программы. Maintenance – информация о компонентах и действия связанные с техническим об-

служиванием. Stock – информация о деталях, предметах и материалах, которые применяются для технического обслуживания, и складские операции. Purchase – операции, связанные с закупками. Budget – информация о плановых и фактических расходах на закупки и сервисные работы. Tools – отчёты, настройка программы, уровни доступа пользователей. Window – размеры и положение открывающихся окон. Help – информация о лицензии и версии программы, руководство пользователя;

третью строку с пиктограммами (главную панель инструментов), которые оформлены в виде всплывающих кнопок. Она дублирует наиболее часто используемые пункты выпадающего меню;

дополнительную вертикальную панель с пиктограммами (включается по желанию пользователя), которая дублирует пункты выпадающего меню в объёме, большем, чем главная панель инструментов.

Аналогичные программные продукты поставляются следующими норвежскими фирмами, которые развили активность после ухода головного офиса SpecTec из Норвегии.

Tero Marine AS, Норвегия (www.teromarine.com), поставляет программный продукт **TM Master** (с модулем Maintenance). Сообщает, что продано 2 тыс. лицензий, которые поддерживаются также представительствами фирмы в шести странах. Предлагается обучение пользователей продолжительностью 2 дня в Норвегии с периодичностью курсов – один раз в месяц.

Star Information System AS (сокращённо SIS), Норвегия (www.sismarine.com), поставляет с 1997 г. группу совмещаемых программ, основной из которых является **Star Information and Planning System** (сокращённо Star IPS), включающая модуль Star Maintenance. Эта программа является развитием программы RAST PMS, которая ранее выпускалась в Норвегии. Фирма не сообщает о широте использования программы на флоте, по всей вероятности из-за отсутствия прав на программу RAST PMS, но есть все основания полагать, что программа, которая первоначально критиковалась пользователями, уже достаточно хорошо отлажена. Фирма имеет два офиса за пределами Норвегии и дополнительно распространяет свой программный продукт через агентские компании.

BASS AS, Норвегия (<http://bassnet.no>) поставляет программный продукт **BASSnet** с 1997 г. Поддержка обеспечивается также 4 зарубежными офисами. По сообщению фирмы она поставила программное обеспечение более чем на 2000 судов более чем 100 компаниям. Регулярно в Норвегии организовываются курсы обучения (двухдневные для специалистов судоходных компаний, трёхдневные для судо-

вых экипажей и пятидневные для суперинтендантов) с возможностью в последующие дни пройти обучение по специализированным модулям программы: закупки, риск-менеджмент, защита окружающей среды, управление проектом докования судна, управление безопасностью, управление документами, крьюинг. Согласно оценке [7] этот программный продукт по функциональным возможностям приближается к AMOS, но имеет более удобные экранные формы для техобслуживания и хорошую подсистему отчётности.

За пределами Норвегии аналогичное программное обеспечение поставляется следующими фирмами.

DANAOS MANAGEMENT CONSULTANTS S.A., Греция (<http://danaos.gr>) поставляет программный продукт **Danaos Ship Management Suite**. По сообщению фирмы её программные продукты используются в 300 судоводных компаниях. Фирма имеет 3 зарубежных офиса и 8 зарубежных представительств.

CODie software products e.K., Германия (<https://codie.com>) предлагает программный продукт **CODie ISMAN Suite**, предназначенный для управления активами судов. По сообщению фирмы он используется на порядка 350 судах. Показательно, что на сайт этой компании осуществляется переадресация с адреса www.avecs.de, который ранее принадлежал AVECS Corporation AG, Германия (в 2007 г. AVECS Corporation AG была поглощена Interschalt maritime systems AG, которую в 2016 г. приобрёл Cargotec Corporation). Фирма AVECS Corporation AG известна своей широко распространённой на германском флоте программой **TITAN**, которая оценивалась как более простая по сравнению с AMOS и поставлялась в составе Integrated Ship Management System (сокращённо ISMS).

Ulysses Systems Ltd, Англия (www.ulysses-systems.com), поставляет программы **Task Assistant**. По сообщению фирмы её программы используются на сотнях судов 35 компаний. Фирма имеет зарубежный офис в Греции.

Научно-производственное предприятие "СпецТек", Россия (www.trim.ru), поставляет программный комплекс **TRIM**, который предназначен для береговых предприятий, но может использоваться и для флота (внедрён в нескольких речных пароходствах). Программный комплекс позиционируется поставщиком как комплексное решение автоматизации административного управления активами предприятий и представляет интерес для крупных компаний с территориально-распределённой структурой.

Ряд фирм специализируется на поставках аналогичного программного обеспечения с упрощённым функционалом. Такое программное

обеспечение предлагается для небольших судоходных компаний и компаний, которые оперируют небольшими судами. Оно более простое в использовании и требует меньших затрат на его поддержку.

Marine Software Ltd, Англия (<http://marinesoftware.com>), с 1991 г. поставляет набор программных модулей для технического менеджмента, основным из которых является **Marine Planned Maintenance (MPM)**. По мнению фирмы поставка программного продукта в виде отдельных модулей более удобна для судоходных компаний, которые имеют малые суда, так как им предоставляется возможность снизить затраты за счёт уменьшения объёма закупки. Фирма сообщает об использовании "усечённых" вариантов программ на буксирах во многих портах Англии, судах прибрежного плавания и небольших паромах, то есть судах, которые ежедневно возвращаются к месту дислокации их офиса. Объёмы внедрения 1800 судов.

ZeeBORN GmbH, Германия (www.zeeborn.net), поставляет программный продукт **ZeeBORN Fleet Management** с упрощённым функционалом для малых и средних судоходных компаний, который позиционируется как предусматривающий лёгкую конвертацию базы данных программы TITAN (в период продаж программы TITAN, AVECS Corporation AG также предлагала услугу по конвертации базы данных AMOS и RAST PMS под свою программу).

Mastex Software BV, Нидерланды (<https://mastexsoftware.com>), совместно с тремя зарубежными дилерами поставляет программный продукт **MXSuite**, который также адаптирован к организации технического менеджмента в небольших судоходных компаниях.

К указанному классу программ можно отнести также русскоязычные программу **Planner** [8 – 15] и систему технического менеджмента "СТМ" (<http://stmssoft.com>), которая позиционируется как не требующая специального обучения.

Программные продукты для управления активами на судах также поставляются классификационными обществами.

ABS Nautical Systems, США (<https://ww2.eagle.org>), являющаяся дочерней компанией Американского бюро судоходства, поставляет программный продукт **NS**. Фирма имеет три представительства за пределами США.

DNV GL, Норвегия (dnvgl.com) поставляет **ShipManager Technical**.

Довольно известные программные продукты SES (ранее программа называлась Shipmanager) и Teomaki Ship Management (сокращённо Teomaki SM) в настоящее время не поддерживаются (программа SES поставлялась Shipmanagement Expert Systems S.A., Греция, которая

имела 9 офисов за пределами Греции и сообщала, что она применяется в 43 странах; программный продукт Tamaki SM имел удобный интерфейс, поставлялся Teomaki AS, Норвегия и был создан под руководством Atle A. Valland, которого считают "отцом" программного продукта AMOS).

Ряд программных продуктов (например, AMOS, BASSnet, Danaos Ship Management Suite, Task Assistant) имеют мобильные приложения, которые обеспечивают доступ к системе из любой точки мира и из любого помещения на судне.

Анализ использования судоводными компаниями программного обеспечения для управления активами на судах позволил выработать следующие концептуальные рекомендации по выбору и адаптации программного обеспечения.

1. В небольших судоводных компаниях либо компаниях, которые оперируют небольшими судами, рекомендуется использовать программные продукты с "усечённым" функционалом. Когда приобретаются программные продукты с полным функционалом исходя из иллюзорных планов развития судоводной компании или "на всякий случай", программные продукты неизбежно вступают в противоречие с упрощёнными технологиями менеджмента в компаниях и требуют привлечение более квалифицированных кадров, что не всегда вписывается в планы компаний. Результатом таких действий может быть полный отказ от использования приобретённых программ. В частности мобильные приложения имеет смысл закупать, если при инвентаризации используются штрих-коды запчастей и, если процедуры компании предусматривают обязательное включение фотографий в документы, направляемые с судов в офис. Если в судоводной компании нормально отлажена "ручная" работа с руководствами по системам управления качеством и безопасностью, то соответствующие модули в программном обеспечении позволят только упорядочить обмен информацией с судами, но не приведут к появлению существенного эффекта, так как отлаженные процедуры систем управления не изменятся, но потребуются дополнительное обучение персонала работе с программным обеспечением. Офисную версию программного продукта целесообразно приобретать, если предполагается централизовать закупки для всех судов компании (совместно обрабатывать заявки судов) и использовать многопользовательский режим.

2. Программное обеспечение для управления активами на судах позволяет поднять технический менеджмент на новый уровень, если внедряется на значительной группе судов компании. В противном случае в компании неизбежно параллельно функционируют компьютеризированный и "ручной" менеджмент, что только усложняет

управление активами на судах.

3. Сертификаты классификационных обществ на программное обеспечение по управлению активами на судах не имеют принципиального значения при выборе программного обеспечения. Объясняется это тем, что такая сертификация осуществляется на соответствие требованиям Международного кодекса по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращением загрязнения (ISM Code), который не предъявляет серьёзные требования к программному обеспечению. Этот кодекс требует только, чтобы судоходная компания определила перечень оборудования и систем, внезапный отказ которых может создать опасные ситуации, и обеспечила регламентное (периодическое) обслуживание такого оборудования с регистрацией его результатов и передачей информации о несоответствиях. Естественно, что любое разработанное программное обеспечение для управления активами на судах выполняет такие функции. Также следует учесть, что сертификация программного обеспечения по управлению активами на судах не требуется никакими нормативными документами.

4. При внедрении программного обеспечения для управления активами на судах ошибочно пытаться подстроить его под сложившиеся в компаниях технологии технического менеджмента либо объединять с уже используемым программным обеспечением. Объясняется это тем, что такая "модернизация" хорошо отработанных компьютеризированных систем неизбежно приводит к недоиспользованию их возможностей, к появлению ошибок в программном обеспечении и к возрастанию стоимости внедрения. Более правильным представляется выбор программного обеспечения с близкими к используемым технологиями технического менеджмента и последующим изменением сложившихся технологий под приобретённое программное обеспечение.

5. При сравнении цен на программное обеспечение необходимо учитывать суммарные затраты на лицензию, дополнительные модули, разработку и инсталляцию базы данных, а также обучение пользователей. Это связано с тем, что поставщик первоначально может умолчать о некоторых затратах. Например, он может сообщить цену на программный продукт без цены отдельных его модулей, например, закупок, бюджета, типовых отчётов, складского учёта, графических приложений. Причём, если без части этих модулей судоходная компания сможет обойтись, то, например, без модуля складского учёта компьютеризировать техническое обслуживание вообще не имеет смысла. То есть покупать модули к "неполным" программным продуктам неизбежно придётся. Также поставщик может умолчать стоимость своих

специалистов, которых неизбежно придётся приглашать для первоначальной инсталляции программного продукта в офисе и, возможно, на судах. Крайне затратным может оказаться и обучение пользователей с их командировками в офис поставщика.

Особое внимание необходимо уделить калькулированию стоимости разработки и инсталляции баз данных, так как "экономия" путём привлечения специалистов с недостаточным опытом неизбежно приводит к существенному увеличению сроков внедрения и к многочисленным ошибкам в базах данных, на устранение которых, а также на устранение последствий от этих ошибок, затрачиваются большие средства. Также следует учитывать, что качество баз данных существенно зависит от полноты судовой документации, которая передаётся разработчику, и от внесения в базу данных исходной информации при её инсталляции на судне. Если база данных не будет содержать информацию о фактически выполненных на судне работах по техническому обслуживанию, о фактических судовых запасах, будет охватывать не все судовые технические средства, которые обслуживаются регламентно, и будет содержать неполный перечень регламентных работ и ошибочные названия механизмов и деталей, то смысл использования программного обеспечения вообще потеряется и судоводная компания получит больше проблем, чем положительных результатов от компьютеризации.

В первом приближении, если программный продукт содержит модули технического обслуживания, складского учёта, закупок, отчётов и обмена данными с офисом, затраты следующие:

программа для судна – 5 ... 8 тыс. USD (в зависимости от количества приобретаемых лицензий);

программа для офиса – 10 ... 15 тыс. USD;

разработка в береговых условиях базы данных головного судна – 5,0 ... 12,5 тыс. USD (в зависимости от страны, где разрабатывается);

разработка в береговых условиях базы данных однотипного судна – 1,5 ... 3,0 тыс. USD (в зависимости от страны, где разрабатывается);

приглашение специалиста разработчика для инсталляции, доработки базы данных на судне и/или обучения пользователей – 0,2 ... 0,4 тыс. USD/сутки + транспортные расходы;

обучение пользователей в учебном центре 0,3 ... 1,0 тыс. USD/чел. + транспортные расходы.

То есть суммарные расходы в большей степени зависят не только от цены программного продукта, но и от удалённости сервисных центров поставщика.

Укрупнённо можно считать, что компьютеризация технического

менеджмента одного судна обходится порядка 14 тыс. USD.

6. Для сокращения расходов на компьютеризацию можно использовать рекомендации:

как правило, поставщики предусматривают скидки на поставку лицензий на группу судов компании, хотя судоходные компании на первоначальном этапе внедрения довольно болезненно справляются с компьютеризацией менеджмента даже нескольких судов. Выход можно найти, если в договоре на поставку программного продукта предусмотреть несколько этапов. На *первом этапе*, например, поставляются две судовые программы, одна из которых устанавливается в офисе, и обеспечивается внедрение технологии на одном судне (с разработкой базы данных, инсталляцией программы на судне и обучением пользователей). На *этом этапе* целесообразно выделить 4 ... 5 месяцев. На *втором этапе* поставляется ещё несколько судовых программ и технология обрабатывается на группе судов. Если суда однотипные, то этот этап продлится порядка четырёх месяцев. При этом если общее количество судов не будет превышать четырёх, то в офисе и не потребуются расширение судовой программы до многопользовательского варианта. На *третьем этапе* судовая программа из офиса передаётся на очередное судно, а в офис поставляется офисная программа с одновременной поставкой судовых программ на остальные суда. Такой подход не потребует одновременного отвлечения больших средств и позволит получить скидку на объём поставки;

поставщики традиционно предлагают разработку базы данных с перечислением запасных частей всех механизмов и устройств судна (перечень иногда превышает 10 тыс. единиц). Однако впоследствии такая объёмная информация не всегда оказывается востребованной в полном объёме. Поэтому расходы на создание базы данных можно сократить, если не вводить в неё на берегу запасные части (либо ввести их только по главному двигателю), предполагая при последующей инсталляции на судне только ввод запасных частей и материалов из инвентаризационной ведомости. Тогда в процессе эксплуатации программы на судовой экипаж будет возложена функция дополнения базы данных запасными частями, которые отсутствуют в ней, но предложены к закупке. Обычно для обученных специалистов эта работа не оказывается обременительной, так как выполняется постепенно в небольших объёмах, и база данных по запасным частям наращивается без дополнительных расходов;

на этапе внедрения программного продукта целесообразно максимально оградить судовые экипажи от использования модуля закупок, переложив всю эту работу на офисных специалистов, которые имеют

большой опыт по её выполнению. В этом случае можно уменьшить расходы на обучение экипажей судов и сделать процесс внедрения менее болезненным. То есть на первом этапе можно привлекать судовые экипажи только к определению потребностей в закупках (без составления заявок) и к регистрации поступлений закупок на суда. Впоследствии, когда у судовых специалистов появится опыт работы с программным продуктом, можно подкорректировать процедуры судоходной компании.

7. Ответственность за внедрение программных продуктов надо обязательно возлагать на технические подразделения судоходных компаний. Если ответственность возложить на специалистов по обслуживанию вычислительной техники, то не будет обеспечена интеграция программных продуктов с административной деятельностью компаний, компьютерные технологии неизбежно будут дублироваться "ручными" действиями и пользователи будут медленно осваивать программные продукты.

8. Разработку судоходными компаниями собственных программных продуктов для управления активами на судах можно признать оправданной только, если компания оперирует большим количеством судов. В противном случае расходы на разработку и отладку программного обеспечения могут превысить стоимость типового программного продукта, так как потребуются совместная работа программистов и технического подразделения судоходной компании, а также длительная доработка экранных форм и функций программы. При этом неизбежно возникнут проблемы:

если программный продукт поддерживает небольшое число программистов, он становится полностью "завязанным" на них и в случае их увольнения, программный продукт прекратит своё существование;

не все программисты способны обеспечить документальное сопровождение программного продукта и надлежащее обучение пользователей.

Если крупная судоходная компания примет решение разработать и поддерживать собственный программный продукт, то рекомендуется учесть, что даже операторская компания V-Ships, которая в настоящее время оперирует порядка 1100 судами, разрабатывала собственную программу **ShipSure** (см. раздел "Ship Management" на www.vships.com) не "с нуля". Ещё в 1996 г. эта компания одной из первых приобрела Windows-скую версию программы AMOS, внедрила её на своём флоте и только после этого разработала программу ShipSure, в которой заимствованы многие фрагменты программы

AMOS.

При учёте сформулированных рекомендаций дополнительно нужно учитывать, что в программных продуктах для управления активами на судах наметилось расширение использования системы управления базами данных MS SQL и внедрение On-line режима для работы с единой базой данных, которая размещается на сервере офиса.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Горб С.И., Ланчуковский А.В. Оптимальная организация технического обслуживания судов //Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 1997. – Вып. 2. – Одесса: ОГМА. – С. 47 – 52.
2. Горб С.И. Компьютеризация технического менеджмента в судоходных компаниях. //Состояние и перспективы развития морского транспорта: сб. докладов на межотраслевой научно-практической конференции, посвященной 55-летию Украинского Дунайского пароходства. – Измаил-Одесса: ОГМА, 1999. – С. 67 – 71.
3. Антоненко И. Технический менеджмент на море и на суше. //PC Week/RE. – 2005. – №12 (474). [Электронный ресурс] – <https://www.itweek.ru/idea/article/detail.php?ID=70033>.
4. Горб С.И. Тенденции развития технического обслуживания судов. //Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2007. – Вып. 12. – Одесса: ОНМА. – С. 26 – 35.
5. Горб С. Современный технический менеджмент судоходной компании. //Судоходство. – 2007. – №1-2. – С. 14 – 15; №3. – С. 11 – 13.
6. Горб С.И., Туркин А.С. Информационная система организации технического обслуживания судов: учебное пособие для вузов. – Одесса: ОГМА, 1996. – 52 с.
7. Gašpar Goran, Poljak Igor, Orović Josip. Computerized Planned Maintenance System Software Models //Scientific Journal of Maritime Research. – 2018. – Vol. 32. – P. 141 – 145.
8. Горб С.И., Каменева А.В. Упрощённая информационная система технического менеджмента судов //Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сб. – 2008. – Вып. 14. – Одесса: ОНМА. – С. 35 – 42.
9. Горб С.И., Каменева А.В. Информационная система для автоматизации технического менеджмента судов. //Автоматика-2008: доклады XV международной конференции по автоматическому управле-

нию, 23 – 26 сентября 2008 г. – Одесса: ОНМА. – С. 134 – 137.

10. Горб С.И., Каменева А.В. Новая версия упрощённой информационной системы технического менеджмента // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2010. – Вып. 16. – Одесса: ОНМА. – С. 19 – 25.

11. Горб С.И., Каменева А.В. Репликация данных в информационной системе технического менеджмента судоходной компании // Материалы научн.-техн. конференции "Судовые энергетические установки: эксплуатация и ремонт". 21.03.2012 – 23.03.2012. – Часть 2. – Одесса: ОНМА, 2012. – С. 126 – 129.

12. Горб С.И., Каменева А.В. Информационно-управляющая система для технического обслуживания судов // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2012. – Вып. 18. – Одесса: ОНМА. – С. 23 – 26.

13. Горб С.И. Каменева А.В. Справочная подсистема в информационной системе технического менеджмента судоходной компании // Матеріали науково-технічної конференції "Енергетика судна: експлуатація та ремонт". 26.03.2014 – 28.03.2014. – Частина II. – Одеса: ОНМА, 2014. – С. 140.

14. Горб С.И., Каменева А.В. Модель базы данных для модуля идентификации пользователей в системе технического менеджмента судов // Автоматизация судовых технических средств. – 2015. – Вып. 21. – С. 54 – 59.

15. Горб С.И., Каменева А.В., Запороженко Н.В. Модернизация структуры упрощённой системы технического менеджмента судов // Автоматизация судовых технических средств. – 2016. – Вып. 22. – С. 33 – 38.

Автоматизация электронного документооборота с судами

Каменева Алла Викторовна¹, Каменев Кирилл Игоревич²
НУ "Одесская морская академия", Одесса, Украина
avk@te.net.ua¹, chp.od.ua@gmail.com²

Digital document control automation in shipping

Alla Kamienieva¹, Kyrylo Kamieniev²
NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
avk@te.net.ua¹, chp.od.ua@gmail.com²

Анотація – Возможность создания шаблонов электронных писем с использованием макросов в случаях, когда письма включают стандартный текст, в том числе, содержащийся в адресной книге – удобное средство для осуществления массовой рассылки писем большому количеству адресатов, что существенно ускоряет рассылку. Предложены рекомендации для осуществления персонализированных массовых рассылок при автоматизации бизнес-процессов в судоходных компаниях.

Abstract – Using macros with address book data and templates allows to combine unchangeable text with variables creating letters varying from one addressee to another. The possibility provides a useful tool for mailing a large number of similar letters to any number of recipients and what is most important – doing it quickly. The article includes recommendations for personalized mass mailing implementation which can be used for automating business processes.

Особенность менеджмента в судоходной компании состоит в территориальной удаленности объектов управления (судов) от офиса компаний. Для того чтобы управление удаленными объектами было эффективным, должен быть организован оперативный обмен информацией между судами и офисом. Только в этом случае офис (и суда) смогут адекватно реагировать на происходящие ситуации и быстро выработать решения [1].

В соответствии с Национальным стандартом Украины [2] под документом понимают информацию, зафиксированную на материальном носителе, основной функцией которого является сохранение и передача информации во времени и в пространстве.

В соответствии с Законом Украины «Про електронні документи та електронний документообіг» від 22.05.2003, №851, электронный документ – это документ, информация в котором зафиксирована в виде электронных данных, включая обязательные реквизиты документа. Электронный документ должен позволять преобразовать его информацию в визуальную форму, в том числе на бумаге.

Электронные документы могут передаваться с помощью средств телекоммуникационных (информационных) систем либо путём пересылки электронных носителей информации.

Использование информационных систем стало неотъемлемой составляющей деятельности судоходных компаний [3]. Стоимость таких систем достаточно высока, и не все они позволяют автоматизировать отправку большого количества однотипных электронных писем. Специально для этих целей можно использовать массовые рассылки, осуществляемые различными способами, в том числе, с помощью почтовых программ. В качестве примера рассмотрим массовую рассылку средствами программы *The Bat!* [4]. Она предоставляет следующие возможности:

- создавать быстрые шаблоны с текстом документа;
- использовать макросы в шаблонах для персонализации писем с использованием информации из различных источников;
- импорта и экспорта адресной книги.

При массовой рассылке на суда электронных писем, например, обновлений документов SMS (*Safety management system*), сначала нужно подготовить информацию, которая будет включена в электронное письмо: названия судов, электронные адреса, фамилии и имена ответственных лиц, их должности и др.

Рассматриваемая почтовая программа позволяет записать в адресную книгу (базу данных) не только имя и электронный адрес контакта (рис. 1), но и другую информацию (рис. 2).

В данной почтовой программе предусмотрена возможность импорта данных из файла с расширением *.csv* в адресную книгу. Файлы *csv* (*Comma-separated values* или *character-separated values* - «разделенные запятыми/символами значения») представляют собой файлы, которые хранят табличные данные (цифры и текст) в формате простого текста. На рис. 3 приведен пример структуры такого файла.

Редактирование записи адресной книги - EVENING CALM

Основное Личное Место работы Новое письмо Ответ Пересылка Сертификаты Прочее

Имя: P.

Отчество:

Фамилия: ZORZOS

Псевдоним: Capt. P. ZORZOS

Отображать как: Определено пользователем

Показывать имя как: EVENING CALM

Пол: Не указан

Группа(ы): Ships

Фотография

Изменить...

E-mail адрес(а)
Eveningcalm@SkyFile.com

Адресная книга:
Personal address book

OK Отмена Справка

Рис. 1. Вкладка «Основное» адресной книги

Редактирование записи адресной книги - EVENING CALM

Основное Личное Место работы Новое письмо Ответ Пересылка Сертификаты Прочее

Информация о компании (организации)

Название компании / организации:
EVENING CALM

Должность:
Capt.

Отдел:

Офис:

Телефон:

Факс:

Pager

Рабочий адрес

Улица, дом:

Город:

Штат / Провинция / Область / Край:

ZIP / Почтовый индекс

Страна

WWW-страница: Открыть

Адресная книга:
Personal address book

OK Отмена Справка

Рис. 2. Вкладка «Место работы» адресной книги

ФИО,Имя,Фамилия,Е-mail,Псевдоним,Компания,Должность
EVENING CALM ,P.,ZORZOS,Eveningcalm@SkyFile.com,Capt. P. ZORZOS,EVENING CALM ,Capt.

Рис. 3. Фрагмент файла для импорта данных в почтовую программу

Однако для импорта в почтовую программу больших объемов данных их удобно готовить в формате электронных таблиц (.xls, .xlm), корректировать при помощи макросов (рис. 4) и затем сохранять в формате .csv.

```
For i = 1 To nrow
  For j = 1 To ncol
    If Asc(Left(Cells(i, j).Value, 1)) <= 32 Then
      Cells(i, j).Value = Right(Cells(i, j).Value, Len(Cells(i, j).Value) - 1)
    End If
  Next j
Next i
```

Рис. 4. Фрагмент макроса для удаления непечатаемых крайних левых символов в ячейках таблицы

Возможность создания шаблонов электронных писем – удобное средство для осуществления массовой рассылки писем большому количеству адресатов.

Шаблоны используются в почтовой программе для общего оформления писем, для добавления в текст различной информации служебного или системного характера. Они позволяют вставлять в электронные письма заранее подготовленный текст универсального типа. Чтобы каждый раз не набирать один и тот же текст заново, его можно составить единожды, сохранить в быстрый шаблон и в дальнейшем добавлять в письма. При этом создается видимость того, что письма отправлены каждому получателю персонально. Помимо текста, в быстрый шаблон можно сохранять вложения, например, заявки или другие файлы.

Таким образом, шаблоны позволяют существенно ускорить рассылку, особенно в тех случаях, когда письма включают стандартные или часто повторяющиеся фрагменты текста.

Быстрые шаблоны с текстом письма можно создавать через меню *Tools -> Quick Templates*. При создании шаблона в Редакторе быстрых шаблонов необходимо указать опцию *New messages / Mass mailing*. Для подстановки личной информации в электронное письмо (напри-

мер, персональное приветствие каждому адресату), в шаблон можно добавить макросы. Использование макросов делает шаблоны более гибкими и универсальными.

Макросы группы *AbnnnPPP* позволяют добавить в текст письма любую информацию из адресной книги. Часть *nnn* определяет адрес (отправитель или получатель, т.е. поля «От» (*From*) или «Кому» (*To*)), а часть *PPP* указывает на то, какого рода информация необходима.

Приведем некоторые часто используемые значения для части *PPP*. Для получения из адресной книги значений, находящихся на закладке «Основное»:

<i>Name</i>	ФИО
<i>FirstName</i>	Имя
<i>LastName</i>	Фамилия
<i>Email</i>	Основной адрес <i>e-mail</i>

Информация на закладке «Личное»

<i>Addr</i>	Дом, улица
<i>City</i>	Город

Информация на закладке «Место работы»

<i>Company</i>	Название компании / организации
<i>Job</i>	Должность

На рис. 5 приведен пример быстрого шаблона электронного письма с использованием макросов.

Subject: DPA; ISM REVISIONS; BI-MONTHLY "ENCLOSED SPACE ENTRY AND RESCUE" DRILL

From: %FROMADDR

To: %AbtoCompany E-MAIL %AbtoEmail
%AbtoJob %AbtoFirstName %AbtoLastName

Reply-To: %FROMADDR

Date: %DATEEN %TIMELONGEN

...

%SUBJECT="DPA; ISM REVISIONS; BI-MONTHLY ENCLOSED SPACE ENTRY AND RESCUE DRILL"

%ATTACH="C:\CGCY.APP A.CONTINGENCY CONTACT LIST.Rev20.doc"

Рис. 5. Шаблон электронного письма

В шаблоне на рис. 5, помимо указанных, использовались макросы *FROMADDR*, *DATEEN*, *TIMELONGEN*, *SUBJECT* и *ATTACH* для вставки электронного адреса отправителя, даты, времени, назначения темы письма и указания присоединенного к электронному письму файла (рис. 6) соответственно.

NORDMARINE SHIP MANAGEMENT COMPANY LIMITED			
CONTINGENCY MANUAL (SECTION B - SHORE)			
Appendix A: Contingency Contact List			
Issue Date: February 2001	Revision Status: 20	Revision Date: Jan 2018	
APPENDIX A			
Contingency Contact List			
EMERGENCY RESPONSE TEAM			
TITLE	NAME	АОН TEL. No.	МОБ. TEL. No.
DPA / CSO / OPERATIONS MANAGER	Capt. P. BARMOLYRIS	+30-210-8897205	+30-6977-716391
TECHNICAL MANAGER	Mr. N. MATNIOTIS	+30-210-1618755	+30-6977-718392

Рис. 6. Фрагмент присоединенного файла

Для дальнейшего использования быстрых шаблонов, прежде всего, необходимо всех адресатов поместить в одну и ту же группу адресной книги. В адресной книге требуется выделить требуемую группу (рис. 7).

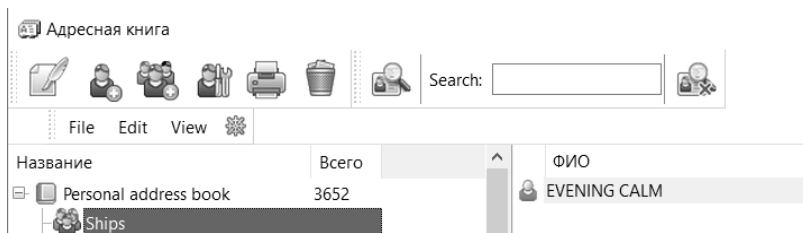


Рис. 7. Выбор группы в адресной книге

Затем выбирается раздел меню *File -> New -> Mass mailing using template ->* шаблон (рис. 8).

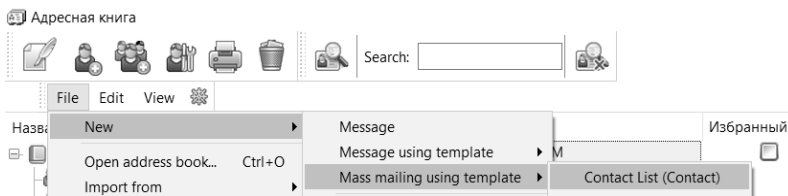


Рис. 8. Создание электронного письма с помощью быстрого шаблона

В появившемся диалоговом окне «Массовая рассылка» → «Отложить отправку» → «ОК» (рис. 9).

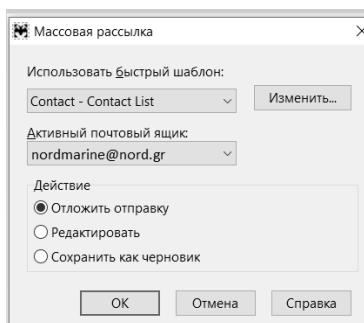


Рис. 9. Диалоговое окно «Массовая рассылка»

Электронное письмо, созданное с использованием быстрого шаблона (см. рис. 5), имеет вид, указанный на рис. 10.

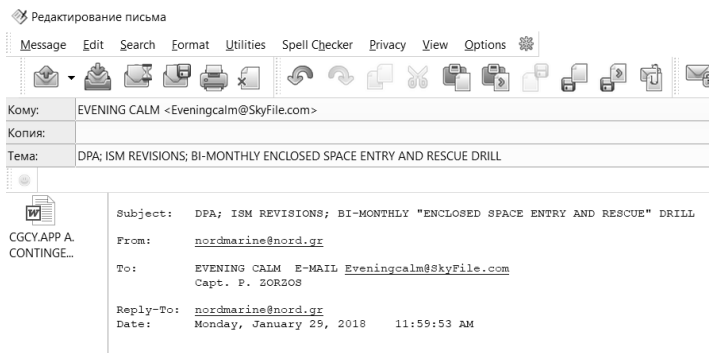


Рис. 10. Фрагмент электронного письма, созданного с использованием шаблона

Итак, с помощью быстрого шаблона электронных писем для обновлений документов *SMS (Safety management system)* на суда судоходной компании была вставлена информация, хранящаяся в базе данных: *e-mail* адреса отправителя и получателя (*FromAddr* и *Email*), название судна (*Company*), должность адресанта (*Job*), имя и фамилия ответственного лица (*FirstName* и *LastName*), а также указаны дата (*DateEn*), время (*TimeLongEn*), назначена тема письма (*Subject*) и присоединен указанный файл (*Attach*).

Таким образом, выработаны рекомендации для осуществления персонализированных массовых рассылок при автоматизации бизнес-процессов в судоходных компаниях.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Горб С.И., Каменева А.В. Репликация данных в информационной системе технического менеджмента судоходной компании // Материалы научно-технической конференции «Судовые энергетические установки: эксплуатация и ремонт», 21.03.2012 – 23.03.2012. – Часть 2. – Одесса: ОНМА, 2012. – С. 126 – 129.

2. ДСТУ 2732:2004. Діловодство й архівна справа. Терміни та визначення понять.

3. Горб С.И., Каменева А.В. Новая версия упрощенной информационной системы технического менеджмента // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2010. – Вып. 16. – Одесса: ОНМА. – С. 19 – 25.

4. Справочник *The Bat!* [Электронный ресурс]. – <https://www.ritlabs.com/ru/support/help/35/>

Выбор параметров амплитудно-модулированных составных многофазных сигналов для радаров

Кошевой В.М., Пашенко Е.Л.
НУ "Одесская морская академия", Одесса, Украина

Choice of amplitude modulation phase compound signals parameters for radars

Koshevyy Vitaliy, Pashenko Olena
NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine

Аннотация – Рассмотрен закон формирования и принцип построения составных многофазных сигналов с дополнительной амплитудной модуляцией (АМ) в периодическом и аperiodическом режимах работы радиолокационных станций (РЛС). Показано, что введение дополнительной АМ позволяет существенно снизить уровень боковых лепестков (БЛ) функции неопределенности как в аperiodическом режиме работы РЛС, так и в случае ее периодического режима.

Abstract – The law of formation and the principle of constructing of compound multiphase signals with an additional amplitude modulation (AM) in the periodic and aperiodic operating modes of radiolocation stations were considered. So, an additional AM allows reducing significantly the side lobes (SL) level of the ambiguity function in the aperiodic and periodic modes of the radar operation.

Многофазные сигналы являются частным случаем сжимаемых сигналов, которые позволяют уменьшить импульсную мощность излучения. Кроме того, составные многофазные сигналы позволяют реализовать не только хорошие разрешающие способности по дальности, но обеспечивают хорошее разделение сигналов по скорости. Это позволяет получить такие свойства функции неопределенности (ФН),

которые дают дополнительные возможности для разделения полезных и мешающих целей и, в частности, выделять сигналы, отраженные от малоразмерных судов на фоне отражений от крупных судов. Составные многофазные сигналы позволяют в широких пределах изменять свойства ФН за счет изменения небольшого числа параметров, которые определяют функциональные связи между внутренней и внешней модуляцией сигналов и формой многопиковой структуры ФН [1, 2]. Однако при согласованной обработке уровень боковых лепестков (БЛ) в свободной области (СО) недостаточно мал. Есть два пути понижения БЛ ФН в СО:

1) использование рассогласованной обработки, которая позволяет уменьшить уровень БЛ взаимной функции неопределенности (ВФН) в СО. Однако это понижение связано с потерями в отношении сигнал/шум и расширением центрального пика (ЦП) ФН [1, 2, 3];

2) введением весовой обработки в сигнал и фильтр в рамках согласованной обработки [4, 5].

Как показано в [4, 5] использование амплитудной модуляции (АМ) при согласованной обработке позволяет более эффективно подавлять БЛ ФН. Дополнительным преимуществом рассматриваемых составных многофазных сигналов является то, что они могут быть применены как в импульсных радиолокационных станциях (РЛС), использующих сигналы с внутриимпульсной модуляцией и работающих в аперiodическом режиме, так и в непрерывных РЛС, для периодического режим работы. В [3 - 5] рассмотрен случай аперiodического режима работы. Периодический режим работы рассмотрен в работе [6] для сигналов без АМ. В данной статье рассматриваются составные многофазные сигналы с дополнительной АМ с учетом указанных выше их привлекательных свойств с точки зрения возникающих дополнительных возможностей для подавления БЛ в СО ФН. Для выбора параметров АМ в зависимости от параметров фазовой модуляции, обеспечивающих эффективное подавление БЛ ФН в заданной области плоскости неопределенности, с учетом возможных ограничений на величину пик-фактора, возникает необходимость выявления влияния указанных параметров на поведение соответствующих ФН и ВФН. В соответствии с этим выбор параметров сигналов осуществлялся путем анализа их ФН и ВФН, применительно к РЛС, работающих в аперiodическом и периодическом режимах. Уровень БЛ ФН (ВФН) полностью определяет характеристики помехозащищенности РЛС в условиях помех типа мешающие отражения [1].

Из рассматриваемых составных многофазных сигналов легко можно получить сигналы с частотной модуляцией, которые нашли

широкое применение в береговых РЛС, а также в РЛС малых судов в диапазоне миллиметровых волн. Например, для морских радаров, использующих сигналы с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ) коэффициенты сжатия должны быть выше 10^5 , для получения условий, при которых можно пренебречь неопределенностью в разрешении по дальности и скорости (с учетом максимальной скорости судов). Но такое значение степени сжатия является довольно сложной задачей для практической реализации радиолокаторов X-диапазоне (основного диапазона для морских радаров). Необходимость использования такого большого коэффициента сжатия может быть устранена посредством использования составных линейно-частотно-модулированных сигналов, которые имеют форму ФН, отличную от формы ФН одиночного ЛЧМ импульса, без неопределенности в разрешении по дальности и скорости. Форма модуляции этих сигналов может быть получена на основе составных многофазных сигналов [6]. В свою очередь сложные многофазные сигналы можно получить из ЛЧМ сигналов [7 - 10].

Составной многофазный сигнал (s_n) состоит из произведения двух последовательностей (базового (s_n^B) и внешнего (s_n^V) сигнала), имеющих квадратичные законы изменения фаз [1, 2, 4]:

$$s_n^B = \exp \left\{ j \frac{\pi}{4} \alpha' \left[2 \left(n - N_B E \left[\frac{n}{N_B} \right] + 1 \right) - (N_B + \mu_0^B) \right]^2 \right\};$$

$$s_n^V = \exp \left\{ j \frac{\pi}{4} \beta' \left[2 \left(E \left[\frac{n}{N_{B_1}} \right] - N_V E \left[\frac{E \left[\frac{n}{N_{B_1}} \right]}{N_V} \right] + 1 \right) - (N_V + \mu_0^V) \right]^2 \right\}, \quad n = \overline{0, N-1};$$

$$s_n = s_n^V \cdot s_n^B, \quad (1)$$

где $\alpha' = \alpha T_0^2$; $\beta' = \beta (T_0 N_B)^2$; α' , β' , N_{B_1} , μ_0^B , μ_0^V - параметры фазовой модуляции; T_0 - длительность одного импульса; N_B - количество импульсов в базовой последовательности; N_V - количество импульсов внешней последовательности; N - количество импульсов в сигнале; $E[x]$ - целая часть X .

При проведении вычислений рассмотрены три типа сложных составных многофазных сигналов с параметрами:

1. $\alpha' = -1/N_B$, $\beta' = 1/N_B^2$. Сигнал с такими параметрами имеет максимальное отношение СО вокруг ЦП к области топографического сечения ЦП (на заданном минимальном уровне) [2]. Длина последовательности равна 324 ($N_B = 18$, $N_V = 18$), $\mu_0^B = \mu_0^V = 0$, $N_B = N_{B_1}$;

2. $\alpha' = -1/N_B$, $\beta' = 1/N_B$ и тех же остальных параметрах. Относительная величина СО для этих параметров уменьшается по сравнению со случаем 1. Автокорреляционная функция (АКФ) имеет низкий уровень БЛ по всей своей протяженности. Уровень БЛ в СО уменьшается вокруг ЦП ФН [3];

3. $\alpha' = 1/N_B$, $\beta' = 2/N_V$. Длина последовательности 306 ($N_B = 18$, $N_V = 17$), $\mu_{0B} = 0$, $\mu_{0V} = 1$, $N_B = N_{B1}$.

Сигналы с дополнительной АМ, описываются следующими выражениями:

$$s_n^{am} = s_n \cdot v_n; \quad (2)$$

$$v_n = v_{n-E[n/N_B]}^B \cdot v_{E[n/N_V]+1}^V, \quad n = \overline{0 \div N-1},$$

где s_n^{am} - составной многофазный сигнал с дополнительной АМ; s_n - комплексная огибающая сигнала; v_n - весовые коэффициенты для всего сигнала s_n ; v_n^B , v_n^V - весовые коэффициенты для базовой и внешней последовательностей соответственно.

Выражение для расчета ФН составных многофазных сигналов рассмотрено в [2 - 4].

Параметр пик-фактор, учитывающий глубину АМ [4], использовался для сравнения результатов исследования. Рассчитывается этот параметр как отношение:

$$\xi = \frac{|s_{n-max}^{am}|^2 N}{\sum_{n=0}^{N-1} |s_n^{am}|^2}. \quad (3)$$

Рассматривались два закона изменения весовых функций (\sin и \sin^2), позволяющих охватить необходимый диапазон изменения форм весовых функций и соответствующих значений глубины АМ, которые нельзя обеспечить только при одном законе изменения весовых функций. Эти функции позволяют управлять поведением ФН, а именно управлять уровнем БЛ ФН, а также контролировать величину пик-фактора сигнала. Указанные весовые функции имеют следующий вид:

$$v_n^B = \sin \left[\pi \left(\frac{y_B}{N_B + 1} + \frac{n}{N_B + z_B} \right) \right]; \quad (4)$$

$$v_n^V = \sin \left[\pi \left(\frac{y_V}{N_V + 1} + \frac{n}{N_V + z_V} \right) \right];$$

$$v_n^B = \left(\sin \left[\pi \left(\frac{y_B}{N_B + 1} + \frac{n}{N_B + z_B} \right) \right] \right)^2; \quad (5)$$

$$v_n^V = \left(\sin \left[\pi \left(\frac{y_V}{N_V + 1} + \frac{n}{N_V + z_V} \right) \right] \right)^2;$$

$$n = 0 \div N_B - 1, \quad n = 0 \div N_V - 1,$$

где y_B, y_V, z_B, z_V - параметры для базовой и внешней последовательностей, соответственно,

$$1 \leq y_B < \frac{N_B + 1}{2}, \quad 1 \leq y_V < \frac{N_V + 1}{2},$$

$$z_B = \frac{2y_B N_B - (N_B + 1)}{N_B + 1 - 2y_B}, \quad z_V = \frac{2y_V N_V - (N_V + 1)}{N_V + 1 - 2y_V}.$$

Структура ФН составных многофазных сигналов с дополнительной АМ сравнивается со структурой ВФН (при рассогласованной обработке) составных многофазных сигналов, при отсутствии АМ. Рассогласованная обработка рассматривалась с применением весовых функций фильтра $\sin(4)$ и $\sin^2(5)$.

Проведенные расчеты для случаев 1 и 2, указанных выше, показали, что уровень БЛ значительно уменьшается после использования составных многофазных сигналов с дополнительной АМ, что особенно проявляется в периодическом режиме работы РЛС. При этом площадь топографического сечения ЦП значительно не увеличилась. С увеличением y_B и y_V , значение пик-фактора уменьшается. Изменяя параметры y_B и y_V , можно управлять пик-фактором сигнала. В табл. 1 приведены значения величины пик-фактора.

Таблица 1

Зависимость пик-фактора (3) от параметров $y_B = y_V$ для составного многофазного сигнала с дополнительной АМ, $N=324$ ($N_B=18, N_V=18$) $\alpha'=-1/N_B, \beta'=1/N_B, \mu_{0V}=\mu_{0B}=0, N_{B1}=N_B$, (согласованная обработка) с весовыми коэффициентами

$\sin(4)$ и $\sin^2(5)$

$y_B=y_V$	Весовые коэффициенты \sin	Весовые коэффициенты \sin^2
1	3,59	6,38
2	2,83	4,97
3	2,24	3,77
5	1,50	2,09
6	1,28	1,60
7	1,13	1,28
8	1,05	1,09
9	1,01	1,01

Расчеты проводились для двух типов сигналов, из указанных выше:

$$\alpha' = -1/N_B, \beta' = 1/N_B^2, N=324 (N_B=18, N_I=18),$$

$$\alpha' = -1/N_B, \beta' = 1/N_B, N=324 (N_B=18, N_I=18).$$

Составной многофазный сигнал с дополнительной АМ со следующими параметрами: $N=324 (N_B=18, N_I=18)$, $\alpha' = -1/N_B$, $\beta' = 1/N_B$, $\mu_{0I} = \mu_{0B} = 0$, $N_{B1} = N_B$, (согласованная обработка) с весовой функцией $\sin (y_I = y_B = 1)$ показал хорошие результаты в отношении уровня ЦП к уровню БЛ в аperiodическом режиме. Сигнал с $\beta' = 1/N_B^2$ показал почти такой же результат, однако при несколько большей относительной величине СО. Сигналы с параметрами $y_I = y_B \geq 3$ имеют более высокий средний уровень БЛ в СО.

Достаточно низкий уровень БЛ был получен для сигналов с пик-фактором 3,59 и 2,83 для весовой функции \sin с параметрами $y_I = y_B = 1,2$. Пик-фактор для весовой функции \sin^2 составил 6,38 и 4,97 (приблизительно при том же или даже более высоком относительном уровне БЛ).

Следует отметить, что составные сигналы при согласованной обработке без дополнительной АМ имеют достаточно высокий уровень БЛ в СО. Это является недостатком обработки этого типа. Сравнение аperiodического и периодического режимов работы РЛС при использовании составных многофазных сигналов с АМ, последний показывает хорошие результаты не только в СО в окрестности ЦП, но и обеспечивает более низкий уровень БЛ по всей протяженности корреляционной функции (КФ), даже при наличии смещений по Доплеровской частоте.

ФН составных сигналов представляет собой произведение ФН базовой и внешней последовательностей [1, 2]. Для рассматриваемых квадратичных законов изменения базовой и внешней последовательностей их ФН имеют гребнеобразную структуру в виде параллельно расположенных гребней [2, 8]. Когда эти ФН перемножаются, то результирующая ФН составного многофазного сигнала имеет многопиковую структуру. Выражение для расчета дискретной периодической ВФН имеет вид:

$$\chi_{SW}(k, l) = \sum_{n=0}^{N-1} w_n^* s_{(n+k)} e^{i \frac{2\pi l n}{4N}},$$

где w_n – весовые коэффициенты фильтра, $w_n = v_n s_n$; k – дискретное значение задержки по времени; l – дискретное значение частоты с величинами шага соответственно T_0 и $\Delta f = 1/4NT_0$.

Результирующая ВФН делится на три области, формируемые за счет перемножения:

гребень на гребень. Эта область определяет многопиковую структуру ВФН;

гребень на область отсутствия гребня, определяет границы СО; областей с отсутствием гребней, определяет уровень БЛ в СО.

Особенности расчета аperiodической и периодической ВФН рассмотрены в [1, 2].

На рис. 1 - 6 были рассмотрены сигналы с количеством импульсов базовой и внешней последовательности ($N_B=18$, $N_V=17$), при параметрах фазовой модуляции сигнала: $\alpha'=1/N_B$; $\beta'=2/N_V$; $\mu_{0V}=1$; $\mu_{0B}=0$; $N_{B1}=N_B$, - позволяют существенно изменить расположение пиков ФН на плоскости неопределенности и, в частности, обеспечить возможность для более эффективного подавления БЛ по всей протяженности КФ (сечения ФН плоскостью $l=0$). Результаты расчетов для аperiodического режима работы представлены на рис.1 для случая отсутствия АМ. Рассчитывалась ВФН с весовой функцией фильтра \sin ($y_V=y_B=1$) [6]. В верхней левой части рисунка отображено тело ВФН в СО в окрестности ЦП. Ниже располагаются сечения ВФН вдоль оси задержек для различных значений дискретных Допплеровских частот ($l=0$; $l=1$; $l=2$; $l=3$; $l=4$) в СО в окрестности ЦП ВФН.

В верхней правой части рисунка приведен закон фазовой модуляции составного многофазного сигнала. Ниже приведена взаимокорреляционная функция (сечение ВФН плоскостью $l=0$) на всей ее протяженности. Еще ниже приведены сечения ВФН плоскостями параллельными оси Допплеровских частот ($k=0$; $k=1$; $k=2$; $k=3$).

На рис. 2 также рассмотрен аperiodический случай для тех же параметров сигнала только при согласованной обработке и наличии АМ с весовой функцией АМ \sin ($y_V=y_B=1$).

На рис. 3 и рис. 4 представлены результаты расчета для того же варианта только при периодическом режиме.

Результаты расчета пик-фактора, при различном количестве импульсов в базовой и внешней последовательностях, представлены в табл. 2.

По сравнению с табл. 1, наблюдается некоторое снижение величины пик-фактора. Уровень БЛ в СО не изменился значительно, если рассматривается сигнал состоящий из $N=306$ или $N=324$. Необходимо отметить, что периодический составной многофазный сигнал с дополнительной АМ при $N=306$ имеет более низкий уровень БЛ сечения тела ФН плоскостью $l=0$ на всей протяженности сечения.

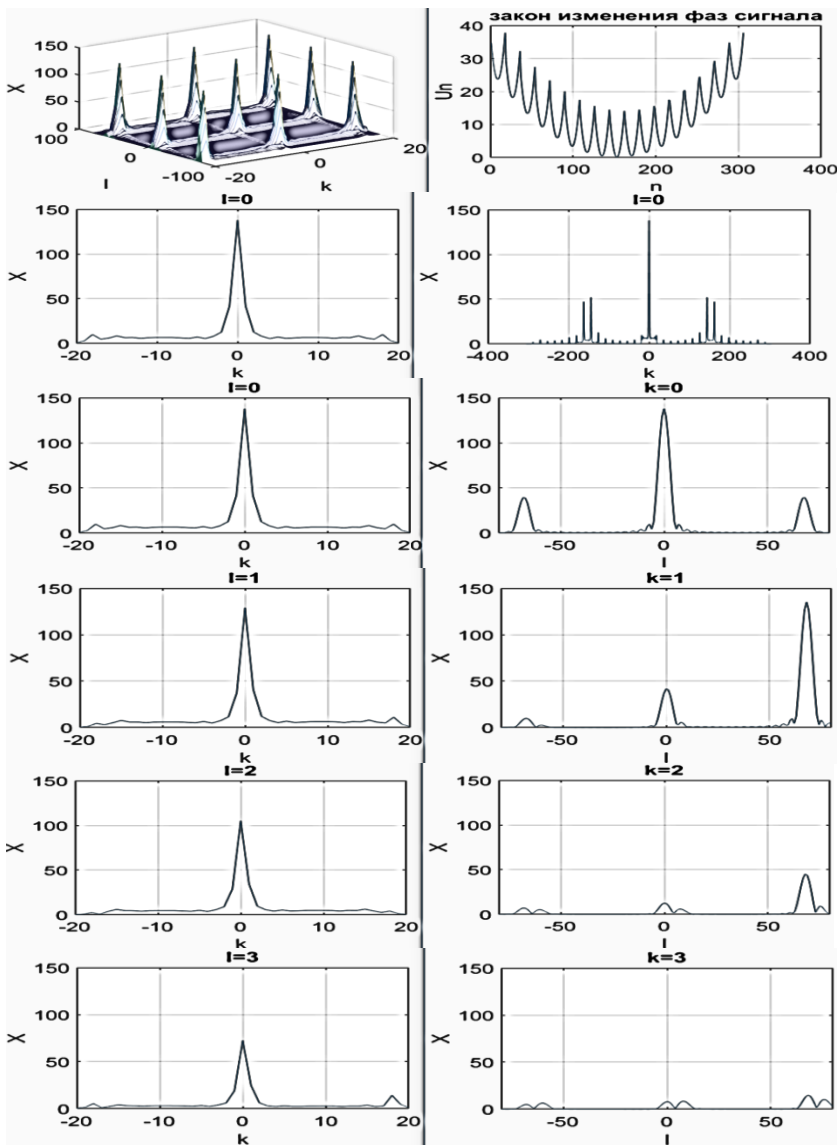


Рис. 1. Тело ВФН аperiодического составного многофазного сигнала без дополнительной АМ с весовой функцией фильтра $\sin(y_B = y_V = 1)$ для (4), закон изменения фаз сигнала и сечения тела ВФН

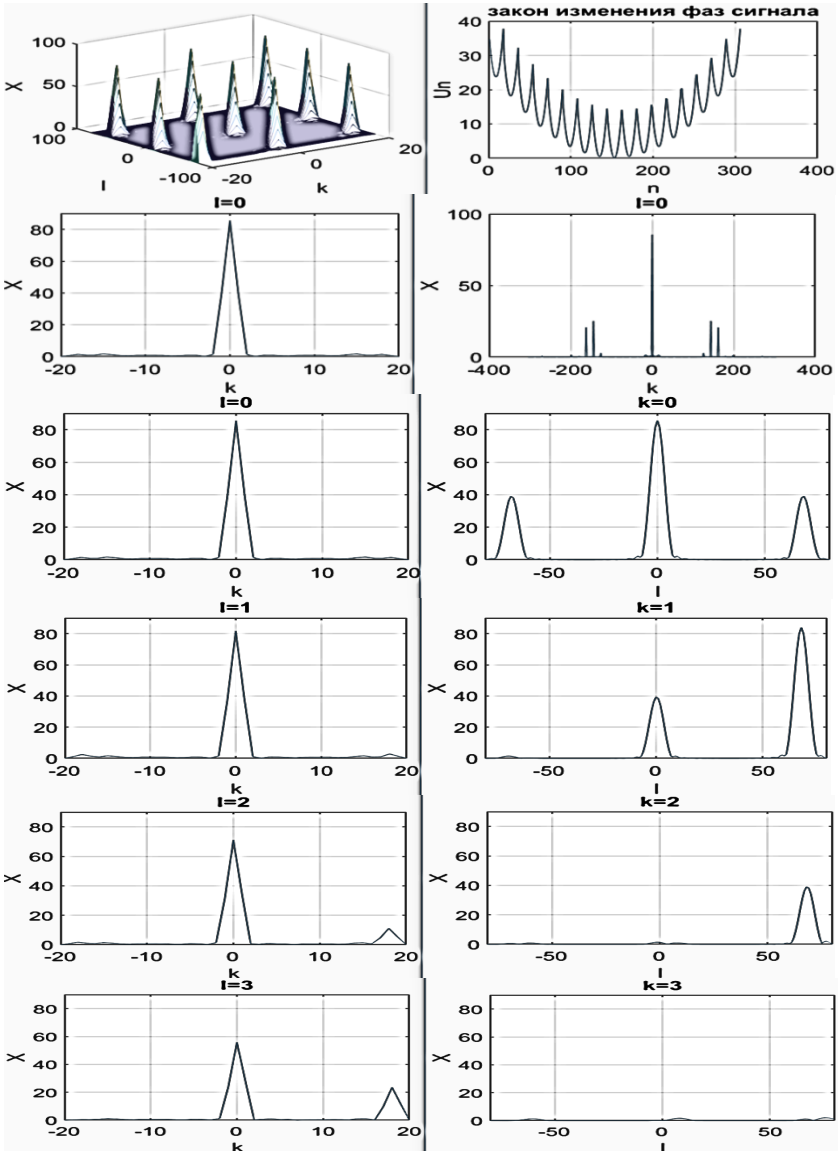


Рис. 2. Тело ФН аperiodического составного многофазного сигнала и дополнительные АМ с весовыми коэффициентами $\sin(y_B = y_V = 1)$ для (4), закон изменения фаз сигнала и сечения тела ФН

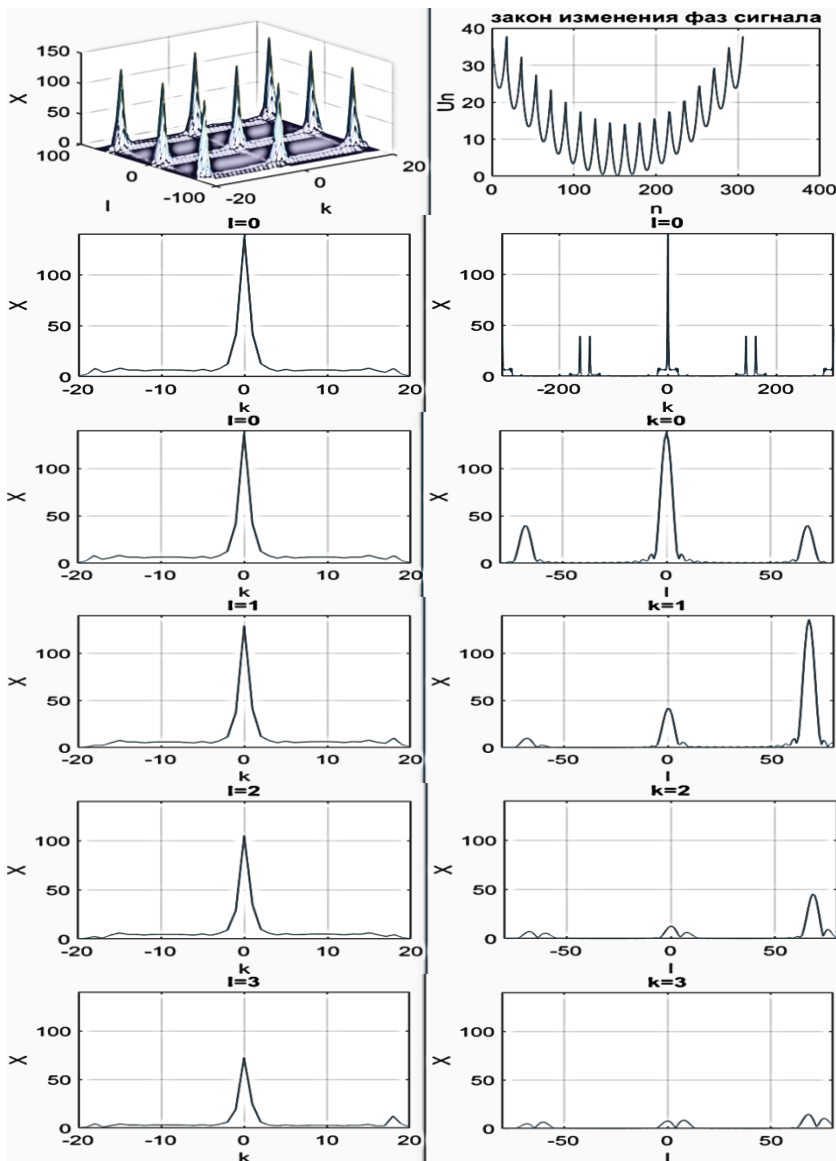


Рис. 3. Тело ВФН периодического составного многофазного сигнала без дополнительной АМ с весовой функцией фильтра $\sin(\nu_B = \nu_V = 1)$ для (4), закон изменения фаз сигнала и сечения тела ВФН

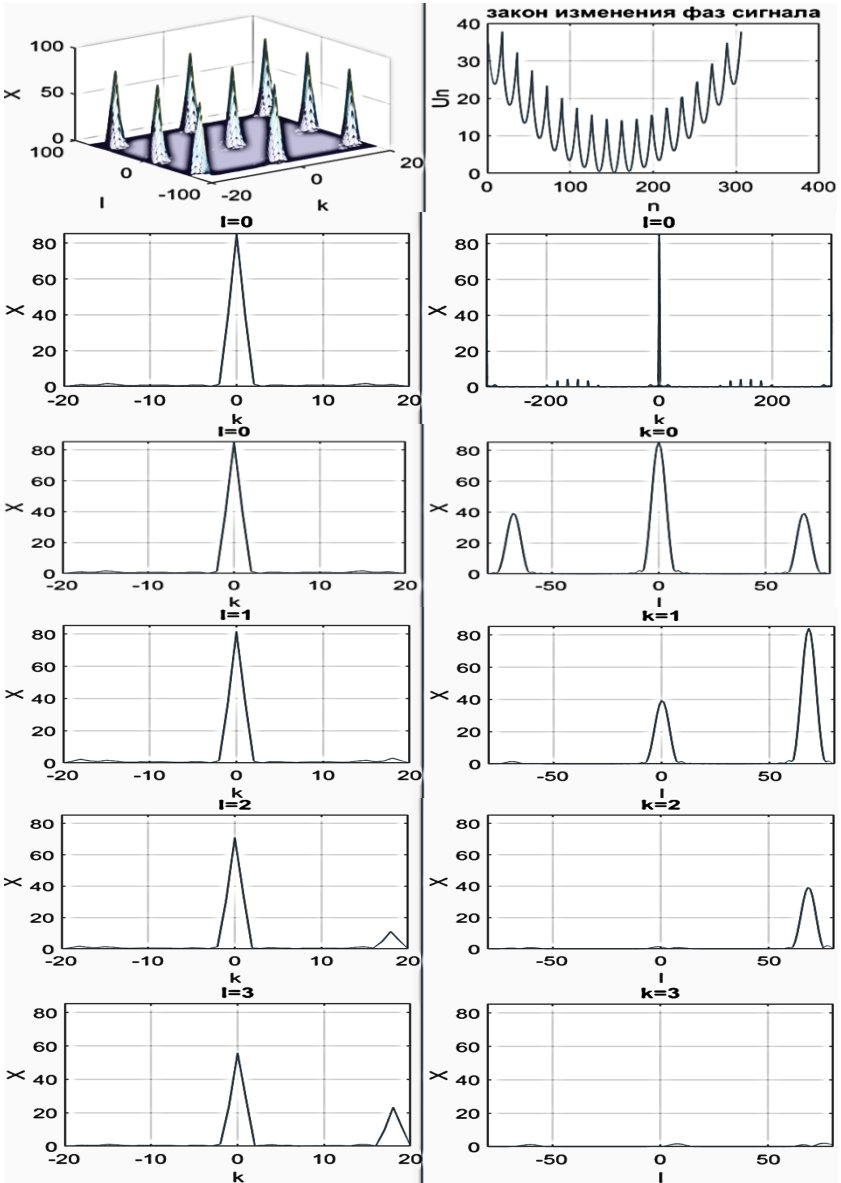


Рис. 4. Тело ФН периодического составного многофазного сигнала и дополнительной АМ с весовыми коэффициентами $\sin (\gamma_B = \gamma_V = 1)$ для (4), закон изменения фаз сигнала, сечения тела ФН

Таблица 2

Зависимость пик-фактора от параметров $y_B = y_V$ для составного многофазного сигнала с дополнительной АМ, $N=306$ ($N_B=18$, $N_V=17$) $\alpha'=1/N_B$, $\beta'=2/N_V$, $\mu_{0V}=1$, $\mu_{0B}=0$, $N_{B1}=N_B$ (согласованная обработка) с весовыми коэффициентами \sin (4) и \sin^2 (5)

$y_B=y_V$	Весовые коэффициенты \sin	Весовые коэффициенты \sin^2
1	3,58	6,36
2	2,80	4,92
3	2,21	3,69
5	1,46	2,01
6	1,25	1,53
7	1,11	1,24
8	1,03	1,07
9	1,00	1,01

На рис. 5 и 6 рассмотрено два вида сигналов аperiodический и периодический соответственно для случая согласованной обработки в отсутствие АМ. Показано тело ФН, фазы сигнала и сечения тела ФН. Набор импульсов в сигнале 306 ($N_B=18$, $N_V=17$), при $\alpha'=1/N_B$, $\beta'=2/N_V$, $\mu_{0V}=1$, $\mu_{0B}=0$, $N_{B1}=N_B$.

Таким образом, проведен анализ тела ФН аperiodического и периодического сигналов. Уровень БЛ ФН вокруг ЦП примерно одинаков в обоих случаях. Но периодический составной многофазный сигнал показал более низкий уровень БЛ по всей протяженности его КФ ($l=0$).

Проведенные исследования ФН и ВФН составных многофазных сигналов с квадратичной фазовой модуляцией базовых и внешних последовательностей позволило определить параметры модуляции составных многофазных сигналов с АМ для обеспечения низкого уровня БЛ ФН в СО и по всей протяженности КФ. Показано, что введение дополнительной АМ позволяет существенно снизить уровень БЛ ФН как в аperiodическом режиме работы РЛС, так и в случае ее периодического режима. Получены соответствующие значения параметров, при которых достигается этот пониженный уровень БЛ. Это позволяет эффективно использовать такие сигналы в судовых РЛС и РЛС берегового базирования для выделения отраженных сигналов от малоразмерных судов на фоне крупных судов, обладающих большой эффективной отражающей поверхностью. Полученные результаты могут быть использованы не только для составных многофазных сигналов, но также для выбора эквивалентных составных ЛЧМ сигналов.

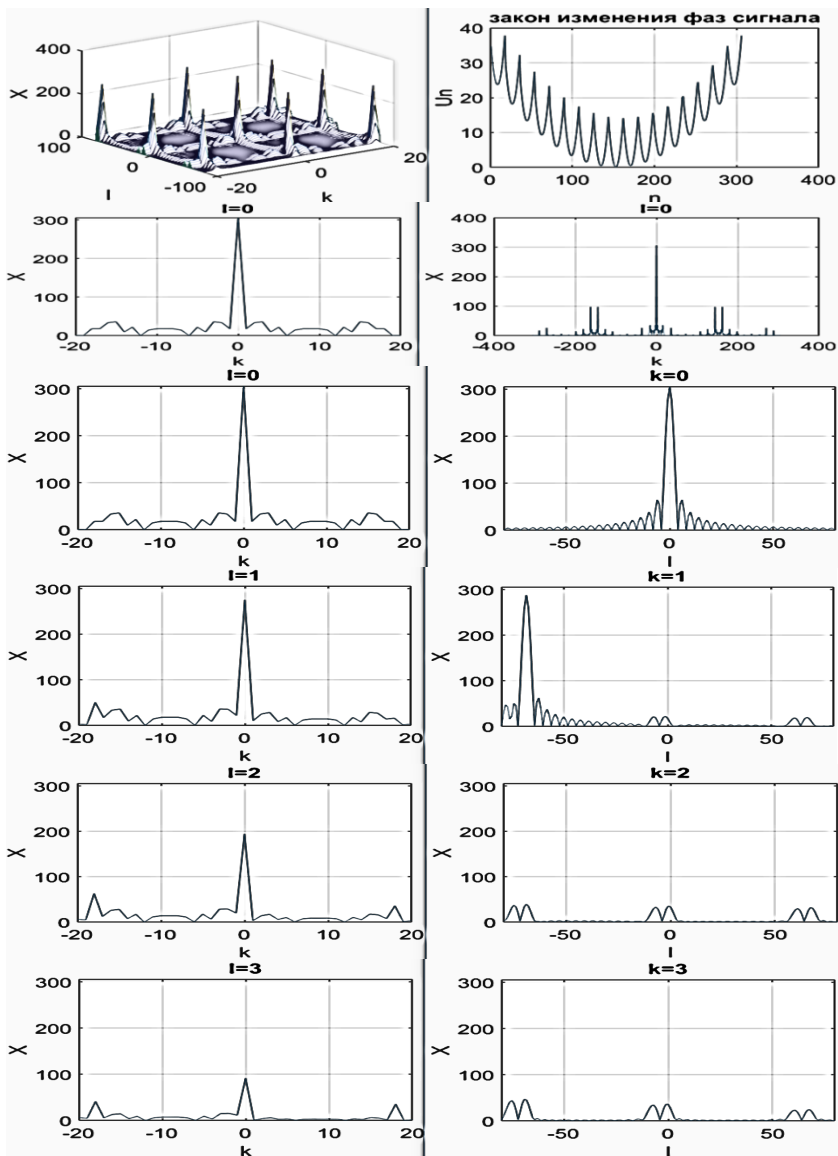


Рис. 5. Тело ФН аperiodического составного многофазного сигнала при согласованной обработке и отсутствии АМ, закон изменения фаз сигнала и сечения тела ФН

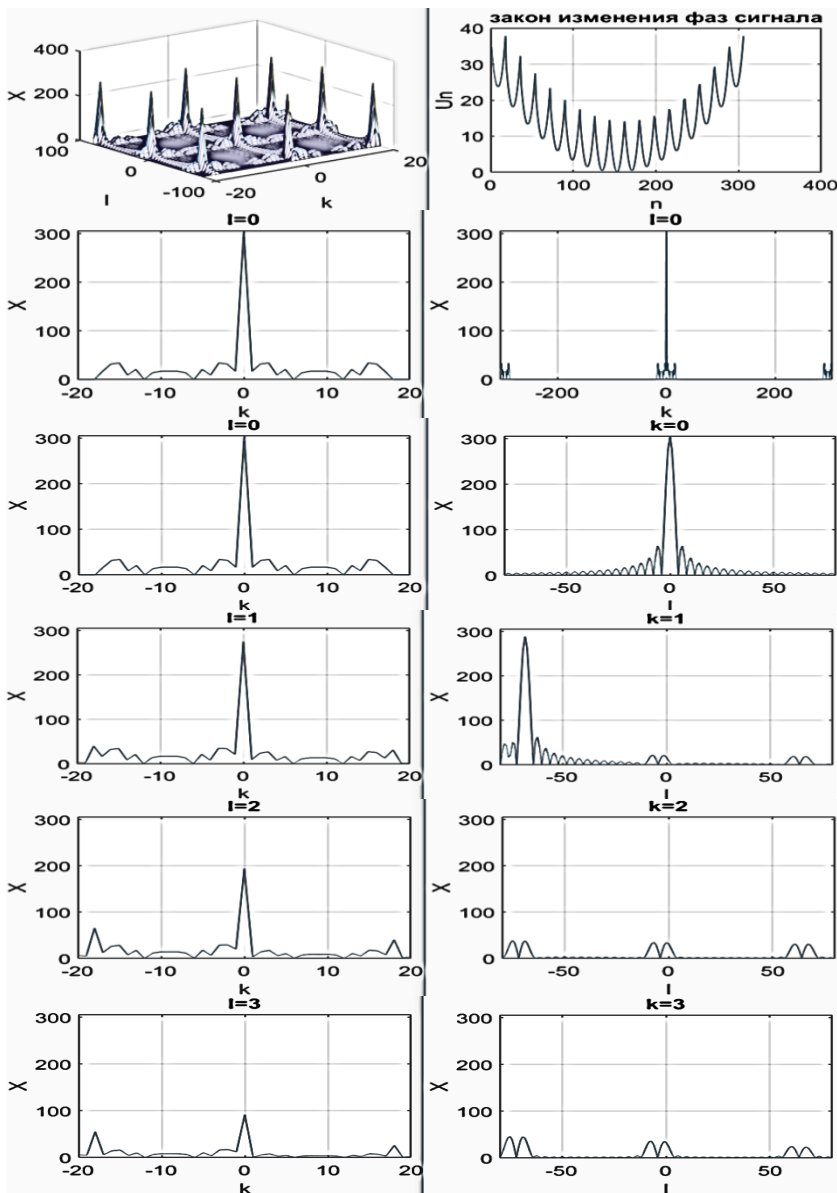


Рис. 6. Тело ФН периодического составного многофазного сигнала при согласованной обработке и отсутствии АМ, закон изменения фаз сигнала и сечения тела ФН

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Koshevyy V.M. Synthesis of Waveform-Filter pairs under Additional Constraints with Group-Complementary Properties // IEEE, Radar Conference 2015. - May 2015. - Arlington, VA (USA). – P. 0616 – 0621.
2. Кошевой В.М. Синтез составных многофазных сигналов // Изв. высш. учебн. заведений. Радиоэлектроника. – 1988. – Том 31. – № 8. – С. 56 – 58.
3. Кошевой В.М., Купровский В.И. Исследование свойств составных многофазных сигналов // Изв. высш. учебн. заведений. Радиоэлектроника. – 1991. – №8. – С. 63 – 66.
4. Кошевой В.М., Пашенко Е.Л. Анализ аperiodических многофазных сигналов с дополнительной амплитудной модуляцией // Судовождение: Сб. научн. трудов. / НУ «ОМА». – 2017. – Вып. 27. – Одесса: «ИздатИнформ». – С. 101 - 111.
5. Koshevyy V., Pashenko O. Improved Compound Multiphase Waveforms with Additional Amplitude Modulation for Marine Radars // Marin Navigation and Safety of Sea Transportation. Activities in Navigation. (edited) Adam Weintrit. CRC Press. – 2017. – P. 173 – 175.
6. Koshevyy V., Pashenko O. Signal Processing Optimization in the FMCW Navigational Radars // Marin Navigation and Safety of Sea Transportation. Activities in Navigation. (edited) Adam Weintrit. CRC Press. – 2015. – P. 55 – 60.
7. Lewis B.L., Kretschmer F.F. Linear frequency modulation derived polyphase pulse compression codes // IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems. – Sept. 1982. – Vol. AES – 18, N5. – P. 637 – 641.
8. Кошевой В.М., Кононов А.А. Синтез оптимальных одноканальных дискретных сигналов и фильтров // Радиоэлектроника. – 1984. – № 8. – С. 62 – 65.
9. Cook Ch.E., Bernfeld M. Radar Signals. An Introduction to Theory and Application. Artech House, Inc., Boston. – 1993.– 567 p.
10. Levanon N., Mozeson E. Radar signals. J.Wiley, NJ. – 2004. – 411 p.

Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей

Куropyatnyk Алексей Андреевич¹, Сагин Сергей Викторович²
НУ "Одесская морская академия", Одесса, Украина
kuropyatnyk83@gmail.com¹, saginsergii@gmail.com²

Controlling the exhaust gases of marine diesel engines to ensure environmental performance

Kuropyatnyk Oleksiy¹, Sagin Sergii²
NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
kuropyatnyk83@gmail.com¹, saginsergii@gmail.com²

Аннотация – Проанализирована технология управления выпускными газами судового дизеля 6L20 Wartsila, обеспечивающая их перепуск непосредственно в выпускной газопровод без прохождения газотурбонагнетателя. Приведены результаты исследований по определению влияния степени перепуска выпускных газов на удельный эффективный расход топлива и эмиссию оксидов азота.

Abstract – The exhaust gas control system of the 6L20 Wartsila diesel engine is analyzed, which ensures their passage directly into the exhaust flue without passing the gas turbocharger. The results of studies to determine the effect of the degree of bypass of exhaust gases on the specific fuel oil consumption and the emission of nitrogen oxides are presented.

В настоящее время среди контролируемых параметров судовых дизелей важное значение отводится такому экологическому показателю, как концентрация оксидов азота (NO_x) в выпускных газах. Это значение регламентируется требованиями международных конвенций, а его поддержание в заданном диапазоне является обязательным при эксплуатации судовых энергетических установок как в акватории

ях мирового океана, так и в территориальных водах [1]. Снижение концентрации NO_x в выпускных газах достигается:

путем влияния на рабочий процесс, происходящий в цилиндре дизеля;

изменением конструкции и параметров работы топливной аппаратуры высокого давления;

введением реагентов в выпускные газы при их прохождении через специальные реакторы;

с помощью использования системы управления выпускными газами, которая обеспечивает либо рециркуляцию выпускных газов (exhaust gas recirculation – EGR), либо перепуск выпускных газов (Exhaust gas wastegate – EGW).

Образование оксидов азота при сгорании топлива происходит в случае, когда температура в цилиндре дизеля превышает 1500 К и соблюдается условие высокой концентрации кислорода при окислении атмосферного азота в процессе горения. Поэтому все методы, обеспечивающие снижение эмиссии NO_x , направлены на изменение стехиометрического соотношения топливо-воздух, что приводит к ухудшению смесеобразования, окисления и горения.

Использование для снижения концентрации NO_x перепуска выпускных газов основано на уменьшении количества газов, поступающих к газотурбоагрегату (ГТА). При этом снижаются частота вращения ГТА, давление и количество нагнетаемого в цилиндр воздуха. Перепускаются газы с помощью специального клапана, позволяющего направлять часть газов не к ГТА, а непосредственно в газовыпускную трубу. В настоящее время системы EGW устанавливаются на судовых среднеоборотных главных и вспомогательных дизелях.

Решение задач по обеспечению экологических параметров работы судовых дизелей сопряжено с поддержанием требуемой экономичности и эффективности работы дизеля. Использование дополнительных методов, способствующих снижению эмиссии оксидов азота в выпускных газах, одновременно приводит к повышению удельного эффективного расхода топлива и к снижению мощности дизеля [2]. Учитывая изложенное, целью исследования являлось определение рационального (с точки зрения экономических и экологических показателей работы дизеля) объема перепуска выпускных газов.

Эксперименты выполнялись на судовом среднеоборотном дизеле 6L20 фирмы Wartsila (с номинальной мощностью $N_{\text{сном}}=1200$ кВт), выполняющим функции дизель-генератора в составе судовой электростанции. В качестве системы управления выпускными газами на дизеле установлена система EWG. Использование этой системы фирма

Wartsila рекомендует в первую очередь для ограничения давления наддувочного воздуха при высоких нагрузках и как дополнительную функцию – для снижения выбросов NO_x . Принципиальная схема системы EWG судового дизеля 6L20 фирмы Wartsila показана на рис. 1. Согласно инструкции по эксплуатации дизеля система EWG обеспечивает перепуск газов в диапазоне 0 ... 10 %.

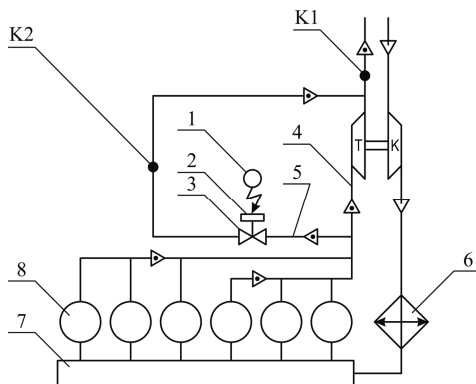


Рис. 1. Принципиальная схема судового среднеоборотного дизеля 6L20 Wartsila с системой управления выпускными газами EWG: 1 – контроллер положения перепускного клапана; 2 – пневматический привод перепускного клапана; 3 – перепускной клапан (wastegate); 4, 5 – выпускные магистрали основного и перепускного потока газов; 6 – охладитель наддувочного воздуха; 7 – продувочный ресивер; 8 – цилиндры дизеля; K1, K2 – точки контроля расхода газов; T, K – газовая турбина и воздушный компрессор ГТН

Воздух, нагнетаемый компрессором, охлаждается в охладителе наддувочного воздуха 6 и поступает в цилиндры 8 через продувочный ресивер 7. В дизеле (традиционно для среднеоборотных дизелей фирмы Wartsila) реализуется импульсная система газотурбинного наддува, при которой выпускные газы из цилиндров 8 по отдельным газоходам поступают на лопатки ГТН. В зависимости от положения перепускного клапана 3 (перемещение которого осуществляется с помощью пневматического привода 2 и регулируется контроллером 1) выпускные газы поступают либо в основную магистраль 4, либо в перепускную 5. Для управления перепуском выпускных газов могут использоваться контроллеры, которые в настоящее время получают большое распространение в судовой энергетике [3].

Расход выпускных газов в магистралях 4 и 5 определялся в точках K1 и K2 с помощью расходомера MT100S, позволяющего измерять в

газовых потоках с температурой до 454 °С. Во время эксперимента в точке К1 с помощью газоанализатора Testo350XL определялась концентрация NO_x в выпускных газах. Удельный эффективный расход топлива b_e определялся с помощью судовых измерительных средств – расходомера, установленного на магистрали подвода топлива к топливным насосам высокого давления, и таймера.

Погрешность в измерении расхода газов, определяемого расходомером MT100S, не превышала $\pm 0,5 \%$, погрешность в измерении эмиссии NO_x в выпускных газах газоанализатором Testo350XL составляла $\pm 3,5 \%$, погрешность в определении удельного эффективно расхода топлива не превышала $\pm 2,5 \%$ [4].

Дизель, на котором выполнялись экспериментальные исследования, обеспечивал мощностью постоянные группы потребителей. При этом (в зависимости от исследуемых режимов) его мощность составляла 660 кВт, 805 кВт, 890 кВт, 1010 кВт, что соответствовало $0,55N_{\text{снoм}}$, $0,67N_{\text{снoм}}$, $0,74N_{\text{снoм}}$, $0,83N_{\text{снoм}}$. Погрешность в изменении мощности не превышала $\pm 1,5 \%$.

В состав судовой электростанции входило три однотипных дизеля, поэтому в случае изменении количества потребителей энергии и их мощности, требуемая нагрузка перераспределялась на дизели, не задействованные в эксперименте, а дизель, на котором проводились исследования, эксплуатировался на постоянной нагрузке. Кроме того, при проведении эксперимента на дизеле поддерживались постоянные температурные режимы в системах смазывания и охлаждения.

При проведении эксперимента дизель в течении 2,5 ... 3 часов работал на постоянной нагрузке и неизменном положении перепускного клапана на каждом из экспериментальных режимов. Для определения степени открытия перепускного клапана (wastegate) первоначально в точке К1 определялся общий расход газов G_d , выходящих из цилиндров дизеля и проходящих через магистраль основного потока газов 4 (при полностью закрытом клапане 3). После этого при измененном положении перепускного клапана (wastegate) 3 в точке К2 определялся расхода газов G_{wg} через перепускную магистраль 5 и по выражению $\Delta_{wg} = (G_{wg}/G_d) \cdot 100 \%$ рассчитывалась степень перепуска газов. Дальнейшие измерения выполнялись по двум схемам:

1) при неизменном положении перепускного клапана изменялась нагрузка на дизель, и далее определялись значения NO_x в выпускных газах и b_e , например, при постоянном значении $\Delta_{wg} = 9,6 \%$ и разных значениях N_e ($0,55N_{\text{снoм}}$, $0,67N_{\text{снoм}}$, $0,74N_{\text{снoм}}$, $0,83N_{\text{снoм}}$, где $N_{\text{снoм}} = 1200$ кВт); далее положение перепускного клапана изменялось ($\Delta_{wg} = 8,1 \%$, $6,0 \%$, $3,8 \%$) и для каждого значения Δ_{wg} в указанном

диапазоне вновь изменялась нагрузка на дизель и повторялось измерение NO_x и b_e ;

2) при постоянной нагрузке на дизель изменялось положение перепускного клапана, и далее определялись значения эмиссии NO_x и показатель экономичности работы дизеля – b_e , например, при постоянном значении $N_e=0,83N_{\text{енорм}}$ и разных значениях Δ_{wg} ($\Delta_{\text{wg}}=9,6\%$, $8,1\%$, $6,0\%$, $3,8\%$); далее значение нагрузки на дизель изменялось ($0,55N_{\text{енорм}}$, $0,67N_{\text{енорм}}$, $0,74N_{\text{енорм}}$) и для каждого значения в указанном диапазоне вновь изменялось положение перепускного клапана и повторялось измерение NO_x и b_e .

Это позволяло увеличить массив получаемых экспериментальных данных и расширить их информативность. Полученные таким образом экспериментальные значения показали хорошую сходимость, что подтверждало корректность проведенных измерений. Результаты исследований обобщены в табл. 1 и представлены на рис. 2, 3.

Таблица 1

Результаты эксперимента

Степень открытия клапана, $\Delta_{\text{wg}}, \%$	Эмиссия NO_x , г/(кВт·ч)/удельный эффективный расход топлива, b_e , г/(кВт·ч), при нагрузках на дизель			
	$0,55N_{\text{енорм}}$	$0,67N_{\text{енорм}}$	$0,74N_{\text{енорм}}$	$0,83N_{\text{енорм}}$
0	8,72/198,6	8,37/196,9	7,81/195,5	7,58/190,6
3,8	8,58/200,7	8,32/198,9	7,62/196,3	7,18/191,2
6,0	8,42/201,6	8,18/199,6	7,52/196,8	6,83/192,0
8,1	8,38/203,5	8,12/199,8	7,47/197,3	6,63/192,2
9,6	8,24/203,8	8,01/200,6	7,38/197,5	6,53/192,5

Анализируя приведенные результаты можно сделать следующие выводы.

Использование EWG, как одного из вариантов системы управления выпускными газами, способствует снижению эмиссии оксидов азота судовых дизелей. Относительное снижение выбросов NO_x находится в пределах 1,15 ... 13,85 % и зависит от количества газов, перепускаемых помимо ГТН, и мощности дизеля. Наибольший уровень снижения эмиссии NO_x соответствует максимально возможному значению перепуска газов (для дизеля 6L20 Wartsila – 9,6 %) и максимальной мощности дизеля.

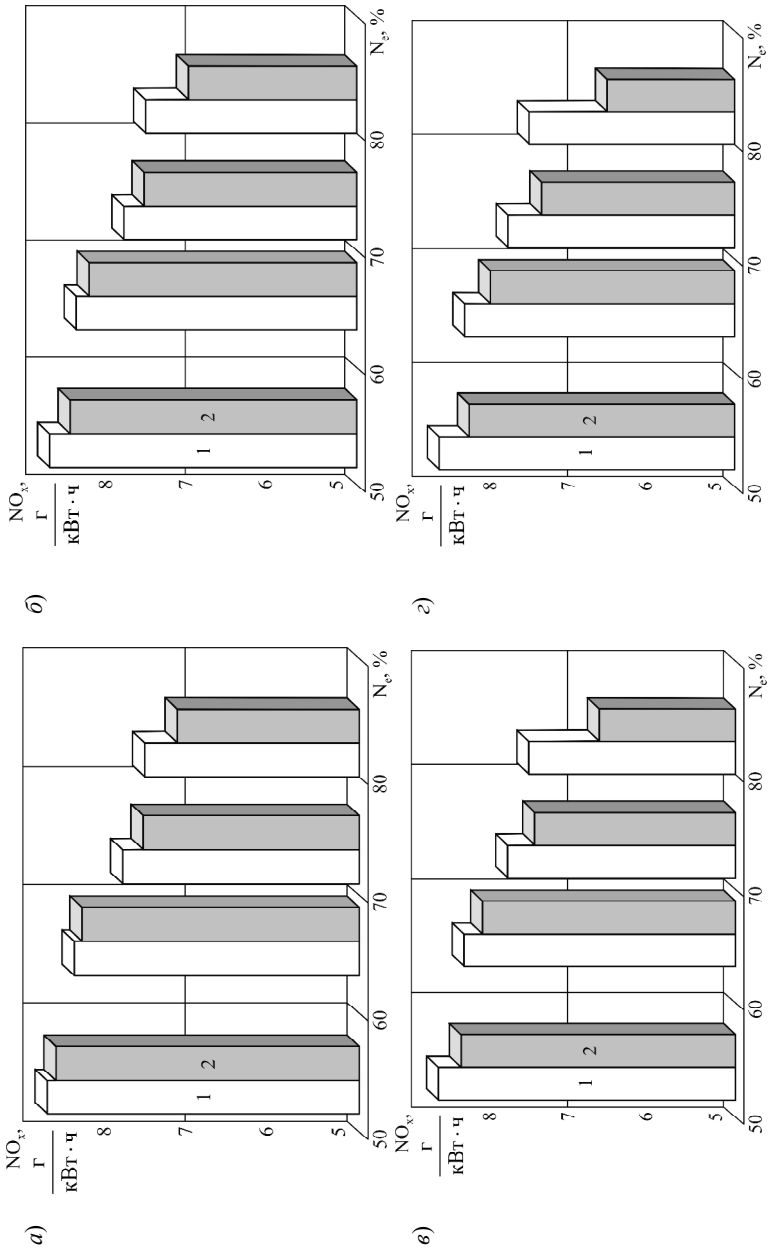


Рис. 2. Зависимость эмиссии NO_x судового дизеля 6L20 Wartsila от нагрузки N_c для разной степени открытия клапана перепуска газов Δ_{avg} : а) $\Delta_{avg}=9,6\%$; б) $\Delta_{avg}=6,0\%$; в) $\Delta_{avg}=8,1\%$; г) $\Delta_{avg}=3,8\%$

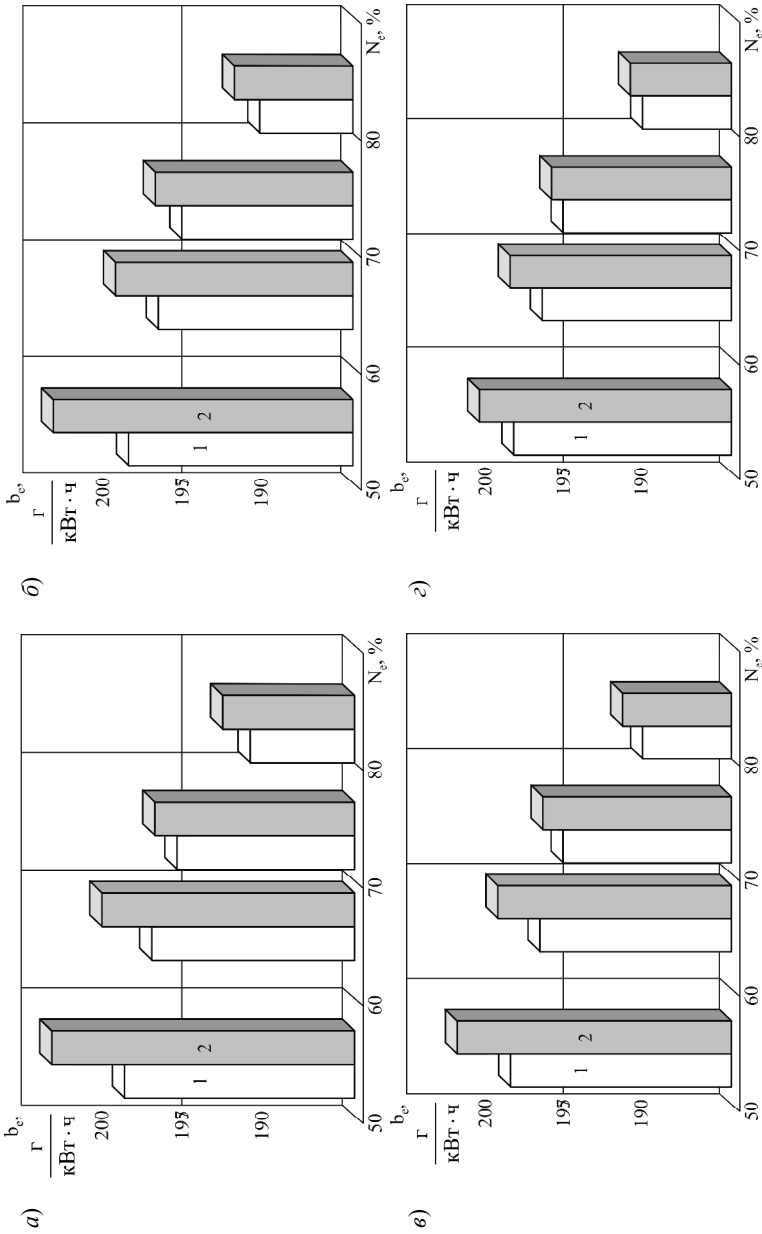


Рис. 3. Зависимость удельного эффективного расхода топлива b_e дизеля 6L20 Wartsila от нагрузки N_e для разной степени открытия клапана перепуска газов Δ_{wg} : а) $\Delta_{wg}=9,6\%$; б) $\Delta_{wg}=6,0\%$; в) $\Delta_{wg}=8,1\%$; г) $\Delta_{wg}=3,8\%$

При использовании системы перепуска газов снижается экономичность работы дизеля, в частности увеличивается удельный эффективный расход топлива. Для режимов работы дизеля близких к номинальному (в диапазоне 74 ... 83 % номинальной мощности дизеля) увеличение удельного эффективного расхода топлива находится в пределах 0,26 ... 1,05 %. При этом, учитывая максимальное снижение эмиссии NO_x , именно улучшение экологических показателей работы дизеля является преобладающим фактором для данного диапазона нагрузок. Поэтому использование системы EWG в этом случае может быть рекомендовано при эксплуатации дизелей не только как вариант ограничения давления наддувочного воздуха, но и как способ обеспечения экологических требований к судовым дизелям. Также следует отметить, что рассмотренный диапазон нагрузок является самым распространенным из всех эксплуатационных режимов работы дизеля.

На нагрузках 55 ... 67 % номинальной мощности дизеля увеличение расхода топлива при использовании системы EWG может достигать 1,83 ... 2,52 %. Учитывая, что в данной вариации нагрузок использование EWG обеспечивает снижение эмиссии NO_x на 1,15 ... 5,5 %, применение системы перепуска газов для этого диапазона не является целесообразным.

Увеличение степени перепуска газов возможно только в пределах допустимых температур на линии расширения, обеспечивающих требуемый уровень тепловой напряженности деталей цилиндропоршневой группы. Для определения диапазона этих температур необходимы дополнительные исследования, в результате которых должны быть выработаны рекомендации по интенсификации процессов смазывания и охлаждения при использовании системы EWG.

При выборе наиболее оптимального режима работы системы EWG, т.е. количества газов, перепускаемого в обход ГТН, необходимо выполнять комплексную оценку экологических и экономических показателей работы дизеля. В результате проведенных на судовом среднеоборотном дизеле 6L20 Wartsila экспериментальных исследований установлено, что таким режимом является 8,1 %-ый перепуск выпускных газов, при котором достигается практически максимальное для рассмотренного дизеля снижение эмиссии NO_x в выпускных газах (до 12,53 %) и 0,74 % повышение удельного эффективного расхода топлива.

Использование системы управления выпускными газами не только расширяет диапазон экологически безопасных режимов работы дизеля, но и способствует повышению эффективности системы техниче-

ского менеджмента в рамках организации технического обслуживания судов [5].

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Куропятник А.А. Снижение концентрации оксидов азота в выпускных газах судовых дизелей / А.А. Куропятник // *Universum: Технические науки.* – 2018. – Вып. 3 (48). – С. 63 – 66.
2. Sagin S.V. Application of the system of recirculation of exhaust gases for the reduction of the concentration of nitric oxides in the exhaust gases of the ship diesels / S.V. Sagin; A.A. Kuropyatnyk // *American Scientific Journal.* – 2017. – № 15. – Iss. 2. – P. 67 - 71.
3. Горб С.И. Методическое обеспечение технологий автоматизации на базе программируемых контроллеров / С.И. Горб, В.В. Никольский, С.Г. Хнюнин, В.Ф. Шапо // *Автоматизация судовых технических средств.* – 2017. – Вып. 23. – С. 30 – 36.
4. Sagin S.V. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines / S.V. Sagin, O.A. Kuropyatnyk // *OUR SEA : International Journal of Maritime Science & Technology.* – June 2018. – Vol. 65. – № 2. – P. 78 – 86. doi.org/10.17818/NM/2018/2.3
5. Горб С.И. Модернизация структуры упрощённой системы технического менеджмента судов / С.И. Горб, А.В. Каменова, Н.В. Запороженко // *Автоматизация судовых технических средств.* – 2016. – Вып. 22. – С. 33 – 38.

Способ последовательного расхождения судна с двумя опасными целями

Пятаков Владислав Эдуардович, Петриченко Ольга Александровна,
Калюжный Владислав Витальевич
НУ "Одесская морская академия", Одесса, Украина

Method of successive divergence of ship with two dangerous targets

Pyatakov Vladislav, Petrichenko Olga, Kaliuzhny Vladislav
NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine

Аннотация – Рассмотрена ситуация опасного сближения судна с двумя целями, когда расхождение с ними общим маневром невозможно. Предлагается безопасное расхождение двумя последовательными маневрами: изменением курса с первой ближайшей целью и изменением скорости со второй. Предложены аналитические выражения и алгоритм расчета курса уклонения, момента времени начала снижения скорости активным торможением и скорость расхождения со второй целью. Приведен численный пример и его графическая иллюстрация.

Abstract – In the article resulted analytical expressions of calculation of duration of transitional process of the active braking and size the passed distance for this time, allowing to expect parameters of maneuver of divergence of ship with the second target by the decline of speed. Offered method of divergence of ship with two dangerous targets by the successive changes of course and speed realized in the computer program. As an example the situation of dangerous rapprochement of ship with targets with the preset parameters was considered.

В районах интенсивного судоходства зачастую возникает ситуация сближения судна с двумя опасными целями, в которой судно не может безопасно разойтись с обоими целями общим маневром, поэтому возникает необходимость проведения двух последовательных манев-

ров расхождения с каждой из целей.

В работе [1] рассмотрены принципы локально-независимого и внешнего управления процессом расхождения опасно сближающихся судов, а также приведен анализ методов их реализации. Вопросы учета навигационных опасностей и инерционности судна при выборе стратегии расхождения судна освещены в работах [2, 3], а в работе [4] предложено описание процесса расхождения судов в терминах дифференциальной игры.

Взаимодействие судов в ситуации опасного сближения и выбор стратегии расхождения для предупреждения их столкновения рассмотрены в работе [5], причем выбор оптимального стандартного маневра расхождения пары судов рассмотрен в работе [6], а в работе [7] предложена экстренная стратегия расхождения в ситуации чрезмерного сближения судов.

Целью публикации является разработка способа последовательного расхождения судна с двумя опасными целями вначале изменением курса, а затем - снижением скорости активным торможением.

Рассмотрим ситуацию опасного сближения оперирующего судна с двумя целями, причем расхождение с первой целью судно выполняет изменением курса, а со второй - изменением скорости. В общем случае ситуация опасного сближения и маневр расхождения показаны на рис. 1.

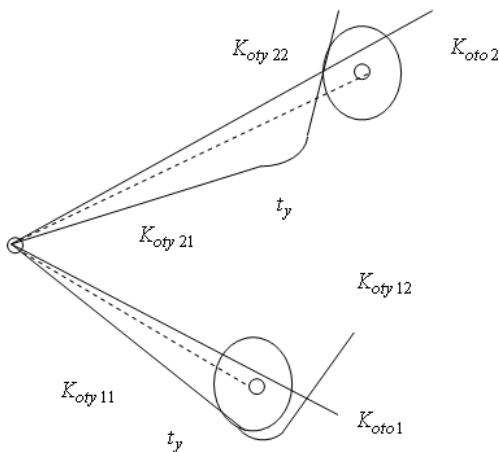


Рис. 1. Ситуация опасного сближения и маневр расхождения

Для безопасного расхождения судно вначале уклоняется от первой (ближайшей) цели курсом K_y , который выбирается таким образом, чтобы относительный курс $K_{отy11}$ обеспечивал равенство дистанции кратчайшего сближения судна с первой целью $D_{\min11}$ с предельно-допустимой дистанцией D_d , т. е. $D_{\min11} = D_d$.

Относительный курс уклонения (вправо, влево) определяется с помощью выражения:

$$K_{отy11}^{(s,p)} = \alpha_1 \pm \arcsin\left(\frac{D_d}{D_1}\right),$$

а соответствующий истинный курс:

$$K_y^{(s,p)} = K_{отy11}^{(s,p)} + \arcsin[\rho^{-1} \sin(K_1 - K_{отy11}^{(s,p)})],$$

где $\rho = V_c / V_1$.

Момент времени t_y завершения расхождения с первой целью и начала торможения для расхождения со второй целью определяется как момент времени достижения траверзного расстояния с первой целью, т.е.:

$$t_y = \frac{D_1 \cos[\alpha_1 - K_{отy11}^{(s,p)}]}{V_{отy11}^{(s,p)}},$$

где $V_{отy11}^{(s,p)}$ - относительная скорость сближения судна с первой целью на участке уклонения.

На полученный момент времени t_y следует определить расстояние до второй цели

$$D_2(t_y) = \sqrt{\Delta X_{от2}^2 + \Delta Y_{от2}^2},$$

где $\Delta X_{от2}$, $\Delta Y_{от2}$ - приращение относительных координат между судном и второй целью, причем:

$$\Delta X_{от2} = D_2 \sin \alpha_2 - V_{отy21} t_y \sin K_{отy21};$$

$$\Delta Y_{от2} = D_2 \cos \alpha_2 - V_{отy21} t_y \cos K_{отy21}.$$

Затем производится сравнение значений $D_2(t_y)$ и D_d , причем в случае $D_2(t_y) < D_d$ следует увеличить значение приращения курса уклонения $K_y^{(s,p)}$ до тех пор, пока $D_2(t_y) > D_d$. Для данного расстоя-

ния определяется пеленг $\alpha_2(t_y)$ на вторую цель, причем сближение со второй целью при данном курсе является опасным.

Маневр скоростью для расхождения со второй целью осуществляется следующим образом. Задаемся начальными координатами судна X_c, Y_c и второй цели X_2, Y_2 , исходя из их относительной позиции на момент времени t_y :

$$X_c = 0, Y_c = 0, X_2 = D_2(t_y) \sin[\alpha_2(t_y)], Y_2 = D_2(t_y) \cos[\alpha_2(t_y)].$$

Проверяем возможность безопасного расхождения остановкой судна в результате торможения. Для этого определяем выбег судна S и интервал времени τ до остановки судна с учетом режима торможения. Координаты судна X_{cf}, Y_{cf} и второй цели X_{2f}, Y_{2f} на момент остановки судна $t_y + \tau$ принимают значения:

$$X_{cf} = S \sin K_c, Y_{cf} = S \cos K_c,$$

$$X_{2f} = D_2(t_y) \sin[\alpha_2(t_y)] + V_2 \tau \sin K_2, Y_{2f} = D_2(t_y) \cos[\alpha_2(t_y)] + V_2 \tau \cos K_2.$$

При этом дистанция между судном и второй целью

$$D_{2f} = \sqrt{(X_{cf} - X_{2f})^2 + (Y_{cf} - Y_{2f})^2}$$

сравнивается с предельно-допустимой дистанцией D_d . Если $D_{2f} < D_d$, то необходимо увеличить изменение курса уклонения судна от первой цели, в противном случае следует определить пеленг α_{2f} на вторую цель в момент остановки $t_y + \tau$. Учитываем, что в данной ситуации относительный курс равен обратному курсу второй цели и определяем дистанцию кратчайшего сближения

$$D_{\min 2f} = |D_{2f} \sin[\alpha_{2f} - K_{0922}]|.$$

Если $D_{\min 2f} \geq D_d$, то безопасное расхождение со второй целью остановкой судна возможно. Более того, если $D_{\min 2f} > D_d$, то возможно расхождение снижением скорости до определенного значения V_{cy} , при котором справедливо равенство:

$$D_{\min 2}(V_{cy}) = D_d.$$

В этом случае для активного и пассивного торможения сниженному значению скорости соответствуют продолжительность переходного процесса $\tau(V_{cy})$ и пройденное за это время расстояние $S(V_{cy})$. Так, для рассматриваемого активного торможения [1]

$$\tau(V_{cy}) = \frac{(1+k)m}{\sqrt{\mu P}} [\text{arctg}(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_c) - \text{arctg}(\frac{\sqrt{\mu}}{\sqrt{P}} V_{cy})],$$

$$S(V_{cy}) = \frac{(1+k)m}{2\mu} \ln \left| \frac{V_c^2 + \frac{P}{\mu}}{V_{cy}^2 + \frac{P}{\mu}} \right|,$$

где $(1+k)m$ - масса судна с присоединенными массами воды; P - упор винта; μ - коэффициент сопротивления.

Предложенный способ расхождения судна с двумя опасными целями последовательными изменениями курса и скорости был реализован в компьютерной программе. В качестве примера была рассмотрена ситуация опасного сближения с параметрами: параметры движения судна $K_c = 75^\circ$, $V_c = 23$ уз, параметры движения целей $K_1 = 199^\circ$, $V_1 = 20$ уз, $K_2 = 16^\circ$, $V_2 = 21$ уз, $\alpha_1 = 36^\circ$, $D_1 = 3$ мили, $\alpha_2 = 135^\circ$, $D_2 = 5$ миль (рис. 2).

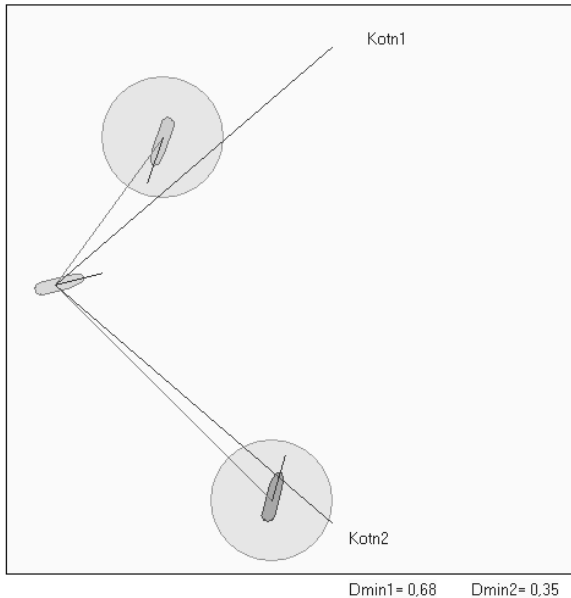


Рис. 2. Пример ситуации опасного сближения

Компьютерной программой были рассчитаны параметры маневра расхождения $K_y = 86^\circ$, $V_{cy} = 15$ уз, $t_y = 284$ с. Относительные траектории расхождения судна с каждой из целей показаны на рис. 3.

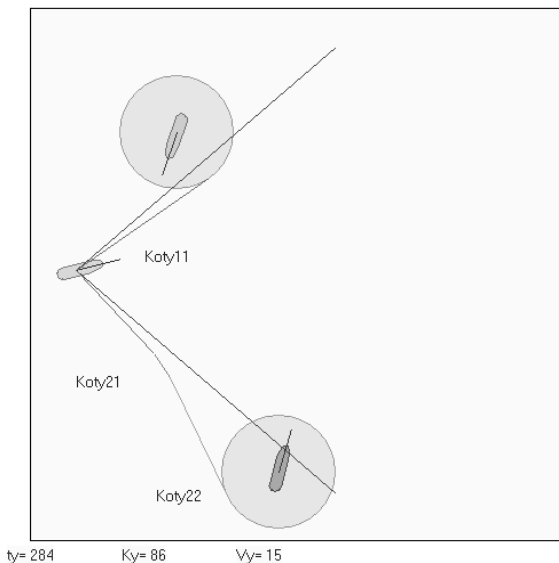


Рис. 3. Относительные траектории расхождения

Таким образом, при сближении судна с двумя опасными целями в ситуации отсутствия общего маневра расхождения с ними безопасное расхождение может быть обеспечено последовательными маневрами изменения курса и скорости судна с помощью предложенного в статье способа, когда столкновение с ближайшей целью предупреждается уклонением судна, а безопасное расхождение со второй целью осуществляется снижением скорости судна в режиме активного торможения.

ЛИТЕРАТУРА REFERENCES

1. Бурмака И.А. Управление судами в ситуации опасного сближения / И.А Бурмака., Э.Н Пятаков., А.Ю. Булгаков - LAP LAMBERT Academic Publishing, – Саарбрюккен (Германия), – 2016. – 585 с.
2. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества до-

пустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей / Петриченко Е.А. // Судовождение. – 2003. – №. 6. – С. 103 – 107.

3. Бурмака И.А. Результаты имитационного моделирования процесса расхождения судов с учетом их динамики / Бурмака И.А. // Судовождение. – 2005. – №10. – С. 21 – 25.

4. Lisowski J. Game and computational intelligence decision making algorithms for avoiding collision at sea/ Lisowski J. // Proc. of the IEEE Int. Conf. on Technologies for Homeland Security and Safety. – 2005. – Gdańsk. – P. 71 – 78.

5. 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.

6. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения / И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. – 2002. – № 7. – С. 115 – 120.

7. 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.

Волоконно-оптичний датчик октанового числа легких палив

Сандлер Альберт Кириллович¹, Карпілов Олександр Юрійович²
НУ "Одеська морська академія", Одеса, Україна
albertsan4@gmail.com¹, kau.onma@gmail.com²

Fiber optic sensor of the octane number of light fuels

Albert Sandler¹, Aleksandr Karpilov²
NU "Odessa Maritime Academy", Odessa, Ukraine
albertsan4@gmail.com¹, kau.onma@gmail.com²

Анотація – Наведені результати розробки нового схемотехнічного рішення вимірювача октанового числа легких палив. Пропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що датчик виготовлений на волоконно-оптичних елементах і є інваріантним до більшості дестабілізуючих факторів.

Abstract – It is present the results of the development of a new circuit-based solution for the octane meter of light fuels. The proposed circuit design differs in that the sensor is manufactured on fiber-optic elements and is invariant to most destabilizing factors.

Останнім часом все більш широке поширення набувають інформаційно-вимірювальні системи, побудовані на основі волоконно-оптичних датчиків. Ця тенденція обумовлена низкою переваг волоконно-оптичних датчиків над традиційними - вони мають високу чутливість, стійкі до електромагнітних перешкод, електрично пасивні, мають малу вагу і габарити, легко мультиплекуються і мають низьку вартість виготовлення чутливих елементів [1, 2].

У той же час, застосування існуючих волоконно-оптичних пристроїв виявило їх недостатню надійність та безпечність при прецизійному контролі властивостей легких палив у спеціальних експлуатаційних умовах [1, 2, 3, 4].

Для пошуку шляхів поліпшення метрологічних характеристик пристроїв контролю властивостей легких палив були проаналізовані дві

конструкції найпоширеніших вимірювальних перетворювачів [3 - 5].

В конструкції [3], що складається з кювети з рідиною, блок термостабілізації, блок капілярів з електропровідних пластин, що розділені діелектриком.

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням електричного живлення та блоку капілярів:

- необхідність обробки та підтримання в експлуатації контактної поверхні капілярів з надзвичайно високою якістю для уникнення створення умов для появи паразитної модуляції;

- необхідність наявності складної системи компенсації порушення геометрії розташування капілярів внаслідок теплового поширення її елементів;

- наявність електричного живлення та системи охолодження.

У меншій мірі експлуатаційні та конструктивні фактори впливають на характеристики пристрою, що складається з корпусу, котушки, феромагнітного сердечника, пластини Вільгельмі, двох металевих обкладинок конденсатора, генератора високої частоти, керованого детектору та підсилювача [4, 5].

Недоліки пристрою, які обумовлені використанням котушки, феромагнітного сердечника, двох металевих обкладинок конденсатора, генератора високої частоти, керованого детектору та підсилювача:

- неможливість застосування для контролю легких палив через підвищену пожежевибухонебезпечність пристрою, що застосовує електричне живлення;

- неможливість компенсації впливу змін температури на елементи приладу.

В умовах, що склалися, доцільною стала розробка нового схемотехнічного рішення волоконно-оптичного пристрою контролю октанового числа легких палив. Передбачалося, що конструктивне виконання на основі волоконно-оптичних елементів повинне забезпечити вимірювальному пристрою:

- відсутність електричного живлення;

- підвищену захищеність елементів;

- можливість компенсації впливу температури на елементи пристрою та контрольовану рідину;

- збереженість високого рівня чутливості та швидкодії пристроїв відомих типів.

Для розв'язування поставленої задачі запропонована схема волоконно-оптичного датчику октанового числа.

Суть запропонованого схемотехнічного рішення пояснюється кресленням (рис. 1).

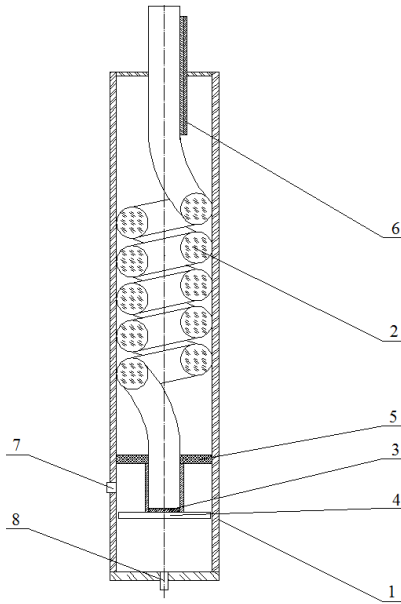


Рис. 1. Вимірювач октанового числа легких палив: 1 – корпус; 2 – котушка з волоконного світловода; 3 – віддзеркалюючий шар; 4 – пластина Вільгельмі; 5 – гнучка мембрана; 6 – біметалева пластина; 7 – вхідний отвір для рідини; 8 – вихідний отвір

При взаємодії контрольованої рідини з пластиною Вільгельмі відбувається зміна геометрії гнучкої мембрани та світловодної котушки. У наслідок чого у світловодній котушці здійснюється порушення умов повного внутрішнього відбивання світла.

Порушення умов повного відбивання світла у котушці знаходить своє відображення у зміні величини інтенсивності світлового випромінювання, яке відбивається від віддзеркалюючого шару. Величина зареєстрованого випромінювання є пропорційною до величини контрольованої октанового числа [5 - 7].

При зміні температури контрольованого середовища необхідна корекція показників приладу відбувається за допомогою біметалевої пластини [8 -10]. Зміна геометрії пластини викликає зміну геометрії другої прямої ділянки світловода, який утворює котушку, що приводить до компенсації втрат потужності оптичного випромінювання, викликаних тепловим поширенням елементів пристрою.

Для здійснення винаходу застосовано комбінацію світловодної ко-

тушки, пластини Вільгельмі та біметалевої пластини. Корпус використовуються для монтажу та взаємної фіксації елементів пристрою.

У статичному режимі, тобто при стандартних параметрах навколишнього середовища, у світловоді який утворює котушку, відбувається зменшення інтенсивності оптичного випромінювання, що проходить скрізь нього, яке обумовлене тільки впливом затухання у матеріалі світловода.

У першому динамічному режимі (калібрування) у робочу порожнину подається еталонна рідина з відомими властивостями при відомій температурі. На підставі вимірювання у цьому режимі визначаються та фіксуються необхідні поправки до результатів вимірювання.

У другому динамічному режимі (вимірювання) завдяки контакту пластини Вільгельмі з контрольованою рідиною відбувається зміна лінійного розміру котушки світловоду. Зміна кроку котушки викликає порушення умов повного оптичного відбивання світла у світловоді. Після втрати частини потужності випромінювання відбивається від віддзеркалюючого шару та надходить у зворотному порядку по світловоду до блоку реєстрації.

Інтенсивність зареєстрованої частки світла є пропорційна до величини вимірюваного октанового числа контрольованого легкого палива.

При зміні температури відбувається адекватна зміна геометрії біметалевої пластини. Викликана цим зміна геометрії другої прямої ділянки світловода ініціює зменшення або збільшення світлопропускання усього світловода пропорційно коливанню температури. Таким чином забезпечується інваріантність приладу до неконтрольованих впливів.

Запропоноване схемотехнічне рішення відрізняється тим, що котушка виконана з волоконного світловода та є одночасно пружним та чутливим елементом, чутливий елемент пристрою відокремлений від рідини гнучкою мембраною, а для компенсації впливу температури навколишнього середовища застосовано біметалеву пластину.

Таким чином, в розробленому датчику комбінація оптичних елементів забезпечує:

більш адекватного перетворення параметрів контрольованої рідини у зміну інформаційного сигналу;

компенсації впливу дестабілізуючих факторів на вимірювальний канал пристрою;

підвищення якості функціонування за рахунок використання матеріалів з близьким коефіцієнтом теплового поширення та обрання

раціональної схеми модуляції опорного випромінювання;
підвищення пожежевибухобезпечності пристрою за рахунок відмови від електричного живлення.

Використання пристрою, що пропонується, в системах контролю властивостей нафтопродуктів дозволить адекватно и достовірно оцінювати кількісні показники октанового числа легких палив [11].

ЛІТЕРАТУРА REFERENCES

1. Аш, Ж. Датчики измерительных систем: в 2 книгах. Кн. 2. Пер. с франц. – М.: Мир, 1992. – 424 с.
2. Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. – М.: Техносфера, 2008. – 520 с.
3. Патент SU 1835068 АЗ, G 01 N 13/02. Способ определения поверхностного натяжения жидкостей и устройство для его осуществления / Путинцев, В.И., Ведмеденко, Е.Ю., Гаврюшенко, Ю.В. (СССР). – №4907082/25; заявл. 25.10.90, опубл. 15.08.93. Бюл. М 30 (76).
4. Пат. 2018804 Российская Федерация, МПК G01N13/02. Измеритель поверхностного давления / Горшков, М.В., Николаев, Е.Н., Панферов, Ю.Ф., Чечель, О.В. заявитель и патентообладатель Институт энергетических проблем химической физики АН СССР. №: 4952411/25; заявл. 28.06.1991, опубл. 30.08.1994.
5. Физико-химические свойства индивидуальных углеводов. Ч. 1 / Под ред. М. Д. Тиличеева. – М.: Гостоптехиздат, 1957. – 235 с.
6. Деклараційний патент України на корисну модель № 79525, МПК (2013.01) G02B 6/00 G01N 25/56 (2006.1). Волоконно-оптичний гігмометр / Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М., Сандлер, О.А., Цюпко, К.Ю.; заявники та володарі патенту Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М., Сандлер, О.А., Цюпко, К.Ю. – заявл. 24.10.2012. // Опубл. 25.04.2013, бюл. № 8.
7. Сандлер, А.К., Логишев, И.В., Сандлер, А.А. Инвариантный волоконный акселерометр. // Энергетика судна: експлуатація та ремонт: матеріали науково-технічної конференції – Одеса: ОНМА. – 2011. – С. 277 – 279.
8. Сандлер, А.К., Михова, А.И., Олефиренко Д.А. Волоконно-оптический датчик температуры. // Энергетика судна: експлуатація та ремонт: матеріали науково-технічної конференції – Одеса: ОНМА. – 2011. – С. 275 – 276.
9. Сандлер, А.К., Цюпко, Ю.М., Сандлер, О.А., Цюпко, К.Ю. Схемотехнічне рішення комбінованого датчика клімат-контролю. // Автоматизация судовых технических средств. – Одесса: ОНМА. – 2014. – Вып. 19. – С. 69 – 73.

10. Сандлер, А.К., Цюпко, Ю. М., Сандлер, А.А., Цюпко, К.Ю. Схемотехническое решение инвариантного датчика влажности. // Автоматизация судовых технических средств. – Одесса: ОНМА. – 2012. – Вып. 18. – С. 97 – 102.

11. Сандлер, А.К., Карпілов, О. Ю. Вимірювач октанового числа легких палив. Деклараційний патент України № 119944. МПК (2006): G01N 25/56 (2006.01), G01M 11/08 (2006.01) – заявл. 06.06.2017. // Оpubл. 10.10.2017, бюл. № 19/2017.

Оценка факторов, определяющих энергоэффективность судов внутреннего плавания

Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.И.
Дунайский институт НУ «ОМА», Измаил, Украина

Evaluation of the main factors that determine the energy efficiency of inland navigation vessels

Suvorov P., Tarasenko T., Zalozh V.
Danube Institute of NU "Odessa Maritime Academy", Izmail, Ukraine

Аннотация – Расчетно-экспериментальными методами определено наличие характерных точек в зависимостях индексов энергоэффективности от основных определяющих факторов, отнесенных к скорости составов, при которых имеет место резкий рост ЕЕИ. Показано, что доверительные диапазоны этих скоростей могут совпадать, что дает возможность корректно сформулировать задание поиска рациональных скоростей движения по критериям допустимого значения ЕЕИ и себестоимости рейса.

Abstract – Based on the experimental data on fuel consumption for various methods of barge-towed compounds forming, an evaluation of the energy efficiency index curves in function from the movement speed of various in form and mass characteristics ships compositions was performed. The possibility of their application to determine the rational speed of movement, as well as the economics and environmental indicators in the conditions of a variable-depth waterway is considered.

Активность Международной морской организации (ИМО) и признанные реальные объемы снижения выбросов CO₂ в результате внедрения мероприятий по улучшению показателей энергоэффективности на морском транспорте, а также углубление изучения

основных факторов влияния на энергоэффективность морских судов и их систематизация, изложенная в Резолюции МЕРС.282(70), принятой 28.10.2016 создает основу для постановки и решения аналогичной задачи применения показателей энергоэффективности и для судов внутреннего плавания.

Данная задача постепенно находит свое отражение в проектах развития судоходства на конвенциональных (Рейн, Дунай, Сава, Мозель) внутренних водных путях (ВВП) Европы, прежде всего, в проектах экологического направления. Значение этих предварительных шагов необходимо считать положительным, имея в виду, что на ВВП стран Европейского Союза ежегодно перевозится свыше 550 млн. т грузов.

Как известно, Резолюция МЕРС.282(70) представляет собой руководство по разработке судового плана управления энергоэффективностью (*SEEMP – Ship Energy Efficiency Management Plan*), в котором предложены подходы к управлению экологичностью и экономичностью работы, а также возможные пути улучшения общих эксплуатационных показателей судна.

Следует отметить, что основные факторы влияния на энергоэффективность, изложенные в Резолюции, применимы и для судов внутреннего плавания, но в различной степени «весомости».

В общем виде формула операционного индекса энергоэффективности *EEOI* [0]:

$$EEOI = \frac{N_e \cdot SFC \cdot C_F}{Dw \cdot v}, \quad (1)$$

где N_e – эффективная мощность главного двигателя (ГД), кВт; SFC – удельный расход топлива, г/(кВт·ч); C_F – коэффициент выбросов CO_2 (безразмерный конверсионный фактор между потреблением топлива и выбросом CO_2), $C_F = T_{CO_2} / T_{топлива}$; Dw – дедвейт, т; v – скорость судна, км/ч. Числитель в этой формуле представляет собой выбросы CO_2 , г, а знаменатель – транспортную работу, т·миля.

Впервые понятие «*Energy Efficiency*» применительно к судам внутреннего плавания для дунайского судоходства было использовано в проекте «*The Innovative Danube Vessel*» (2012 – 2015 г.) Европейского Союза в виде аналогичного индекса *EEI*, ($г_{CO_2}/т·км$), т.е. в виде удельной массы выброса CO_2 на т/километр дистанции движения судна. В последующей программе *PROMINENT* (начало в 2015 г., запланированное окончание – в 2018 г.) используется тот же аналог индекса энергоэффективности. Специфический характер применения индекса в речных условиях плавания заключается в том, что в обеих

программах в комплексе *EEI* рассматривается совместно с индексом себестоимости перевозки t груза в виде индекса *SCE* (*Specific Cost Efficiency*, €/т), как величина, связанная с основным переменным эксплуатационным расходом, а именно, потреблением топлива (расходы на топливо на судах внутреннего плавания начиная с 2004 г. составляют 45 ... 55 % суммы переменных расходов).

В обеих программах определяющим фактором влияния на указанные индексы приводится фактор мелководья, а именно критическое значение отношения глубины фарватера к осадке судна H/d . С данным фактором можно согласиться, но при этом следует рассмотреть некоторые особенности дунайского судоходства, отличающиеся от других конвенциональных ВВП Европы.

В вышеупомянутых программах в качестве объекта исследования приводятся одиночные суда (превалирующее в Рейнском судоходстве) по группам *fleet families*, а толкаемые составы приведены к группе «судно-толкач + одна баржа класса Европа II», т.е. практически рассуждения приводятся для абстрактного одиночного судна шириной 11,45 м.

В то же время, на Среднем и Нижнем Дунае около 60 % (в Украинском Дунайском пароходстве – свыше 90 %) перевозок осуществляется большегрузными толкаемыми составами по следующим схемам:

толкач (2×995 кВт или 2×1249) + 9 барж (общая длина состава $L = 275 \dots 285$ м, ширина $B = 34,2$ м);

толкач (2×772 кВт) + 6 барж (общая длина состава $L = 270 \dots 280$ м, ширина $B = 22,8$ м).

На Верхнем Дунае в благоприятных навигационных условиях также применяется схема:

толкач (2×772 кВт) + 4 баржи (общая длина состава $L = 185 \dots 195$ м, ширина $B = 22,8$ м).

При наличии такой устоявшейся практики построения составов (караванов) актуальным является, кроме влияния фактора мелководья, исследование в определении индекса *EEI* фактора различных схем построения составов.

На рис. 1 приведены некоторые из применяющихся схем построения составов, для которых были проведены исследования в 1990 – 2003 г. в Украинском Дунайском пароходстве по поиску рациональных режимов движения в различных условиях плавания [0, 0].

Особенностью проведенных испытаний явилась уникальная возможность определения тяги пропульсивного комплекса при различном построении составов при одинаковых глубинах с толкачем

«Знаменка» (серия «Запорожье») с ГД марки SBV6M628 фирмы Deutz, ФРГ, диаметр цилиндра $D = 240$ мм, ход поршня $S = 280$ мм, 2×910 кВт при $n = 1000$ мин⁻¹.

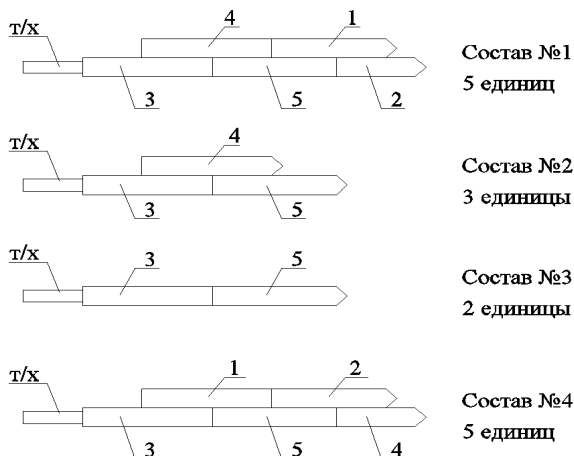


Рис. 1. Схемы построения составов (караванов): 1 – осадка $d_1 = 2,0$ м, количество груза $D_{гр1} = 895,2$ т; 2 – $d_2 = 2,0$ м, $D_{гр2} = 888,2$ т; 3 – $d_3 = 2,3$ м, $D_{гр3} = 1409,3$ т; 4 – $d_4 = 2,0$ м, $D_{гр4} = 1159,7$ т; 5 – $d_5 = 2,3$ м, $D_{гр5} = 1409,3$ т

Особое внимание при проведении испытаний [0] было уделено точности измерений часового расхода топлива $V_{\text{ч}}$, кг/ч, и скорости v , км/ч.

Результаты испытаний подтверждают принципиально известный факт, что форма построения каравана и его масса существенно влияют на расход топлива при одинаковой глубине под килем (рис. 2). Даже простая перестановка баржи в составе одной массы (№ 1 и № 4) вызывает достаточно существенное для данной мощности изменение часового расхода топлива (при скорости $v = 10$ км/ч разница составила $\Delta V_{\text{ч}} \approx 27$ кг/ч).

Ввиду того, что в гидродинамическом смысле форма построения состава не может быть выделена в прямом виде, а оценивается в любом случае значением эквивалентного сопротивления, выведем значение индекса энергоэффективности в зависимости от скорости состава. При этом применим метод, предложенный В.А. Лесюковым [0].

Изменение индекса энергоэффективности EEI от скорости составов № 1 – 4 имеет вид (рис. 3). Соответственно наиболее оптимальной

формой построения каравана является вариант, при котором достигается минимальное значение индекса операционной энергоэффективности.

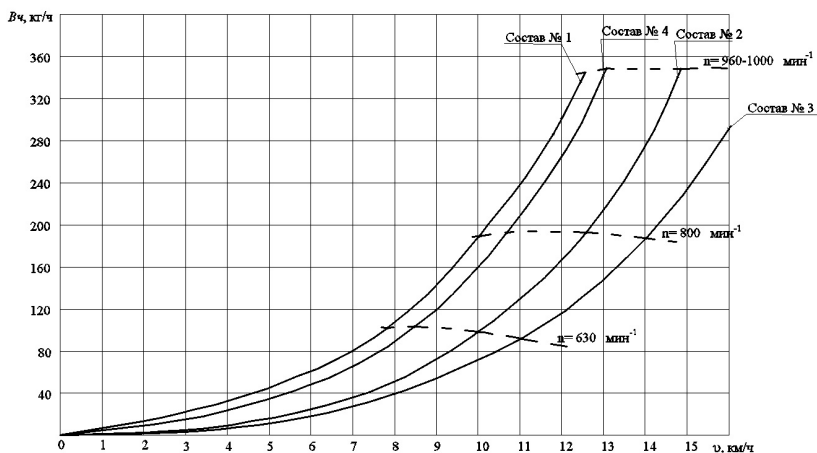


Рис. 2. Зависимости часового расхода топлива от скорости при различных схемах построения составов

В качестве критерия применим геометрический подход к приведенным на рис. 3 зависимостям $EEI = f(v)$. Для каждой кривой может быть определена точка, соответствующая началу участка, на котором приращение значений индекса энергоэффективности значительно превышает приращение скорости. Этот участок будет соответствовать диапазону скоростей $v = (0,8 \dots 1,0)v_{кр}$, где $v_{кр} = \sqrt{gH}$, H – глубина фарватера (рис. 4).

Исходя из указанного подхода для составов № 1 и 4 такое значение скорости определится в пределах доверительного диапазона $v \approx 9,5 \dots 10$ км/ч, для составов № 2 и 3 – $v \approx 11 \dots 11,5$ км/ч.

Исходя из практики судоходства на ВВП логичным можно признать вывод, сделанный в программе «*The Innovative Danube Vessel*» об определяющем влиянии условий плавания на оба используемых индекса в ряду всех остальных факторов, включая проектные и технологические: «*Ship design and technology will not compensate for insufficient waterway conditions*» – вывод о том, что ни проект судна, ни применяемые технологии не компенсируют недостаточные (по глубине фарватера) условия плавания.

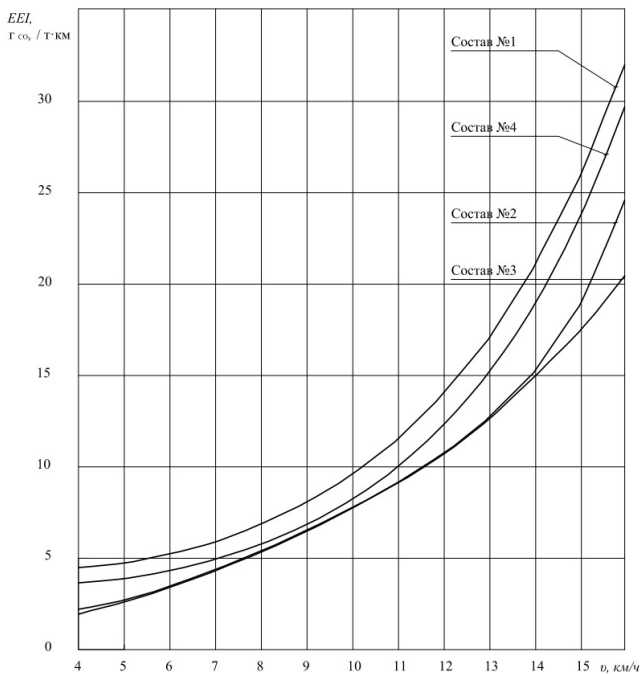


Рис. 3. Изменение индекса EEOI в зависимости от скорости хода

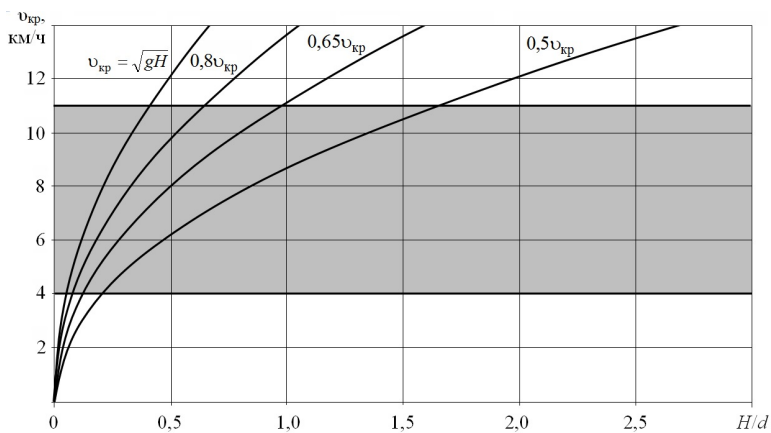


Рис. 4. Эксплуатационный диапазон скоростей движения речных составов

Фактор определяющего влияния мелководья на приведенные индексы рассматривается как основной в обеих перечисленных программах Европейского Союза.

Вопросы влияния глубины под килем в условиях мелководья на скорость судна и его посадку подробно изложены в [0], где авторы предлагают оценивать глубину фарватера, при которой оно начинает проявляться, по формуле:

$$H < 4d + \frac{3v^2}{g}, \quad (2)$$

где H – глубина, м; d – средняя осадка судна, м; v – скорость судна, м/с; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения.

Исходя из реальных осадок составов на Дунае с учётом сезонных колебаний, можно считать, что дунайский флот в основном работает в условиях систематического мелководья.

Малый запас воды под килем в данных условиях представляет собой реальную навигационную опасность, кроме того, поведение состава на мелководье существенно отличается от поведения на глубокой воде.

К основным отличительным особенностям поведения состава на мелководье можно отнести ухудшение управляемости, увеличение тормозного пути, дополнительное проседание и падение скорости движения при тех же энергетических затратах.

Данные испытаний составов при различных отношениях H/d приведены на рис. 5, на котором очевидно фактическое снижение скорости состава относительно воды по испытываемым судам в зависимости от отношения H/d , которое в процессе испытаний изменялось в диапазоне от 2 до 8.

При этом форма изменения индексов $EEOI$ для различных глубин имеет вид, приведенный на рис. 6.

Из полученного следует вывод, что влияние отношения H/d на $EEOI$ начинается с $H/d \approx 2,75$ для тяжелых составов, тем самым рациональное значение скорости по значению индекса энергоэффективности будет составлять для этих судов величину $v = 9,2 \dots 10,8 \text{ км/ч}$, что входит в диапазон скоростей по минимуму $EEOI$ в зависимости от формы состава.

Применяемый совместно с $EEOI$ индекс себестоимости SCE (€/т) будет определяться прежде всего расходом топлива за рейс, который в свою очередь будет назначен для обеспечения рациональной скорости в пределах доверительного диапазона.

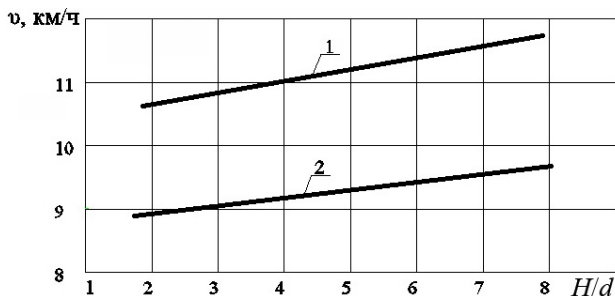


Рис. 5. Изменение скорости хода судов относительно воды в зависимости от отношения глубины фарватера реки H к осадке судна d : 1 – состав №1 при $n = 960 \text{ мин}^{-1}$; 2 – состав №1 при $n = 800 \text{ мин}^{-1}$

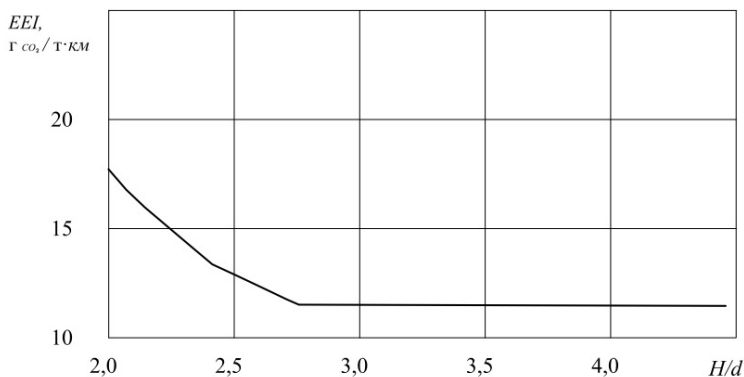


Рис. 6. Изменение индекса EEI в зависимости от отношения глубины фарватера реки H к осадке d

Выводы.

1. Начавшиеся работы по применению показателей энергоэффективности для конвенциональных ВВП Европы используют в качестве определяющего фактора отношение глубины фарватера к осадке H/d . В то же время для дунайского судоходства вторым определяющим фактором является форма построения состава.

2. Расчетно-экспериментальными методами определено наличие характерных точек в зависимостях EEI от указанных факторов, отнесенных к скорости составов, при которых имеет место резкий рост EEI .

3. Показано, что доверительные диапазоны этих скоростей могут совпадать, что дает возможность корректно сформулировать задание поиска рациональных скоростей движения по критериям допускаемого значения EEI и себестоимости рейса.

ЛИТЕРАТУРА

REFERENCES

1. Лесюков, В.А. Теория и устройство судов внутреннего плавания: учебник для вузов водн. трансп. / В.А.Лесюков. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1982. – 303 с.

2. Суворов, П.С. Динамика двигателя в судовом пропульсивном комплексе / П.С.Суворов. – Одесса: ОНМА, 2004. – 304 с.

3. Суворов, П.С. Идентификация режимов работы главных двигателей на мелководье / П.С. Суворов, Л.Н. Карпов, Б.П. Мельников // Автоматизация судовых технических средств: научн.-техн. сб. – Одесса: ОНМА. – 1999. – Вып. 3. – С. 143 – 154.

4. Тарасенко, Т.В. Повышение энергоэффективности судов с ВРШ при эксплуатации на коротких морских линиях // Судовые энергетические установки. – 2014. – Вып. 32. – С. 5 – 11.

5. Ходкость и управляемость судов: учебник для вузов / В.Ф.Бавин, В.И.Зайков, В.Г.Павленко, Л.Б.Сандлер. – М.: Транспорт, 1991. – 397 с.

РЕФЕРАТЫ

УДК 681.2.082

Бережний К.Ю. Метод побудови комп'ютерної системи визначення реологічних характеристик технічних рідин // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 3 – 18.

У результаті проведених систематизованих досліджень, розроблено структуру інформаційної моделі системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин. Виконані дослідження показали можливість побудови комп'ютерних систем визначення характеристик суднових технічних рідин та їх оперативного контролю. Модель може бути використана для подальшої побудови на її базі автоматизованих систем дослідження суднових технічних рідин, а також контролю їх підготовки перед подачею в паливну апаратуру.

Проведена інтеграція розробленої моделі в загальну структуру функціонування судна, на основі чого розроблено розгорнуту інформаційну модель системи визначення та контролю реологічних характеристик суднових технічних рідин. Розроблена система дозволяє в автоматичному режимі здійснювати вимірювання реологічних характеристик та передавати до інтелектуального модуля збору даних та керування для подальшого автоматизованого прийняття рішення на основі наявних технічних даних щодо режимів роботи паливної апаратури та відповідності характеристик суднових технічних рідин для корекції параметрів роботи системи їх підготовки.

Запропоновано метод автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин, що дозволяє використовувати його в комп'ютерних системах з можливістю зміни параметрів роботи системи в режимах реального часу та Онлайн. Даний метод дозволяє підвищити ефективність підготовки палива та зменшити кількість шкідливих викидів в довкілля. Відпадає необхідність залучення суднового механіка до контролю параметрів на всіх етапах експлуатації паливної апаратури.

На базі створеної розгорнутої інформаційної моделі системи визначення та контролю реологічних характеристик суднових технічних рідин розроблено інформаційну модель лабораторної дослідної системи визначення реологічних характеристик суднових технічних рідин, що дозволяє без запуску двигуна внутрішнього згорання здійснити симуляцію його роботи та провести вимірювання характеристик пального відповідно до прогнозованого частотно-температурного режиму роботи двигуна. Отримані дані дозволять в подальшому здійснювати ефективне керування якістю підготовки палива перед подачею до форсунок двигуна внутрішнього згорання.

Розроблено блок-схеми алгоритмів визначення та регулювання реологічних параметрів суднових технічних рідин, що базуються на запропонованому методі автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик суднових технічних рідин, що забезпечує виконання всіх передумов до апаратно-програмної реалізації комп'ютерної системи визначення та регулювання реологічних параметрів суднових технічних рідин.

Бережной Кирилл Юрьевич Метод построения компьютерной системы определения реологических характеристик технических жидкостей.

В результате проведенных систематизированных исследований, разработана структура информационной модели системы определения реологических характеристик судовых технических жидкостей. Выполненные исследования показали возможность построения компьютерных систем определения характеристик судовых технических жидкостей и их оперативного контроля. Модель может быть использована для дальнейшего построения на её базе автоматизированных систем исследования судовых технических жидкостей, а также контроля их подготовки перед подачей в топливную аппаратуру.

Проведена интеграция разработанной модели в общую структуру функционирования судна, на основе чего разработана развернутая информационная модель системы определения и контроля реологических характеристик судовых технических жидкостей. Разработанная система позволяет в автоматическом режиме осуществлять измерения реологических характеристик и передавать их в интеллектуальный модуль сбора данных и управления для дальнейшего автоматизированного принятия решения на основе имеющихся технических данных по режимам работы топливной аппаратуры и соответствия характеристик судовых технических жидкостей для коррекции параметров работы системы их подготовки.

Предложен метод автоматического определения и регулирования реологических характеристик судовых технических жидкостей, что позволяет использовать его в компьютерных системах с возможностью изменения параметров работы системы в режимах реального времени и онлайн. Данный метод предполагает повышение эффективности подготовки топлива и уменьшения количества вредных выбросов в окружающую среду. Отпала необходимость привлечения судового механика к контролю параметров на всех этапах эксплуатации топливной аппаратуры.

На базе созданной развернутой информационной модели системы определения и контроля реологических характеристик судовых технических жидкостей разработана информационная модель лабораторной исследовательской системы определения реологических характеристик судовых технических жидкостей, которая позволяет без запуска двигателя внутреннего сгорания осуществить симуляцию его работы и провести измерения характеристик топлива в соответствии с прогнозируемым частотно-температурным режимом работы двигателя. Полученные данные позволяют в дальнейшем осуществлять эффективное управление качеством подготовки топлива перед подачей к форсункам двигателя внутреннего сгорания.

Разработаны блок-схемы алгоритмов определения и регулирования реологических параметров судовых технических жидкостей, основанных на предложенном методе автоматического определения и регулирования реологических характеристик судовых технических жидкостей, и обеспечивают выполнение всех предпосылок к аппаратно-программной реализации компьютерной системы определения и регулирования реологических параметров судовых технических жидкостей.

Berezhnyi Kyrylo Method for constructing a computer system for determining the rheological characteristics of technical fluids.

As a result of the systematic studies carried out, the structure of the information model of a system for determining the rheological characteristics of ship's technical liquids has been developed. The performed research has shown the possibility of building computer systems for determining the characteristics of ship's technical fluids and their operational control. The model can be used for the further construction on its basis of automated systems for the study of ship's technical fluids, as well as control of their preparation before being supplied to the fuel equipment.

Integration of the developed model into the overall structure of the vessel's functioning was carried out, on the basis of which an expanded information model of the system for determining and controlling the rheological characteristics of ship's technical liquids was developed. The developed system allows automatic measurements of rheological characteristics and transfer them to an intelligent data collection and control module for further automated decision making on the basis of available technical data on operating modes of fuel equipment and compliance with the characteristics of ship's technical fluids for correcting the parameters of the system of their preparation.

A method for automatic determination and regulation of the rheological characteristics of ship technical fluids is proposed, which allows using it in computer systems with the possibility of changing the parameters of the system operation in real time and online modes. This method involves improving the efficiency of fuel preparation and reducing the amount of harmful emissions to the environment. There is no need to involve the ship mechanic in controlling the parameters at all stages of the operation of fuel equipment.

On the basis of the developed detailed information model of the system for determining and controlling the rheological characteristics of ship's technical liquids, an information model of a laboratory research system for determining the rheological characteristics of ship's technical liquids has been developed. It allows the simulation of its operation and the fuel characteristics in accordance with the predicted frequency- temperature mode of the engine. The data obtained will allow further effective control of the quality of fuel preparation before being fed to the internal combustion engine nozzles.

The block diagrams of algorithms for determining and regulating the rheological parameters of ship technical fluids based on the proposed method for automatic determination and regulation of the rheological characteristics of ship technical liquids are developed and ensure that all prerequisites are fulfilled for the hardware and software implementation of the computer system for determining and regulating the rheological parameters of vessel technical liquids.

Ключевые слова: компьютерная система; информационная модель; метод автоматического определения и регулирования реологических характеристик; алгоритмы определения и регулирования реологических характеристик; судовые технические жидкости.

Ключові слова: комп'ютерна система; інформаційна модель; метод автоматичного визначення та регулювання реологічних характеристик; алгоритми визначення та регулювання реологічних характеристик; суднові технічні рідини.

Keywords: computer system; information model; method of automatic determination and regulation of rheological characteristics; algorithms for determining and regulating rheological characteristics; ship's technical fluids.

Табл. 1. Ил. 9. Список лит.: 30 назв.

УДК 628.12.001

Власенко Е.А. Безопасная перевозка груза при качке судна // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 19 – 26.

Рассмотрена зависимость сил инерции, действующих на груз, от бортовой, килевой и вертикальной составляющих качки судна. Показана связь между судовой и опорной системами координат, выраженная матрицей направляющих косинусов. В зависимости от положения центра масс груза и судна при известных параметрах его качки получены возникающие линейные ускорения и силы инерции. С помощью матрицы направляющих косинусов определены аналитические выражения для расчета составляющих сил инерции, которые воздействуют на груз при качке, в судовой системе координат.

Власенко Є.А. Безпечно перевезення вантажу з урахуванням качання судна.

Показано, що процес качання судна формалізується бортовою, кильовою і вертикальною складовими, які відрізняються амплітудами та початковими фазами, але мають однаковий період. В процесі качки від зміни крену, диференту та вертикального переміщення виникають відповідні кутові прискорення. Розглянуто судову та опорну системи координат, причому суднова система координат орієнтована відносно опорної з урахуванням поточних значень крену, диференту та вертикального переміщення. Показано зв'язок між судною і опорною системами координат, який виражений квадратною матрицею направляючих косинусів.

Залежно від положення центрів мас вантажу і судна при відомих параметрах його качання одержані виникаючі лінійні прискорення та, з урахуванням маси вантажу, сили інерції. Розглянута залежність сил інерції, діючих на вантаж, від бортової, кильової і вертикальної складових качання судна. Спочатку одержано аналітичні вирази для розрахунку прискорень та сил інерції відносно опорної системи координат, а потім за допомогою матриці направляючих косинусів визначені аналітичні вирази для розрахунку складових сил інерції, які впливають на вантаж при качанні, в судновій системі координат.

Для розрахунку лінійних прискорень в залежності від кутових прискорень зміни крену та диференту судна одержані аналітичні вирази визначення радіусів кривизни бортової та кильової качки, які характеризуються різницею координат центрів мас вантажу та судна.

При визначені складових сил інерції, виникаючих від качання судна, в опорній системі координат, як показано в роботі, враховується сила тяжіння вантажу, яка співпадає по напрямку з вертикальною складовою сил інерції.

Одержані в статті аналітичні вирази розрахунку складових сил інерції в судновій системі координат дають можливість оцінити загальну горизонтальну складову сил інерції, яка є наслідком бортового та кільового качання судна, та визначити схему та міцність закріплення вантажу на судні, гарантуючого безпеку його перевезення в можливих штормових умовах запланованого рейсу. Запропонована процедура визначення горизонтальної складової сили інерції, яка впливає на вантаж, що перевозиться, дозволяє визначити гарантовану міцність схеми закріплення вантажу на судні.

Vlasenko Yevgeny Anatoliyovych Safe transportation of cargo taking into account tossing of ship.

It is shown that the process of tossing of ship is formalized by side, careening and vertical constituents, which differ by amplitudes and initial phases, but an identical period is had. In the process of tossing from the change of heel, list and vertical moving there are the proper angular accelerations. The ship and supporting systems of coordinates are considered, thus the ship system of coordinates is oriented in relation to supporting taking into account the current values of heel, list and vertical moving. Communication is shown between the ship and supporting systems of coordinates, which is expressed by the square matrix of sending cosines.

Depending on position of centers of the masses cargo and ship at the known parameters of his tossing the got nascent linear accelerations and, taking into account mass of cargo, forces of inertia. Considered dependence of forces of inertia, operating on a cargo, from the side, careening and vertical constituents of tossing of ship. At first analytical expressions are got for the calculation of accelerations and forces of inertia in relation to the supporting system of coordinates, and then by the matrix of sending cosines certain analytical expressions for the calculation of component forces of inertia, which influence on a load at tossing, in the ship system of coordinates.

For the calculation of linear accelerations depending on angular accelerations of change of heel and list of ship the got analytical expressions of determination of radiuses of curvature of side and careening tossing, which are characterized by the difference of coordinates of centers of the masses of cargo and ship.

At certain component forces of inertia, arising up from tossing of ship, in the supporting system of coordinates, as shown in work, attractive of cargo power, which coincides to direction with the vertical constituent of forces of inertia is taken into account.

The analytical expressions of calculation of component forces of inertia got in the article in the ship system of coordinates enable to estimate the general horizontal constituent of forces of inertia which is investigation of pitching of ship a side and, and to define a chart and durability of fixing of cargo on a ship, guarantying safety of his transportation in the possible stormy terms of planned to the voyage.

Ключевые слова: составляющие качки судна, матрица направляющих косинусов, линейные ускорения качки, проекции сил инерции качки.

Ключові слова: складові качання судна, матриця направляючих косинусів, лінійні прискорення качання, проекції сил інерції качання.

Keywords: making tossing of ship, matrix of sending cosines, linear accelerations of tossing, projection of forces of inertia of tossing.

Ил. 3. Список лит.: 9 назв.

УДК 656.61.052

Ворохобин И.И., Фусар И.Ю. Повышение точности обсервации судна при избыточных измерениях // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 27 – 33.

Показано, что плотность распределения погрешности навигационных измерений можно разложить в ряд Грамма - Шарлье типа А, которым можно воспользоваться вместо плотности.

Для стандартной плотности закона распределения Гаусса ненормированной погрешности навигационных измерений доказана ортогональность полиномов Эрмита, что позволило определить аналитические выражения коэффициентов ряда Грамма - Шарлье типа А.

Ворохобин І.І., Фусар І.Ю. Підвищення точності обсервації судна при надмірних вимірюваннях.

Аналіз статистичних даних похибок навігаційних вимірювань, одержаних останні тридцять років в натурних спостереженнях, показав, що похибки не підкоряються нормальному закону розподілу, а гістограми їх вибірок містять надмірне число членів в крайніх розрядах, що свідчить про позитивний ексцес закону розподілу. Тому як альтернативні нормальному закону були запропоновані моделі змішаних законів розподілу похибок, для яких характерний позитивний ексцес.

Для забезпечення максимально можливої точності обсервацій місця судна необхідно знати закон розподілу похибок навігаційних вимірювань. Проте при обмеженому об'ємі вибірки статистичних матеріалів похибок не вдається за допомогою стандартної процедури визначити закон їх розподілу, хоча є можливість оцінити центральні моменти розподілу. При цьому якщо гістограма вибірки має позитивний ексцес, то можна використовувати розкладання щільності розподілу похибок за допомогою ортогональних поліномів Ерміту, не маючи в своєму розпорядженні її аналітичного виразу, і застосувати його як щільність розподілу.

Показано, що різноманітність законів розподілу вірогідності випадкових похибок, особливістю яких є наявність позитивного ексцесу, може бути уніфіковане використанням ортогонального розкладання з набутими значеннями центральних моментів вищих порядків. Розкладання нормальної щільності нормованої похибки в ряд Грама - Шарлье типу А за допомогою ортогональних поліномів Ерміту є класичним результатом, проте для стандартної щільності закону Гаусу ненормованої похибки в роботі визначені коефіцієнти ряду Грама - Шарлье типу А, і доведена ортогональність

поліномів Ерміту.

Одержаний результат дозволяє запропонувати універсальний спосіб опису щільності розподілу ненормованої випадкової величини за допомогою її розкладання в ряд Грама - Шарльє типу А, що забезпечує максимальну точність обсервації місця судна при невідомому законі розподілу похибок вимірювань, що має позитивний ексцес. Це дозволяє визначати обсервовані координати місця судна з максимальною точністю, що забезпечує ефективність обсервованих координат, так як використовуються метод максимальної правдоподібності.

Vorokhobin Igor Igorovych, Fusar Igor Yuriyovych. Increase of exactness of observation of ship at the surplus measuring.

The analysis of statistical these errors of the navigation measuring, got last thirty years in the model supervisions, showed that errors did not submit to the normal law of distributing, and the histograms of their selections are contained by surplus members in extreme digits, that testifies to the positive excess of law of distributing. Therefore as alternative the models of the mixed laws of distributing of errors were offered to the normal law, for which characteristic positive excess.

For providing of maximally possible exactness of observations of place of ship it is necessary to know the law of distributing of errors of the navigation measuring. However at the limited sample size of statistical materials of errors it is not succeeded by standard procedure to define the law of their distributing, although is present possibility to estimate the central moments of distributing. Thus if the histogram of selection has a positive excess, it is possible to use decomposition of closeness of distributing of errors by the ortogonal polynomials of Ermyt, indisposing its by analytical expression, and to apply him as the closeness of distributing.

The analysis of the considered works shows that the variety of laws of probability distribution of casual sizes, the feature of which there is the presence of positive excess, can be compatible by the use of ortogonal decomposition with the got values of central moments of higher orders. Decomposition of normal closeness of the rationed error in a row Gramme - Sharl'e type A by the orthogonal polynomials of Ermyt is a classic result, however for the standard closeness of law of Gauss of the unrationed error in work the coefficients of row are certain Gramme - Sharl'e type A, and proved the ortogonal polynomials of Ermyt.

The got result allows to offer the universal method of description of closeness of distributing of the unrationed casual size by its decomposition in a row Gramme - Sharl'e type A, that provides maximal exactness of observation of place of ship at the unknown law of distributing of errors of measuring, having a positive excess.

Ключевые слова: закон распределения Гаусса, ортогональные полиномы Эрмита, ряд Грамма - Шарльє типа А.

Ключові слова: закон розподілу Гаусу, ортогональні поліноми Ерміту, ряд Грамма - Шарльє типу А.

Keywords: law of distributing of Gauss, ortogonal polynomials of Ermyt, row Gramme - Sharl'e type A.

Список лит.: 9 назв.

УДК 629.12.004.5

Горб С.И., Горб А.С. Программное обеспечение для управления активами на судах // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 34 – 48.

Судоходные компании допускают серьёзные ошибки в выборе и адаптации программного обеспечения для управления своими активами. Это приводит к тому, что выбранное программное обеспечение оказывается либо чрезмерно сложным и затратным в использовании и от него приходится отказываться, либо плохо адаптированным к специфике совместного использования судовыми экипажами и техническими подразделениями компаний, либо малоприспособленными для внесения элементарных корректировок в базу данных и формируемые документы.

Анализ использования судоходными компаниями программного обеспечения позволил выработать следующие концептуальные рекомендации по выбору и адаптации программного обеспечения: в небольших судоходных компаниях либо компаниях, которые оперируют небольшими судами, рекомендуется использовать программные продукты с "усечённым" функционалом; программное обеспечение для управления активами на судах позволяет поднять технический менеджмент на новый уровень, если внедряется на значительной группе судов компании; сертификаты классификационных обществ на программное обеспечение по управлению активами на судах не имеют принципиального значения при выборе программного обеспечения; при внедрении программного обеспечения для управления активами на судах ошибочно пытаться подстроить его под сложившиеся в компаниях технологии технического менеджмента либо объединять с уже используемым программным обеспечением; при сравнении цен на программное обеспечение необходимо учитывать суммарные затраты на лицензию, дополнительные модули, разработку и установку базы данных, а также обучение пользователей; за счёт поэтапной поставки программного обеспечения можно сократить расходы на компьютеризацию; ответственность за внедрение программных продуктов надо возлагать на технические подразделения судоходных компаний; разработку судоходными компаниями собственных программных продуктов для управления активами на судах можно признать оправданной только, если компания оперирует большим количеством судов.

Горб С.И., Горб О.С. Программе забезпечення для управління активами на судах.

Судноплавні компанії допускають серйозні помилки у виборі та адаптації програмного забезпечення для управління своїми активами. Це приводить до того, що обране програмне забезпечення виявляється або надмірно складним і витратним у використанні і від нього приходится відмовлятися, або погано адаптованим до специфіки спільного використання судовими екіпажами і технічними підрозділами компаній, або малоприсадибними для внесення елементарних коректувань у базу даних і сформовані документи.

Аналіз використання судноплавними компаніями програмного забезпечення дозволив виробити наступні концептуальні рекомендації з вибору та адаптації програмного забезпечення: у невеликих судноплавних компаніях або компаніях, які оперують невеликими судами, рекомендується використовувати програмні продукти з "усіченим" функціоналом; програмне забезпечення для управління активами на судах дозволяє підняти технічний менеджмент на новий рівень, якщо впроваджується на значній групі суден компанії; сертифікати класифікаційних товариств на програмне забезпечення по управлінню активами на судах не мають принципового значення при виборі програмного забезпечення; при впровадженні програмного забезпечення для управління активами на судах помилково намагатися підстроїти його під технології технічного менеджменту, що склалися в компаніях, або єднати із уже використовуваним програмним забезпеченням; при порівнянні цін на програмне забезпечення необхідно враховувати сумарні витрати на ліцензію, додаткові модулі, розробку й інсталяцію бази даних, а також навчання користувачів; за рахунок поетапного постачання програмного забезпечення можна скоротити витрати на комп'ютеризацію; відповідальність за впровадження програмних продуктів треба покласти на технічні підрозділи судноплавних компаній; розробку судноплавними компаніями власних програмних продуктів для управління активами на судах можна визнати виправданою тільки, якщо компанія оперує більшою кількістю суден.

Gorb S.I., Gorb A.S. Software for asset management on ships.

Shipping companies allow serious mistakes in the selection and implementation of software to manage their assets. As the result chosen software is either excessively complicated and expensive to use (as a result it must be declined for further usage), or poorly adapted to the specifics of common usage by ship's crew and technical department of companies, or unsuitable for making elementary adjustments to the database and existing documents.

Analysis of the software usage by shipping companies allowed to develop the following conceptual recommendations for the selection and adaptation of software: in small shipping companies or companies that operate small vessels, it is recommended to use software products with "limited" functionality; software for asset management on ships allows you to raise technical management to a new level, if implemented on a large amount of ships; Classification societies certificates for asset management software on ships are not important while choosing software; during the process of asset management software implementing, it is a mistake to try to adjust it to the technologies of technical management established in companies or to connect it to the software that is already in usage; during comparison of software prices, it is necessary to take into account the total cost of the license, additional modules, the development and installation of the database, as well as user training; due to stage-by-stage delivery of software, computer costs can be reduced; responsibility for the implementation of software products should be placed on the technical divisions of shipping companies; the creation by shipping companies of their own software products for managing assets on ships can be considered justified only if the company operates a large number of

ships.

Ключевые слова: программное обеспечение; управление активами; технический менеджмент; техническое обслуживание; закупки; база данных; судоводные компании; судовой менеджмент.

Ключові слова: програмне забезпечення; управління активами; технічний менеджмент; технічне обслуговування; закупівлі; база даних; судноплавні компанії; судовий менеджмент.

Keywords: software; asset management; technical management; maintenance; purchase; database; shipping companies; ship management.

Ил. 1. Список лит.: 15 назв.

УДК 629.12.004.5

Каменева А.В., Каменев К.И. Автоматизация электронного документооборота с судами // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 49 – 56.

Особенность менеджмента в судоходной компании состоит в территориальной удаленности объектов управления (судов) от офиса компаний. Для того чтобы управление удаленными объектами было эффективным, должен быть организован оперативный обмен информацией между судами и офисом. Только в этом случае офис (и суда) смогут адекватно реагировать на происходящие ситуации и быстро вырабатывать решения.

Использование информационных систем стало неотъемлемой составляющей деятельности судоходных компаний. Стоимость таких систем достаточно высока, и не все они позволяют автоматизировать отправку большого количества однотипных электронных писем. Специально для этих целей можно использовать массовые рассылки, осуществляемые с помощью почтовых программ. В качестве примера рассматривается массовая рассылка средствами программы *The Bat!*. Эта программа предоставляет следующие возможности: создавать быстрые шаблоны с текстом документа; использовать макросы в шаблонах для персонализации писем с использованием информации из различных источников; импорта и экспорта адресной книги.

При массовой рассылке на суда электронных писем, например, обновлений документов SMS (*safety management system*), следует подготовить информацию, которая будет включена в электронное письмо: названия судов, электронные адреса, фамилии и имена ответственных лиц, их должности и др.

В данной почтовой программе предусмотрена возможность импорта данных из файла с расширением *.csv* в адресную книгу. Для импорта в почтовую программу больших объемов данных их удобно готовить в формате электронных таблиц (*.xls*, *.xlsm*), корректировать при помощи макросов и затем сохранять в формате *.csv*.

Возможность создания шаблонов электронных писем с использованием макросов в случаях, когда письма включают стандартный текст, в том числе, содержащийся в адресной книге – удобное средство для осуществления массовой рассылки писем большому количеству адресатов, что существенно ус-

коряет рассылку.

Предложены рекомендации для осуществления персонализированных массовых рассылок при автоматизации бизнес-процессов в судоходных компаниях.

Каменева А.В., Каменев К.И. Автоматизация електронного документообігу з суднами.

Особливості менеджменту в судноплавній компанії полягає в територіальній віддаленості об'єктів управління (судів) від офісу компаній. Для того, щоб управління віддаленими об'єктами було ефективним, повинен бути організований оперативний обмін інформацією між суднами та офісом. Тільки в цьому випадку офіс (і судна) можуть адекватно реагувати на ситуації, які відбуваються, і швидко виробляти рішення.

Використання інформаційних систем стало невід'ємною складовою діяльності судноплавних компаній. Вартість таких систем досить висока, і не всі вони дозволяють автоматизувати відправку великої кількості однотипних електронних листів. Спеціально для цих цілей можна використовувати масові розсилки, які здійснюються за допомогою поштових програм. Як приклад, розглядається масова розсилка засобами програми *The Bat !*. Ця програма надає, крім інших, наступні можливості: створювати швидкі шаблони з текстом документа; використовувати макроси в шаблонах для персоналізації листів з використанням інформації з різних джерел; імпорту та експорту даних в (із) адресної книги.

При масовій розсилці на судна електронних листів, наприклад, оновлень документів *SMS (Safety management system)*, слід підготувати інформацію, яка буде включена в повідомлення електронної пошти: назви судів, електронні адреси, прізвища та імена відповідальних осіб, їх посади та ін.

У даній поштової програмі також передбачена можливість імпорту даних з файлу з розширенням *.csv* в адресну книгу. Для імпорту в поштову програму великих обсягів даних їх зручно готувати в форматі електронних таблиць (*.xls*, *.xslm*), коригувати за допомогою макросів і потім зберігати в форматі *.csv*.

Можливість створення шаблонів електронних листів з використанням макросів в тих випадках, коли листи включають стандартний текст, в тому числі, що міститься в адресній книзі - зручний засіб для здійснення масової розсилки листів великій кількості адресатів, що істотно прискорює розсилку.

Запропоновано рекомендації для здійснення персоналізованих масових розсилок при автоматизації бізнес-процесів в судноплавних компаніях.

A. Kamienieva, K. Kamieniev Digital document control automation in shipping Management of shipping companies has the distinction of operating remote objects (vessels) from shore-based offices. In order to achieve efficiency in the process prompt information exchange between vessels and a company ought to be established. This is the only way to ensure adequate and quick responses to situations that require two-way communication and immediate solutions.

Information systems are used for collection, structuration, storage and communication of information. Their usage became an integral part of shipping companies' activities. While the cost of such systems is quite high and potentially prohibi-

tive for smaller companies not all of them allow to quickly send large numbers of identical messages. This can be achieved by using e-mail clients and mass mailing. This article shows an example of mass mailing using “The Bat” email client. The program provides, among others, the following features: quick templates that allow to save the main body of a text, macros that allow to personalize template-based messages, address book export and import.

In order to do mass mailing to vessels, i.e. for an SMS (Safety Management System) update, the following information should be prepared for inclusion in a letter: vessels’ names, e-mail addresses, full names of addressees and their positions etc.

The program can import data from an .csv file into its address book. In order to get an .csv file relevant data should be prepared beforehand. The preparation can be done using electronic tables (such as .xls, .xslm), which allow to use macros for gathering, cleaning, organizing and consolidating data. After the preparation data be saved in the necessary format for importing.

Using macros with address book data and templates allows to combine unchangeable text with variables creating letters varying from one addressee to another. The possibility provides a useful tool for mailing a large number of similar letters to any number of recipients and what is most important – doing it quickly.

The article includes recommendations for personalized mass mailing implementation which can be used for automating business processes.

Ключевые слова: автоматизация документооборота, массовая рассылка, шаблон электронного письма, макрос

Ключові слова: автоматизація документообігу, масова розсилка, шаблон електронного листа, макрос

Keywords: document control automation, mass mailing, e-mail template, macros

Ил. 10. Список лит.: 4 назв.

УДК 621.396.969.3

Кошевой В.М., Пашенко Е.Л. Выбор параметров амплитудно-модулированных составных многофазных сигналов для радаров // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 57 – 71.

Рассмотрен закон формирования и принцип построения составных многофазных сигналов с дополнительной амплитудной модуляцией (АМ) в периодическом и аperiodическом режимах работы радиолокационных станций (РЛС).

Проанализированы три типа составных многофазных сигналов с различными наборами параметров. Каждый из них рассматривался при согласованной обработке без дополнительной АМ, рассогласованной обработке без АМ и при согласованной обработке с дополнительной АМ.

Показано, что введение дополнительной АМ позволяет существенно сни-

зять уровень боковых лепестков (БЛ) функции неопределенности как в аперриодическом режиме работы РЛС, так и в случае ее периодического режима. Получены соответствующие значения параметров сигналов, при которых достигается этот пониженный уровень БЛ.

Кошевий В.М., Пашенко О.Л. Вибір параметрів амплітудно-модульованих складених багатофазних сигналів для радарів.

Розглянуто закон формування та принцип побудови складених багатофазних сигналів з додатковою амплітудною модуляцією (АМ) в періодичному і аперіодичному режимах роботи радіолокаційних станцій (РЛС).

Проаналізовані три типи складених багатофазних сигналів з різними параметрами. Кожен з них розглядався при узгодженій обробці без додаткової АМ, неузгодженій обробці без АМ і при узгодженій обробці з додатковою АМ.

Введення додаткової АМ дозволяє істотно знизити рівень бічних пелюсток (БП) функції невизначеності як в аперіодичному режимі роботи РЛС, так і в періодичному режимі. Отримано відповідні значення параметрів сигналів, при яких досягається цей знижений рівень БП.

Koshevyu Vitaliy, Pashenko Olena Choice of amplitude modulation phase compound signals parameters for radars.

The law of formation and the principle of constructing of compound multiphase signals with an additional amplitude modulation (AM) in the periodic and aperiodic operating modes of radiolocation stations were considered.

Three types of compound multiphase signals with different sets of parameters were analyzed. These signals were considered by using a matched processing without an additional AM, mismatched processing without AM, and a matched processing with an additional AM.

So, an additional AM allows reducing significantly the side lobes (SL) level of the ambiguity function in the aperiodic and periodic modes of the radar operation. The signal parameters with reduced SL level were obtained.

Ключевые слова: радиолокационные станции, многофазный сигнал, модуляция.

Ключові слова: радіолокаційні станції, багатофазний сигнал, модуляція.

Keywords: radar stations, multiphase signal, modulation.

Табл. 2. Ил. 6. Список лит.: 10 назв.

УДК 621.829

Куропятник А.А., Сагин С.В. Управление выпускными газами судовых дизелей для обеспечения экологических показателей // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 72 – 80.

Проанализирована технология управления выпускными газами судового дизеля 6L20 Wartsila, обеспечивающая их перепуск непосредственно в выпускной газодход без прохождения газотурбонагнетателя. Приведены результаты исследований по определению влияния степени перепуска выпускных газов

на удельный эффективный расход топлива и эмиссию оксидов азота. При проведении экспериментов определялись объемы газов, проходящих через перепускной газоход и поступающих в основной газоход от газотурбоагрегатора. По отношению данных объемов определялась степень открытия перепускного клапана. В проведенных экспериментах это значение изменялось в пределах 0 ... 9,6 %. Эксперименты выполнялись как для разной степени открытия перепускного клапана, так и для разной нагрузки на дизель, которая изменялась в диапазоне 55 ... 83 % и поддерживалась постоянной группой потребителей энергии. Определение контролируемых параметров производилось со следующими погрешностями измерения: расход газов $\pm 0,5$ %, эмиссия оксидов азота в выпускных газах $\pm 3,5$ %, удельный эффективный расход топлива $\pm 2,5$ %, мощность дизеля $\pm 1,5$ %. Экспериментально установлено, что использование перепуска газов, как одного из вариантов системы управления выпускными газами, способствует снижению эмиссии оксидов азота судовых дизелей. Относительное снижение выбросов оксидов азота находится в пределах 1,15 ... 13,85 % и зависит от количества газов, перепускаемых помимо газотурбоагрегатора, и мощности дизеля. Наибольшее снижение эмиссии оксидов азота (до 12,53 %) происходит в диапазоне нагрузок дизеля 74 ... 83 % при 8,1 ... 9,6 % перепуске выпускных газов. При использовании системы перепуска газов снижается экономичность работы дизеля, в частности увеличивается удельный эффективный расход топлива. Для режимов работы дизеля близких к номинальному (в диапазоне 74 ... 83 % номинальной мощности дизеля) увеличение удельного эффективного расхода топлива находится в пределах 0,26 ... 1,05 %. На нагрузках 55 ... 67 % номинальной мощности дизеля увеличение расхода топлива при использовании системы перепуска газов может достигать 1,83 ... 2,52 %. При выборе наиболее оптимального режима работы системы перепуска газов, т.е. количества газов, перепускаемого в обход газотурбоагрегатора, необходимо выполнять комплексную оценку экологических и экономических показателей работы дизеля, а также учитывать, что увеличение степени перепуска газов возможно только в пределах допустимых температур на линии расширения, обеспечивающих требуемый уровень тепловой напряженности деталей цилиндропоршневой группы.

Куропятник О.А., Сагин С.В. Управління випускними газами судових дизелів для забезпечення екологічних показників.

Проаналізована технологія управління випускними газами судового дизеля 6L20 Wartsila, що забезпечує їх перепуск безпосередньо в випускний газохід без проходження газотурбоагрегатора. Наведено результати досліджень щодо визначення впливу ступеня перепуску випускних газів на питому ефективну витрату палива і емісію оксидів азоту. При проведенні експериментів визначалися обсяги газів, що проходять через перепускний газохід, та тих, що надходять в основний газохід від газотурбоагрегатора. За значеннями цих обсягів визначався ступінь відкриття перепускного клапана. У проведених експериментах це значення змінювалося в межах 0 ... 9,6 %. Експерименти вико-

нувалися як для різного ступеня відкриття перепускного клапана, так і для різного навантаження на дизель, яке змінювалося в діапазоні 55 ... 83 % і підтримувалася постійною групою споживачів енергії. Визначення параметрів, що контролюються здійснювалося з наступними похибками вимірювання: витрата газів $\pm 0,5$ %, емісія оксидів азоту в випускних газах $\pm 3,5$ %, питома ефективна витрата палива $\pm 2,5$ %, потужність дизеля $\pm 1,5$ %. Експериментально встановлено, що використання перепуску газів, як одного з варіантів системи управління випускними газами, сприяє зниженню емісії оксидів азоту судових дизелів. Відносно зниження емісії оксидів азоту знаходиться в межах 1,15 ... 13,85 % і залежить від кількості газів, яка спрямовується поза газотурбонагнетчем, і потужності дизеля. Найбільше зниження емісії оксидів азоту (до 12,53 %) відбувається в діапазоні навантажень дизеля 74 ... 83 % при 8,1 ... 9,6 % перепуску випускних газів. При використанні системи перепуску газів знижується економічність роботи дизеля, зокрема збільшується питома ефективна витрата палива. Для режимів роботи дизеля близьких до номінального (у діапазоні 74 ... 83 % номінальної потужності дизеля) збільшення питомої ефективної витрати палива знаходиться в межах 0,26 ... 1,05 %. На навантаженнях 55 ... 67 % номінальної потужності дизеля збільшення витрати палива при використанні системи перепуску газів може досягати 1,83 ... 2,52 %. При виборі найбільш оптимального режиму роботи системи перепуску газів, тобто кількості газів, яка спрямовується в обхід газотурбонагнетача, доцільно виконувати комплексну оцінку екологічних і економічних показників роботи дизеля, а також враховувати, що збільшення ступеня перепуску газів можливо тільки в межах допустимих температур на лінії розширення, що забезпечують необхідний рівень теплової напруженості деталей циліндропоршневої групи.

Kuroyatnyk O.A., Sagin S.V. Controlling the exhaust gases of marine diesel engines to ensure environmental performance.

The exhaust gas control system of the 6L20 Wartsila diesel engine is analyzed, which ensures their passage directly into the exhaust flue without passing the gas turbocharger. The results of studies to determine the effect of the degree of bypass of exhaust gases on the specific fuel oil consumption and the emission of nitrogen oxides are presented. During the experiments, the volumes of gases passing through the bypass flue and entering the main gas flue from the gas turbocharger were determined. With respect to these volumes, the degree of opening of the bypass valve was determined. In the experiments carried out this value varied within the range 0 ... 9.6 %. The experiments were performed both for different degrees of opening of the bypass valve, and for different loads on the diesel, which varied in the range of 55 ... 83 % and was maintained by a constant group of energy consumers. Determination of the monitored parameters was carried out with the following measurement mistake: gas consumption ± 0.5 %, nitrogen oxide emission in exhaust gases ± 3.5 %, specific fuel oil consumption ± 2.5 %, diesel power ± 1.5 %. It has been experimentally established that the use of gas bypass as one of the variants of the exhaust gas control system helps to reduce the emission of

marine diesel oxides. The relative reduction in nitrogen oxides emissions is in the range 1.15 ... 13.85 % and depends on the number of gases that are bypassed in addition to the gas turbocharger and the power of the diesel engine. The greatest decrease in the emission of nitrogen oxides (up to 12.53 %) occurs in the range of diesel loads 74 ... 83 % at 8.1 ... 9.6 % in the release of exhaust gases. When using the gas bypass system, the economy of the diesel engine is reduced, in particular, the specific fuel oil consumption increases. For diesel operating modes close to the nominal (in the range 74 ... 83 % of the nominal power of the diesel engine), the increase in the specific fuel oil consumption is in the range 0.26 ... 1.05 %. At loads of 55 ... 67 % of the rated power of the diesel, the increase in fuel consumption by using the gas bypass system can reach 1.83 ... 2.52 %. When choosing the most optimal operating mode of the gas bypass system, i.e. the number of gases bypassed by the gas turbocharger, it is necessary to carry out a comprehensive assessment of the ecological and economic performance of the diesel engine, and also to take into account that an increase in the degree of gas transmission is possible only within the permissible temperatures on the expansion line that provide the required level of thermal stress of the piston-piston group parts.

Ключевые слова: судовой дизель, управление выпускными газами, перепуск газов, эмиссия оксидов азота, удельный эффективный расход топлива.

Ключові слова: судновий дизель, управління випускними газами, перепуск газів, емісія оксидів азоту, питома ефективна витрата палива.

Keywords: marine diesel, exhaust gas control, gas bypass, nitrogen oxide emission, specific fuel oil consumption.

Табл. 1. Ил. 3. Список лит.: 5 назв.

УДК 656.61.052.484

Пятаков В.Э., Петриченко О.А., Калужный В.В. Способ последовательно-го расхождения судна с двумя опасными целями // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 81 – 87.

Рассмотрена ситуация опасного сближения судна с двумя целями, когда расхождение с ними общим маневром невозможно. Предлагается безопасное расхождение двумя последовательными маневрами: изменением курса с первой ближайшей целью и изменением скорости со второй.

Предложены аналитические выражения и алгоритм расчета курса уклонения, момента времени начала снижения скорости активным торможением и скорость расхождения со второй целью.

Приведен численный пример и его графическая иллюстрация.

У районах інтенсивного судноплавства часто виникає ситуація зближення судна з двома небезпечними цілями, в якій судно не може безпечно розійтися з обома цілями загальним маневром, тому виникає необхідність проведення двох послідовних маневрів розходження з кожною із цілей окремо.

Пятаков В.Е., Петріченко О.О., Калюжний В.В. Спосіб послідовного розходження судна з двома небезпечними цілями.

У статті розглянута ситуація небезпечного зближення судна з двома цілями, причому розходження з першою цілю судно виконує зміною курсу, а з другою - зміною швидкості.

Безпечне розходження судна передбачає спочатку ухилення від першої (найближчої) цілі курсом, який вибирається так, щоб відносний курс забезпечував рівність дистанції найкоротшого зближення судна з першою цілю з гранично - допустимою дистанцією.

Момент часу завершення розходження з першою цілю і початку гальмування для розходження з другою цілю визначається як момент часу досягнення траверсної відстані з першою цілю, причому на одержаний момент часу передбачається визначення відстані до другої цілі, а потім порівняти його з гранично - допустимою дистанцією. У разі переваги гранично - допустимої дистанції слід збільшити значення приросту курсу ухилення до тих пір, поки дистанція до другої цілі стане рівною або більше гранично - допустимої дистанції. Для даної відстані визначається пеленг на другу цілю, причому зближення з другою цілю при даному курсі є небезпечним.

Маневр швидкістю для розходження з другою цілю передбачає перевірку можливості безпечного розходження зупинкою судна в результаті гальмування. Для цього слід визначити вибіг судна і інтервал часу до його зупинки з урахуванням режиму гальмування, після чого здійснюється порівняння дистанції найкоротшого зближення судна з другою цілю та гранично - допустимою дистанцією, і у разі їх рівності безпечне розходження з другою цілю зупинкою судна можливе. Часто розходження можливе зниженням швидкості судна до певного значення.

У статті приведені аналітичні вирази розрахунку тривалості перехідного процесу активного гальмування і величини пройденної відстані за цей час, які забезпечують розрахунок параметрів маневру розходження судна з другою цілю зниженням швидкості.

Запропонований спосіб розходження судна з двома небезпечними цілями послідовними змінами курсу і швидкості реалізований в комп'ютерній програмі. Як приклад була розглянута ситуація небезпечного зближення судна з цілю із заданими параметрами.

Pyatakov Vladislav Eduardovych, Petrichenko Olga Aleksandrovna, Kaliuzhny Vladislav Vitalievich. Method of successive divergence of ship with two dangerous targets.

In the districts of intensive navigation often there is the situation of rapprochement of ship with two dangerous targets, in which a ship can not safely divide with both targets by a general maneuver, therefore there is the necessity of conducting of two successive maneuvers of divergence with each of aims separately.

The situation of dangerous rapprochement of ship with two aims is considered in the article, thus divergence with the first target executes a ship by the change of course, and with the second targets - change of speed.

Safe divergence of ship foresees in the beginning deviation from the first (the nearest) target by a course which gets out so that a relative course provided equality of distance of the shortest rapprochement of ship with the first target with minimum-possible distance.

The moment of time of completion of divergence with the first target and beginning of braking for divergence with the second target is determined as moment of time of achievement of travers distance with the first target, thus on the got moment of time determination of distance to the second target is foreseen, and then to compare him to minimum - possible distance. In the case of superiority of minimum - possible distance it is necessary to multiply the value of increase of course of deviation until distance to the second target will become equal or more of minimum - possible distance. For this distance, bearing on the second target is determined, thus rapprochement with the second target at this course is dangerous.

A maneuver by speed for divergence with the second target foresees verification of possibility of safe divergence by the stop of ship as a result of braking. For this target it is necessary to define sailing ship and time domain to her stop taking into account the mode of braking, whereupon comparison of distance of the shortest rapprochement of ship with the second target with minimum - possible distance is produced, and in the case of their equality safe divergence with the second target by the stop of ship is possible. Frequently divergence is possible by the decline of speed of ship to the defined value.

In the article resulted analytical expressions of calculation of duration of transitional process of the active braking and size the passed distance for this time, allowing to expect parameters of maneuver of divergence of ship with the second target by the decline of speed.

Offered method of divergence of ship with two dangerous targets by the successive changes of course and speed realized in the computer program. As an example the situation of dangerous rapprochement of ship with targets with the preset parameters was considered.

Ключевые слова: безопасность судовождения, предупреждение столкновений, последовательный маневр расхождения с двумя целями, активное торможение.

Ключові слова: безпека судноводіння, попередження зіткнень, послідовний маневр розходження з двома цілями, активне гальмування.

Keywords: safety of navigation, warning of collisions, successive maneuver of divergence with two targets, active braking.

Ил. 3. Список лит.: 7 назв.

УДК 681.7.0068.4

Сандлер А.К., Карпілов О.Ю. Волоконно-оптичний датчик октанового числа легких палив // Автоматизация судовых технических средств: науч. - техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 88 – 93.

В статье приведены результаты разработки нового схмотехнического решения измерителя октанового числа легких топлив. Предлагаемое схмотехническое решение отличается тем, что датчик изготовлен на волоконно-оптических элементах и является инвариантным к большинству дестабилизирующих факторов.

Сарндлер А.К., Карпилов А.Ю. Волоконно-оптический датчик октанового числа легкого топлива.

У статті наведені результати розробки нового схмотехнічного рішення вимірювача октанового числа легких палив. Пропоноване схмотехнічне рішення відрізняється тим, що датчик виготовлений на волоконно-оптичних елементах і є інваріантним до більшості дестабілізуючих факторів.

Albert Sandler, Aleksandr Karpilov Fiber optic sensor of the octane number of light fuels.

Recently, information-measuring systems, built on the basis of fiber-optic sensors, are increasingly becoming widespread. This trend is due to a number of advantages of fiber-optic sensors over traditional ones: they are highly sensitive, resistant to electromagnetic interference, are electrically passive, of low weight and size, are easily multiplexed and have a low cost of manufacturing sensitive elements.

At the same time, the use of existing fiber optic devices revealed their lack of reliability and safety in the precise control of the properties of light fuels in special operating conditions.

To find ways to improve the metrological characteristics of the devices for controlling the properties of light fuels, the designs of the most common measuring transducers were analyzed.

In the prevailing conditions, it was expedient to develop a new circuit design solution for the fiber optic control device for octane number of light fuels. It was assumed that a constructive implementation based on fiber-optic elements should provide a measuring device:

- no power supply;
- increased security of the elements;
- possibility of compensation of temperature influence on elements of the device and controlled liquid;
- maintaining the high level of sensitivity and performance of devices of known types.

A solution for the proposed problem is proposed by the fiber-optic sensor of an octane number.

The proposed circuit design differs in that the coil is made of a fiber optic fiber and is both an elastic and sensitive element, a sensitive element of the device separated from the liquid by a flexible membrane, and a bi-metal plate is used to compensate for the temperature of the surrounding medium-high. The use of the proposed device in petroleum product control systems will allow adequately and reliably to quantify the octane number of light fuels.

Ключевые слова: волоконная оптика, датчик, октановое число.

Ключові слова: волоконна оптика, датчик, октанове число.

Keywords: fiber optics, sensor, octane number.

Ил. 1. Список лит.: 11 назв.

УДК 629.12

Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.И. Оценка факторов, определяющих энергоэффективность судов внутреннего плавания // Автоматизация судовых технических средств: науч. -техн. сб. – 2018. – Вып. 24. – Одесса: НУ "ОМА". – С. 94 – 102.

Задачи улучшения показателей энергоэффективности и экологичности не утрачивают своей актуальности для судоходства на внутренних водных путях. Особенности движения судов и построения составов судов делают решение этих задач отличным от аналогичных в международном морском судоходстве. Это обусловлено, прежде всего, различием путевых условий, а также применяющейся практикой формирования барже-буксирных составов из одного самоходного судна и различного количества несамходных барж. По этим причинам применение индексов энергоэффективности во внутреннем судоходстве требует дополнительных исследований и обоснований. В данной работе на основании экспериментальных данных расхода топлива при различных способах формирования барже-буксирных составов выполнена оценка характера зависимостей индекса энергоэффективности от скорости движения различных по форме и массовым характеристикам составов. Рассмотрена возможность их применения для определения рациональной скорости движения. Применение показателей энергоэффективности для конвенциональных внутренних водных путей Европы требует использования в качестве определяющего фактора соотношения глубины фарватера к осадке судна или состава судов. В то же время для дунайского судоходства вторым определяющим фактором является форма построения состава. Кроме того, в работе выполнен анализ возможности применения индексов энергоэффективности для определения показателей экономичности и экологичности в условиях фарватера переменной ограниченной глубины. Расчетно-экспериментальными методами определено наличие характерных точек в зависимостях индексов энергоэффективности от основных определяющих факторов, отнесенных к скорости составов, при которых имеет место резкий рост EEI . Показано, что доверительные диапазоны этих скоростей могут совпадать, что дает возможность корректно сформулировать задание поиска рациональных скоростей движения по критериям допускаемого значения EEI и себестоимости рейса.

Суворов П.С., Тарасенко Т.В., Залож В.І. Оцінка основних факторів, які визначають енергоефективність суден внутрішнього плавання.

Задачи покращення показників енергоефективності та екологічності не втрачають своєї актуальності для судноплавства на внутрішніх водних шляхах. Особливості руху суден та формування складів суден роблять рішення цих задач відмінним від аналогічних у міжнародному морському судноплавстві. Це обумовлене, перш за все, розрізненням шляхових умов плавання суден, а також практикою, яка застосовується щодо формування барже-буксирних складів з одного самохідного судна та різної кількості несамхідних барж. За цими причинами застосування індексів

енергоефективності у внутрішньому суднопластві потребує додаткових досліджень та обґрунтувань. У даній роботі на підставі експериментальних даних витрати палива при різних способах формування барже-буксирних складів суден виконана оцінка характеру залежностей індексу енергетичної ефективності від швидкості руху різних за формою та за масовими характеристиками складів суден. Розглянута можливість їх застосування для визначення раціональної швидкості руху. Застосування показників енергоефективності для конвенційних внутрішніх водних шляхів в Європі потребує використання у якості визначаючого фактору співвідношення глибини фарватеру до осадки судна або складу суден. У той же час для дунайського суднопластва другим визначаючим фактором є форма побудови складу суден. Крім того, у даній роботі виконано аналіз можливості застосування індексів економічності та екологічності в умовах фарватеру змінної обмеженої глибини. Розрахунково-експериментальними методами визначена наявність характерних точок у залежностях індексів енергетичної ефективності від основних визначаючих факторів, віднесених до швидкості руху складів суден, при яких має місце різкий зріст *EEI*. Показано, що довірчі діапазони цих швидкостей руху можуть співпадати, що надає можливість коректно сформулювати завдання пошуку раціональних швидкостей руху за критеріями значення *EEI* та собівартості рейсу, що допускаються.

Suvorov P., Tarasenko T., Zalozh V. Evaluation of the main factors that determine the energy efficiency of inland navigation vessels.

Energy efficiency and environment protection improvement are still relevant for navigation on inland waterways. The peculiarities of the movement of ships and barge-tow compounds make the solution of these tasks different from those in international maritime navigation. This is primarily due to the difference in naval conditions, as well as the practice of forming barge-tow compounds from a single self-propelled vessel and a different number of non-self-propelled barges. For these reasons, the use of energy efficiency indexes in inland navigation requires additional studies and backgrounds. In this paper, based on the experimental fuel consumption data for various methods of forming barge-towing compounds, the character of the dependences of the energy efficiency index on the speed of movement of various in form and mass characteristics of the compositions was evaluated. The possibility of their application for determining the rational velocity of motion is considered. The application of energy efficiency indicators for Europe's conventional inland waterways requires the use of the ratio of the depth of the fairway to the draft of the vessel or the barge-tow compound as a determining factor. At the same time, for the Danube shipping, the second determining factor is the form of vessels compound. Additionally, the analysis presented for the feasibility of using energy efficiency indexes to determine economics and environmental friendliness in a variable-depth waterway. The presence of characteristic points on the curves of energy efficiency indices on the main determining factors, related to the speed of the barge-tow compounds at which the sharp growth of the *EEI* occurs, was determined by calculation and experimental methods. It is shown that the confidence ranges of these speeds can coincide, this makes it possible to correctly formulate

the task of searching for rational speeds of traffic by the criteria of the permissible value of *EEI* and the cost of the voyage. Based on the experimental data on fuel consumption for various methods of barge-towed compounds forming, an evaluation of the energy efficiency index curves in function from the movement speed of various in form and mass characteristics ships compositions was performed. The possibility of their application to determine the rational speed of movement, as well as the economics and environmental indicators in the conditions of a variable-depth waterway is considered.

Ключевые слова: энергоэффективность, экологичность, внутреннее судоходство, судно, барже-буксирный состав, навигационные условия, топливная экономичность.

Ключові слова: енергоефективність, екологічність, внутрішнє судноплавство, судно, барже-буксирний склад, навігаційні умови, паливна економічність.

Keywords: energy efficiency, environmental friendliness, inland navigation, ship, barge-towing compound, navigation conditions, fuel efficiency.

Ил. 6. Список лит.: 5 назв.