

ISSN 2313-4763

Міністерство освіти і науки України

Херсонська державна морська академія

НАУКОВИЙ ВІСНИК
ХЕРСОНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ

Науковий журнал

Виходить двічі на рік

№ 2 (15)

Херсон
2016

Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2016. – № 2 (15). – 172 с.

Засновник і видавець – Херсонська державна морська академія

Рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради Херсонської державної морської академії (протокол № 8 від 27.12.2016 р.)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

ХОДАКОВСЬКИЙ Володимир Федорович, к.і.н., професор, головний редактор;

БАРДАЧОВ Юрій Миколайович, д.т.н., професор, заступник головного редактора;

КУЛИКОВА Лілія Борисівна, д.пед.н., професор, заступник головного редактора;

БЕНЬ Андрій Павлович, к.т.н., доцент, заступник головного редактора, відповідальний редактор

Члени редакційної колегії:

БУКЕТОВ Андрій Вікторович, д.т.н., професор;

ГОЛОБОРОДЬКО Євдокія Петрівна, д.пед.н., професор;

ЄВТУХ Микола Борисович, д.пед.н., професор;

ІСАЄВ Євген Олексійович, д.т.н., професор;

ЛЄОНОВ Валерій Євгенович, д.т.н., професор;

МАЛИГІН Борис Вадимович, д.т.н., професор;

СОКОЛОВА Надія Андріївна, д.т.н., професор;

СЕЛІВАНОВ Станіслав Євгенович, д.т.н., професор;

ХОДАКОВ Віктор Єгорович, д.т.н., професор

Адреса редакційної колегії:

73000, м. Херсон, просп. Ушакова, 20, тел. (0552) 22-35-69

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації КВ № 18987-7776ПР від 11.05.2012 р.

Журнал внесено до Переліку наукових фахових видань України (постанова президії ВАК України № 1-05/3 від 30.03.2011 р.)

Журнал індексується українською загальнодержавною реферативною базою даних «Україніка наукова» і представлений у **Науковій електронній бібліотеці Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського**.

Журнал включено до міжнародної наукометричної бази «**Наукова електронна бібліотека E-Library.Ru**» (Російського індексу наукового цитування – РІНЦ) (договір № 732-11/2014 від 24.11.2014 р.).

ISSN 2313-4763

© Науковий вісник Херсонської державної морської академії, 2016

МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ТРАНСПОРТ

БЕЗПЕКА ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Габрук Р. А., к.т.н., докторант Національного університету «Одеська морська академія», E-mail: grostyslav@yahoo.com

На основі аналізу ергодичного марківського процесу розроблено математичну модель, що за допомогою системи диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена обчислює ймовірність безпечного функціонування ергатичної системи. Математичну модель було програмним чином реалізовано у системі програмування Matlab з використанням пакету Simulink.

Ключові слова: ергатична система, безпека мореплавання, система динамічного позиціонування, теорія ймовірності.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Подальший розвиток флоту України з метою забезпечення енергонезалежності держави зумовлює використання систем динамічного позиціонування (СДП) при здійсненні рухомими об'єктами водного транспорту (РОВТ) різних типів технологічних робіт по освоєнню ресурсів континентального шельфу, що потребує реалізації процесів високоточної навігації в збуреному локально обмеженому просторі. Процес керування збуреним рухом РОВТ здійснюється оператором системи динамічного позиціонування (ОСДП), який взаємодіє з технічним комплексом керування. ОСДП приймає відповідні ситуативні рішення і знаходиться на вищому рівні ієрархії складної ергатичної системи. Питання безпеки навігації РОВТ напряму пов'язано із коректним функціонуванням ергатичної системи, що проводить збір даних від різних джерел для оцінки поточних ситуацій, що швидко змінюються як від зовнішніх впливів, так і під дією внутрішніх факторів, приймає ситуативні рішення та реалізує прийняті рішення для отримання цільових результатів згідно з визначеними ресурсами і обмеженнями роботи засобів активного керування.

Аналіз останніх досягнень і публікацій, в яких започатковано вирішення даної проблеми та виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Питання безпеки ергатичних систем визначається у двох основних напрямках. Перший напрям – це коло питань безвідмовної та якісної роботи технічної складової. В цілях підвищення безпеки і зведення до мінімуму наслідків аварій застосовуються технічні і технологічні рішення, впроваджуються нові стандарти безпеки, що націлені на вимоги до конструкції і обладнання РОВТ [1–5].

Аналіз аварій та інцидентів під час ДП змусив міжнародне морське співтовариство звернути увагу на підхід, що враховує роль людини-оператора у безпеці при керуванні процесом навігації. У безпеці функціонування ергатичних систем під людським чинником можна розуміти сукупність можливостей і здатності людини-оператора по прийому, обробці інформації, ухваленню, реалізації і контролю рішень в умовах взаємодії зі складними технічними системами. Оператор системи динамічного позиціонування (ОСДП) має бути компетентною професійною особою згідно з [6].

ОСДП знаходиться у постійному потоці подій, що можуть формувати зони підвищеного ризику подій, що пов'язані з чинниками навколишнього середовища, особливостями технологічної роботи, функціонування самого РОВТ та складних технічних систем.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою статті є пошук нових шляхів оцінки безпеки функціонування ергатичної системи, в якій аналіз потоків подій та прийняття ситуативних рішень щодо управління процесом динамічного позиціонування рухомого об'єкта водного транспорту здійснюється людиною-оператором.

Виклад матеріалу дослідження з обґрунтуванням отриманих наукових результатів. ОСДП знаходиться в потоці подій Λ , який він обробляє для уникнення аварійного розвитку потенційно небезпечних сценаріїв. Під час первинної обробки

в загальному потоці подій ОСДП виділяє важливі події, які викликають необхідність його подальших дій.

Ці події піддаються вторинній обробці. Під час вторинної обробки події поділяються на категорії. Події I категорії важливості є початком ланцюга причинно-взаємопов'язаних подій, які можуть призвести до аварії. Події II категорії важливості не є початком ланцюга причинно-взаємопов'язаних подій, які можуть призвести до аварії і можуть не вимагати першочергової реакції ОСДП.

При здійсненні ДП ергатична система функціонує на досить довгих часових проміжках. Тому для кількісної імовірнісної оцінки станів системи при виконанні ДП РОВТ можна скористатися граничними ймовірностями станів. Застосовувати дане твердження дозволяє оцінка характеру виконуваної технологічної роботи, яка поряд з навколишньою навігаційною обстановкою, особливостями керування процесом високоточної навігації при ДП, формує стаціонарний пуассонівський потік подій Λ . Тобто стаціонарний ординарний потік без післядії. ОСДП при виконанні ним своїх службових обов'язків знаходиться саме в цьому потоці подій, формуючи відповідний потік реакції μ . В такому випадку існують граничні ймовірності станів, які виражаються наступним чином:

$$\tilde{P}_i = \lim_{t \rightarrow \infty} \tilde{P}_i(t). \quad (1)$$

Спираючись на (1), можна зробити наступний висновок. З плином часу функціонування в ергатичній системі встановлюється граничний стаціонарний режим, в ході якого вона переходить зі стану в стан, але ймовірності станів вже не змінюються. В цьому граничному стаціонарному режимі кожна фінальна ймовірність може бути виражена як середній відносний час перебування системи в даному стані.

Система, для якої існують фінальні ймовірності, називається ергодичною і відповідний випадковий процес - ергодичним. Для існування фінальних ймовірностей станів необхідно, щоб потік подій, який впливає на ергатичну систему, був стаціонарним, що визначає наступне:

$$\Lambda = const. \quad (2)$$

При кінцевій множині існування фінальних ймовірностей необхідно і достатньо, щоб з кожного суттєвого стану системи можна було за якесь число кроків перейти в кожний інший суттєвий стан.

Несуттєві стани при розгляді функціонування ергатичної системи на великих часових проміжках не мають визначального значення. Це пояснюється тим, що з кожного такого стану, в який система потрапить на будь-якому з проміжків розглянутого часового інтервалу, вона рано чи пізно піде в якийсь з суттєвих станів і більше в несуттєвий стан не повернеться. Виходячи з цього, граничні ймовірності для несуттєвих станів дорівнюють нулю.

Для знаходження фінальних ймовірностей станів ергатичної системи при протіканні випадкового ергодичного марківського процесу необхідно скласти адекватну систему рівнянь, що складається з диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена.

Перехідні стани марківських процесів, що характеризують функціонування ергатичної системи, яка знаходиться під керуванням ОСДП, зручно описувати використовуючи розмічений граф станів. Сформуємо розмічений граф станів для ергатичної системи, до складу якої входить один ОСДП (рис. 1).

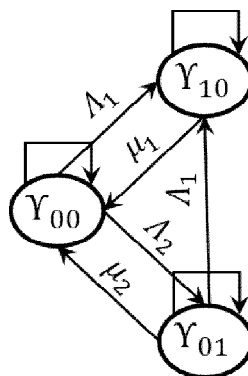


Рисунок 1 – Розмічений граф станів ергатичної системи

На графі відображені наступні стани ергатичної системи: Y_{00} – важливі події не відбулися; Y_{10} – відбулася одна подія I категорії важливості і не відбулося жодної події II категорії важливості; Y_{01} – не відбулося жодної події I категорії важливості, але відбулася одна подія II категорії важливості.

Відповідно до розміченого графа станів ергатичної системи керування ДП складемо систему диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена, враховуючи, що

$$\sum_{i=1}^{\tilde{n}} \tilde{P}_i(t) = 1.$$

$$\begin{cases} \frac{d\tilde{P}_{00}}{dt} = \mu_1\tilde{P}_{10} + \mu_2\tilde{P}_{01} - (\Lambda_1 + \Lambda_2)\tilde{P}_{00}, \\ \frac{d\tilde{P}_{10}}{dt} = \Lambda_1\tilde{P}_{00} + \Lambda_1\tilde{P}_{01} - \mu_1\tilde{P}_{10}, \\ \frac{d\tilde{P}_{01}}{dt} = \Lambda_2\tilde{P}_{00} - (\Lambda_1 + \mu_2)\tilde{P}_{01}, \\ \tilde{P}_{00} + \tilde{P}_{10} + \tilde{P}_{01} = 1, \end{cases} \quad (3)$$

де Λ_1, Λ_2 – інтенсивності стаціонарних пуассонівських потоків подій I і II категорії важливості відповідно, $\frac{1}{c}$; μ_1, μ_2 – інтенсивності потоків реакції одного ОСДП на події I і II категорії важливості відповідно, $\frac{1}{c}$; $\tilde{P}_{00}, \tilde{P}_{10}, \tilde{P}_{01}$ – ймовірності, що відповідають станам Y_{00}, Y_{10}, Y_{01} .

Фінальні ймовірності знаходяться шляхом перетворення системи диференціальних рівнянь Колмогорова-Чепмена в наступну систему лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} (\Lambda_1 + \Lambda_2)\tilde{P}_{00} = \mu_1\tilde{P}_{10} + \mu_2\tilde{P}_{01}, \\ \mu_1\tilde{P}_{10} = \Lambda_1\tilde{P}_{00} + \Lambda_1\tilde{P}_{01}, \\ (\Lambda_1 + \mu_2)\tilde{P}_{01} = \Lambda_2\tilde{P}_{00}, \\ \tilde{P}_{00} + \tilde{P}_{10} + \tilde{P}_{01} = 1, \end{cases} \quad (4)$$

Виходячи з усіх можливих детермінованих станів ергатичної системи, ймовірності її перебування в безпечних та потенційно аварійних станах виражаються наступним чином:

$$\begin{cases} \tilde{P}_{BI} = \tilde{P}_{00} + \tilde{P}_{01}, \\ \tilde{P}_{BII} = \tilde{P}_{00}, \\ \tilde{P}_{AI} = \tilde{P}_{10}, \\ \tilde{P}_{AII} = \tilde{P}_{10} + \tilde{P}_{01}, \end{cases} \quad (5)$$

де $\tilde{P}_{BI}, \tilde{P}_{BII}$ – ймовірності знаходження ергатичної системи у безпечному стані по відношенню до подій I або II категорії важливості відповідно; $\tilde{P}_{AI}, \tilde{P}_{AII}$ – ймовірності знаходження ергатичної системи в потенційно аварійному стані по відношенню до подій I або II категорії важливості відповідно.

Остаточна шукана ймовірність безпеки \tilde{P}_B виражається:

$$\tilde{P}_B = \frac{\Lambda_1}{\Lambda_1 + \Lambda_2} \tilde{P}_{BI} + \frac{\Lambda_2}{\Lambda_1 + \Lambda_2} \tilde{P}_{BII} \quad (6)$$

Система (4) має наступне рішення:

$$\begin{cases} \tilde{P}_{00} = \frac{\mu_1(\Lambda_1 + \mu_2)}{\Lambda_1(\mu_1 + \mu_2 + \Lambda_1 + \Lambda_2) + \mu_1(\mu_2 + \Lambda_2)}, \\ \tilde{P}_{10} = \frac{\Lambda_1(\Lambda_1 + \mu_2 + \Lambda_2)}{\Lambda_1(\mu_1 + \mu_2 + \Lambda_1 + \Lambda_2) + \mu_1(\mu_2 + \Lambda_2)}, \\ \tilde{P}_{01} = \frac{\Lambda_2\mu_1}{\Lambda_1(\mu_1 + \mu_2 + \Lambda_1 + \Lambda_2) + \mu_1(\mu_2 + \Lambda_2)}, \\ \tilde{P}_{00} + \tilde{P}_{10} + \tilde{P}_{01} = 1. \end{cases} \quad (7)$$

Рішення (7) системи (4) з урахуванням (5) та (6) було програмним чином реалізовано в середовищі програмування Matlab з використанням пакету Simulink. Алгоритм розрахунку представлено на рис. 2.

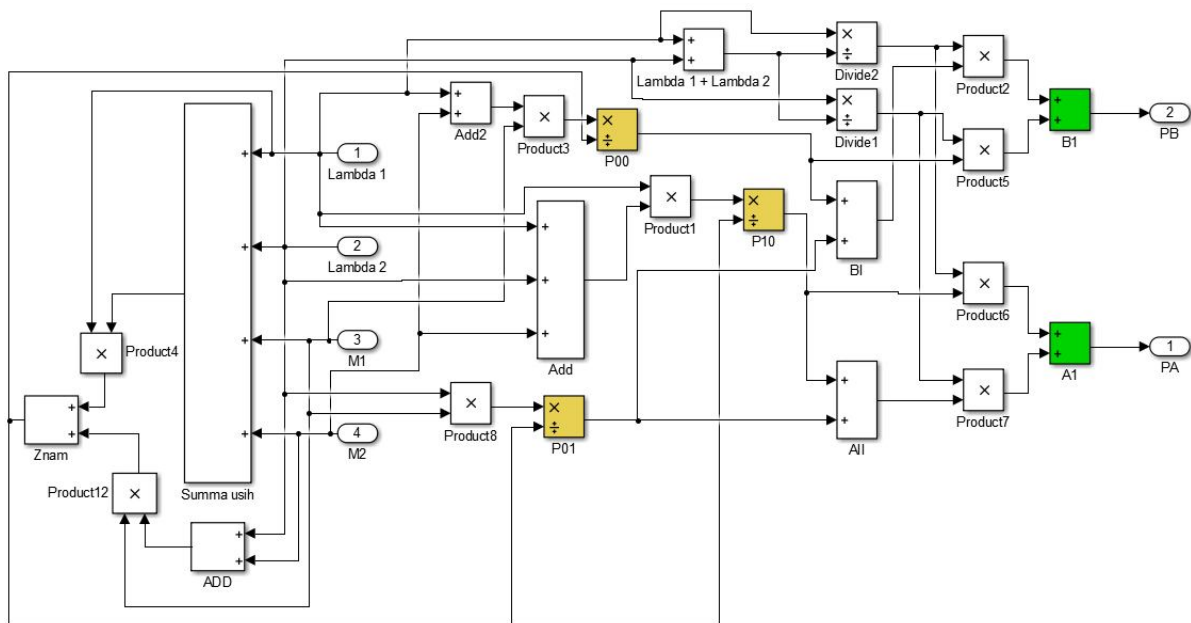


Рисунок 2 – Структура алгоритму розрахунку ймовірностей знаходження ергатичної системи у безпечному й потенційно аварійному станах

Представлений алгоритм розрахунку включає в себе пошук ймовірностей знаходження ергатичної системи у безпечному й потенційно аварійному станах. На підставі аналізу фінальних ймовірностей може бути проведено поточну оцінку безпеки функціонування ергатичної системи.

Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку. Сформовано математичну модель оцінки безпеки ергатичної системи, що знаходиться під керуванням одного ОСДП. Ефективним засобом дослідження процесів функціонування ергатичних систем, підвищення продуктивності науково-дослідницької праці є дослідження на основі математичних моделей, яке набуло подальшого розвитку в комп'ютерному моделюванні. Застосування розробленого алгоритму в середовищі програмування Matlab забезпечує оперативний розрахунок та надання візуальної інформації щодо стану ергатичної системи та має широкі можливості для аналізу системи.

Перспективою є розробка інтегрованого з технічною складовою ергатичної системи комплексу підтримки прийняття рішень щодо безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. IMCA M 182. International Guidelines for The Safe Operation of Dynamically Positioned Offshore Supply Vessels. – IMCA, London, 2006. – 52 p.
2. Det Norske Veritas. DNV Rules for Classification of Ships [Електронний ресурс] : Det Norske Veritas, Oslo, Norway: 2005. – електрон. опт. диск (CD-ROM): цв; 12 см. – Систем. вимоги: Windows 95/98/NT/2000/XP. Acrobat Reader – Заголовок з титул. екрану.
3. Safe Management and Operation of Offshore Support Vessel. – UK Offshore Operators Association/Chamber of Shipping, London, 2002. – 100 p.
4. IMCA M 178. FMEA Management Guide. / IMCA, London, 2005. – 16 p.
5. IMCA M 103. Guidelines for The Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels. / Rev. 1. – IMCA, London, 2007. – 70 p.
6. IMCA M 117 The Training and experience of Key DP Personnel. – IMCA, London, 2006. – 42 p.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. IMCA M 182. International Guidelines for The Safe Operation of Dynamically Positioned Offshore Supply Vessels. – IMCA, London, 2006. – 52 p.
2. Det Norske Veritas. DNV Rules for Classification of Ships [Електронний ресурс] : Det Norske Veritas, Oslo, Norway: 2005. – електрон. опт. диск (CD-ROM): цв; 12 см. – Систем. вимоги: Windows 95/98/NT/2000/XP. Acrobat Reader.
3. Safe Management and Operation of Offshore Support Vessel. – UK Offshore Operators Association/Chamber of Shipping, London, 2002. – 100 p.
4. IMCA M 178. FMEA Management Guide. / IMCA, London, 2005. – 16 p.
5. IMCA M 103. Guidelines for The Design and Operation of Dynamically Positioned Vessels. / Rev. 1. – IMCA, London, 2007. – 70 p.
6. IMCA M 117 The Training and experience of Key DP Personnel. – IMCA, London, 2006. – 42 p.

Габрук Р. А. БЕЗОПАСНОСТЬ ЭРГАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

На основе анализа эргодического марковского процесса разработана математическая модель, которая с помощью системы дифференциальных уравнений Колмогорова-Чепмена вычисляет вероятность безопасного функционирования эргатической системы. Математическая модель была программным образом реализована в системе программирования Matlab с использованием пакета Simulink.

Ключевые слова: эргатическая система, безопасность мореплавания, система динамического позиционирования, теория вероятности.

Gabruk R. A. SAFETY OF ERGATIC SYSTEM

Based on the ergodic Markov process analysis, it was developed a mathematical model, that using the Kolmogorov-Chapman's differential equations system to calculate the safe operation probability of ergatic system. A mathematical model has been implemented in the programming system Matlab using Simulink.

Keywords: ergatic system, safety of navigation, dynamic positioning system, probability theory.

© Габрук Р. А.

Статтю прийнято
до редакції 21.10.16

ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА И СПАСАНИЯ НА МОРЕ, КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ КП «МОРСКАЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНАЯ СЛУЖБА»

Годованюк С. П., аспирант кафедры судовождения и безопасности жизнедеятельности на море Херсонской государственной морской академии, E-mail: godovaniuk1969@mail.ru;

Селиванов С. Е., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой судовождения и безопасности жизнедеятельности на море Херсонской государственной морской академии, E-mail: selivanstas@mail.ru

В статье показано, что с целью выполнения обязательств по международным договорам, стороной которых является Украина, Постановлением Кабинета Министров Украины восстановлена единая система поиска и спасения на море, определена структура системы, в которой обеспечение надлежащего функционирования и дальнейшее развитие системы поиска и спасения на море лежит на казенном предприятии «Морская поисково-спасательная служба». Рассмотрены научные основы формирования облика единой системы поиска и спасения на море и обоснование концепции развития казенного предприятия КП «Морская поисково-спасательная служба». Формирование облика системы в настоящей работе основывается на исследовании моделей, получаемых с помощью различных методов описания исследуемого объекта. В ходе проведения исследований использованы следующие виды: структурное и функциональное, каждый вид описания порождает соответствующие типы моделей. Показано, что математически структурные свойства системы могут быть представлены графом структуры системы или в виде матрицы отношений между его элементами. Функциональная модель достаточно полно и адекватно отражает сущность функционирования системы. Более подробную характеристику функциональных связей с учетом логического взаимодействия отдельных элементов системы дают такие специальные методы исследования функционального анализа систем, как метод профессионального анализа, метод логической цепи, метод «черного ящика». В заключении рассмотрена концепция развития КП «Морская поисково-спасательная служба».

Ключевые слова: формирование, облик, поиск, спасание, служба, система, модель, метод, концепция.

Введение. Согласно статистике под флагами более чем 130 стран мира воды Мирового океана бороздят свыше 55 тыс. крупнотоннажных судов и 200 млн. мелких – катеров, парусных яхт, ботов. Около 4/5 транспортных перевозок на земном шаре осуществляется по Мировому океану. Ежедневно в его водах находится 25 тыс. судов, экипажи которых насчитывают около 1 млн. человек. Очевидно, что при таком количестве судов, несмотря на совершенствование их конструкций, способов вождения, оснащение новейшими техническими средствами, нельзя полностью избежать аварий и катастроф.

По данным Регистра судоходства Ллойда (лондонское классификационное общество), ежегодно гибнет 350 - 400 судов общим весом судов и грузов 600–800 тыс. тонн, в результате кораблекрушений ежегодно погибает более 2 тыс. человек [1]. Кроме того, еще на 7–8 тыс. судов случаются серьезные аварии, не приводящие к катастрофическим последствиям.

Серьезные аварии с судами, приведшие к гибели людей в катастрофических масштабах, вызвали беспокойство во многих государствах мира.

Международная морская организация (ИМО) в связи с этим определила основные задачи безопасности человеческой жизни на море, осуществления операций поиска и спасения терпящих бедствие на морских и океанских просторах, [отметим, что в статье встречаются слова спасение и спасание, правильное употребление этих слов следующее: спасение – от глагола «спасти» (что сделать?) – завершённое действие, результат спасания; спасание – от глагола «спасать» (что делать?) – незавершённое действие].

Выполнение международных документов является обязательным для всех прибрежных государств, к которым относится и Украина.

С целью выполнения обязательств по международным договорам, стороной которых является Украина, Мининфраструктуры Украины инициировало перед Кабинетом Министров восстановление единой системы поиска и спасания на море, в связи с этим Кабинет Министров Украины Постановлением от 24 февраля 2016 года № 158 принял решение «О восстановлении единой системы поиска и спасания на море» (ЕСПСМ) и согласился с предложением Министерства инфраструктуры относительно отмены решения о ликвидации государственного предприятия «Морская аварийно-спасательная служба» и присоединения его к казенному предприятию «Морская поисково-спасательная служба».

Отметим, что казенное предприятие – юридическое лицо, созданное государством как единственным учредителем. Имущество юридического лица этого вида принадлежит не самому лицу, а учредителю, то есть государству.

Для обеспечения согласования действий центральных и местных органов власти, предприятий, учреждений и организаций по вопросам, связанным с функционированием и развитием системы поиска и спасания в морском поисково-спасательном районе Украины Кабинет Министров 16 ноября 2016 г. № 830 образовал Координационный комитет по поиску и спасанию на море.

Организационно-техническое обеспечение деятельности Комитета осуществляет Мининфраструктуры при участии казенного предприятия «Морская поисково-спасательная служба» (КП «МПСС»). Таким образом, КП «МПСС» находится в среде единой системы поиска и спасания на море.

Главная задача КП «МПСС» – предоставление информации, в том числе и графическом виде, о состоянии национальной единой системы безопасности на морском транспорте соответствующим должностным лицам Министерства инфраструктуры.

За организацию круглосуточного мониторинга аварийных ситуаций на море и координацию проведения поисково-спасательных операций в пределах морского поисково-спасательного района Украины несет ответственность государственный морской спасательно-координационный центр (ГМСКЦ, г. Одесса), являющийся структурным подразделением КП «МПСС» и закрепленный за определенным районом морского поисково-спасательного района ответственности Украины – морской спасательно-координационный подцентр (МСКПЦ, г. Мариуполь), являющийся структурным подразделением ГМСКЦ.

На рис. 1 показано расположение объекта ГМСКЦ (г. Одесса), МСКПЦ (г. Мариуполь), береговые радиоцентры (БРЦ) и пост оповещения (г. Бердянск) в морском поисково-спасательном районе ответственности Украины.

На карте не показаны расположение МСКПЦ (г. Севастополь) и МСКПЦ (г. Керчь), которые находятся на временно оккупированной территории АР Крым и оперативно вышли из подчинения ГМСКЦ.

Из выше проведенного обзора структуру существующей единой системы поиска и спасания на море можно представить следующим образом (рис. 1).

Обеспечение надлежащего функционирования и дальнейшее развитие системы поиска и спасания на море лежит на КП «МПСС».

Целью настоящей работы является разработка научных основ формирования облика единой системы поиска и спасания на море и обоснование концепции (от лат. *conceptio* – «понимание», «система») развития КП «Морская поисково-спасательная служба».

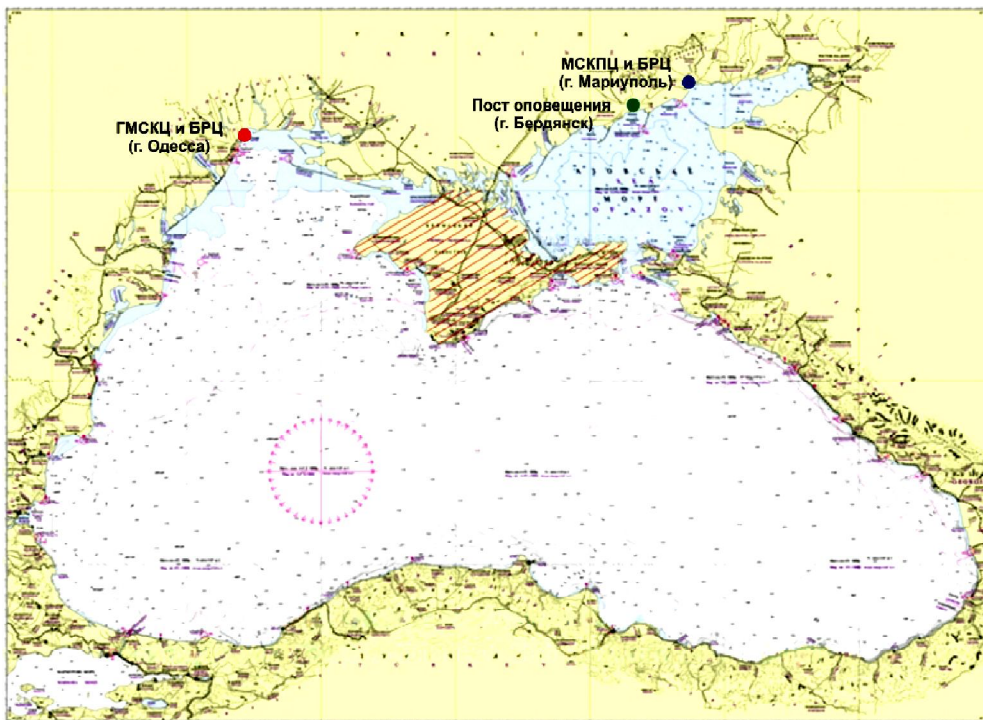


Рисунок 1 – Расположение объектов ГМСКЦ, МСКПЦ, береговых радиостанций (БРЦ) и поста оповещения в морском поисково-спасательном районе Украины

Изложение материала исследования.

I. Разработка научных основ формирования облика единой системы поиска и спасания на море. Формирование: синонимы – образование, создание. Облик включает характеристику, структуру, состав объекта.

Формирование облика основывается на исследовании моделей, получаемых с помощью различных методов описания исследуемого объекта в данном случае системы.

Под моделью будем понимать мысленное логическое, графическое или математическое описание системы.

ЕСПСМ на сегодня рассматривается не как вновь проектируемая система, а действующая система, поэтому применение известных методов оптимального проектирования систем не представляется возможным.

Система – это совокупность взаимодействующих элементов, которые имеют интегральные свойства, не присущие каждому из этих элементов отдельно.

Структура и состав уже действующей ЕСПСМ показывает, что ее можно рассматривать как сложную систему.

Сложная система подразумевает согласованную работу с ее составными частями.

Одним из основных приемов исследования сложной системы является декомпозиция. Декомпозиция состоит в расчленении исходной задачи на ряд независимых.

Универсальным методом исследования является системный подход.

Согласно принятым взглядам [2] системный подход заключается в том, что требуется провести исследование объекта, как единого целого или системы, включающей в себя другие составные элементы, находящиеся во взаимодействии.

Для описания системы в ходе проведения исследований используют следующие виды: структурное, функциональное и др.

Каждый вид описания порождает соответствующие типы моделей.

Отметим, что модель структуры системы должна отображать отношения элементов, как между собой, так и с внешней средой (внешняя среда – это все те факторы, которые находятся за пределами системы и могут на нее воздействовать).

Общая задача структурного анализа : исходя из заданного описания элементов, получить некое представление о свойствах системы в целом (на рис. 2. представлена структура единой системы поиска и спасания на море в зоне ответственности Украины) и о свойствах подсистем.

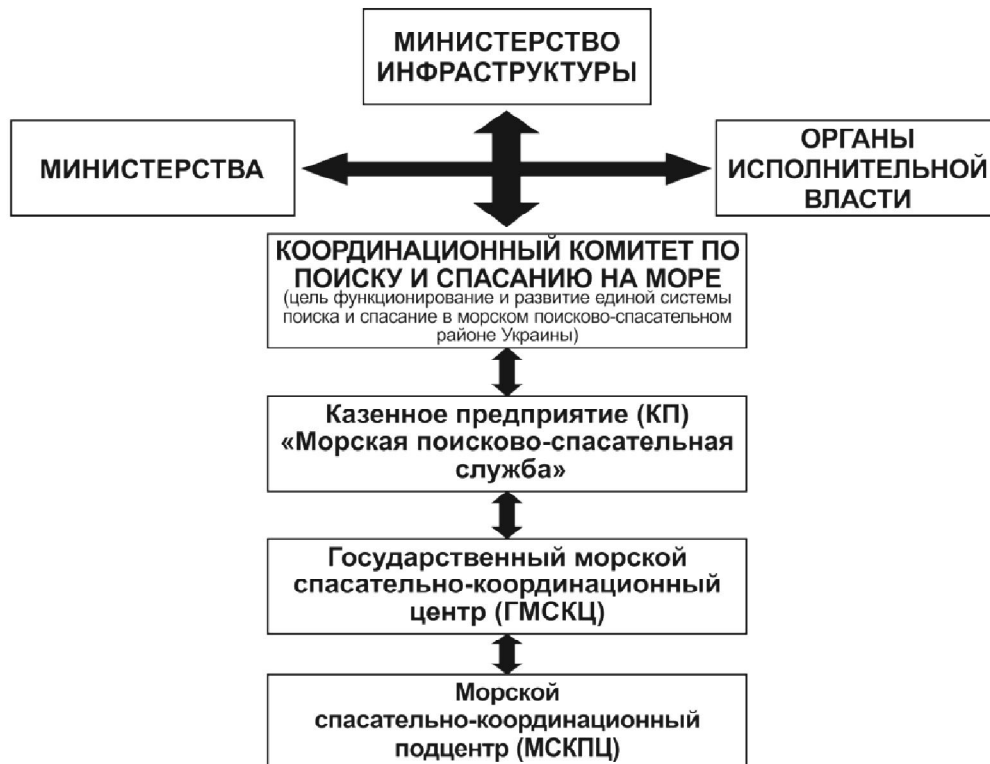


Рисунок 2 – Структура единой системы поиска и спасания на море в зоне ответственности Украины

Структурный вид описания ориентируется на материально-техническую структуру системы и в первом приближении может быть представлен в виде таблицы сил и средств, используемых для создания системы.

В процессе обоснования структурных свойств единой системы поиска и спасания выявлены следующие шаги по формированию системы:

- анализ структуры действующей системы;
- выявление структурных свойств ЕСПСМ;
- привязка структурных свойств КП «МПСС» к структуре действующей системы ЕСПСМ;
- выделение базовой структуры КП «МПСС»;
- оценка степени соответствия базовой структуры КП «МПСС» требованиям решения целевых задач;
- корректировка базовой структуры КП «МПСС» с целью удовлетворения требованиям решения целевых задач в особых условиях применения ЕСПСМ.

При таком методическом подходе структурные свойства ЕСПСМ характеризуются высокой устойчивостью.

Поскольку структурные отношения обладают большой устойчивостью, при таком подходе можно проводить исследование ЕСПСМ, абстрагируясь от связей системы с внешней средой. Это позволяет уделить основное внимание структуре самой системы, провести исследование взаимосвязей внутри самой системы методами структурного анализа.

Математически структурные свойства системы могут быть представлены графом структуры системы или в виде матрицы отношений между его элементами.

Когда речь заходит о графе, большинство людей представляют себе график,

т.е. нечто вроде диаграммы, отражающей какую-нибудь деятельность структуры, или гладкую кривую, позволяющую наглядно представить свойства какой-нибудь математической функции. Но для огромного (и всевозрастающего) числа математиков слово «граф» означает нечто совсем иное.

Граф – это сложная нелинейная многосвязная динамическая структура, отображающая свойства и связи сложного объекта [3].

Наибольшей популярностью теоретико-графовые модели используются при исследовании систем сетевой структуры.

В статье [4] показано, что введение графа позволило дать наглядную информацию о структуре единой морской поисково-спасательной системы в зоне ответственности Украины, показать вероятностные структурно-топологические характеристики графов связей между элементами структуры в различных условиях его функционирования, что дает возможность решать широкий круг задач системы поиска и спасения с заданными показателями эффективности и качества. Используя различные структуры графов, получили структурно-топологические характеристики графа связей, что дало возможность провести полный анализ устойчивости связей между элементами структуры системы в различных условиях его функционирования.

Однако, графические структурные модели не дают достаточно полного представления о связях и отношениях в структуре системы, возникающих в процессе его функционирования. Дело в том, что структура является как бы скелетом системы и отражает только наиболее явные и неизменные связи в системе.

Действительные связи в системе в наибольшей степени проявляются при ее применении по целевому назначению, то есть в процессе ее функционирования.

Эти связи являются динамическими и их описание требует введения временных функций.

Возможности описания динамических свойств значительно расширяются при функциональном описании системы. Такое функциональное описание производится с помощью временных диаграмм, функциональных схем, алгоритмов работы системы, функциональных моделей.

Таким образом, вторым направлением системных исследований по формированию облика ЕСПСМ является использование функционального подхода.

Функциональная модель дает наиболее полное отражение функционирования системы [5]. Она представляет собой логико-графическое изображение состава и взаимосвязей системы, получаемых путем их формулировки и установления порядка подчинения.

Для того чтобы функциональная модель достаточно полно и адекватно отражала сущность функционирования системы, ее формирование осуществляется на основе определенных принципов и правил.

Следовательно, при формировании функциональной модели необходимо проверять, чтобы каждая выделяемая функция обладала конкретной целенаправленностью и определенностью содержания, учитывались бы внутрисистемные отношения каждой части системы, в содержании (формулировке) должны отражаться характерные особенности самой системы и системы более высокого уровня.

Давая предварительное представление о процессах функционирования системы, функциональные модели все же не позволяют четко определить свойства каждого звена функциональной модели и не в полной мере отражают всех существенных связей в системе.

Более подробную характеристику функциональных связей с учетом логического взаимодействия отдельных элементов системы дают такие специальные методы исследования функционального анализа систем, как метод профессионального анализа, метод логической цепи, метод «черного ящика».

Метод професійного аналізу являється найбільш старим і апробованим способом визначення функцій системи, при якому з допомогою таких опрацьованих методів, як аналіз, абстрагування і використання професійного досвіду спеціалістів в даній і суміжній областях досліджень виявляються функції аналізованої системи.

Метод «чорного ящика» в даному випадку ґрунтується на аналізі відмінностей між початковою позицією в динаміці розвитку системи і кінцевою позицією, тобто станом системи в момент застосування або після виконання певних цільових завдань. З аналізу відмінностей між двома станами системи виявляється основна функція об'єкта дослідження як цілеспрямованої системи.

Метод логічної ланки ґрунтується на поступовому розкритті всієї послідовності пов'язаних функцій, які характеризують структуру аналізованої системи. При такому підході проводиться опис логічних функцій і їх систематизація в процесі функціонування системи.

Прикладом такого підходу в дослідженні систем слугує FAST (методика системного аналізу функцій) – один з найбільш сильних і простих інструментів аналізу і класифікації функцій (автор – Ч. Байтуей (США), 1965 р.) [6].

Методика FAST ґрунтується на застосуванні детермінованої логіки (метод логічного мислення) і передбачає побудову діаграм функцій, нагадує мережні графіки. В такій системі лінію критичного шляху складають ті функції, які повинні бути виконані обов'язково для реалізації основної функції системи.

II. Обґрунтування концепцій розвитку КП «Морська пошуково-рятувальна служба». Проаналізувавши формування вигляду ЕСПСМ і розглянувши її структуру, відзначимо, що основну роль в формуванні системи виконує КП «МПСС», в склад якої входять ГМСКЦ і його підсистема МКСКПЦ, проведемо обґрунтування концепції розвитку КП «МПСС».

Відзначимо, що головне завдання КП «МПСС» – надання інформації, в тому числі і графічного вигляду, про стан національної системи безпеки на морському транспорті відповідним посадовцям Міністерства інфраструктури

Концепція – визначений спосіб розуміння, трактування якого-небудь предмету, явища або процесу; керівна ідея, основна точка зору на предмет.

При обґрунтуванні концепції КП «МПСС» необхідно розглядати два основні об'єкти дослідження:

- безпосередньо КП «МПСС» як складну організаційно-технічну систему, що входить до складу ЕСПСМ;
- систему КП «МПСС», в склад якої входять ГМСКЦ і його підсистема МКСКПЦ.

Концепція розвитку КП «МПСС» повинна визначати організаційно-технічне забезпечення стійкого функціонування і подальшого розвитку ЕСПСМ в морському пошуково-рятувальному районі України.

В зв'язі з цим розроблено Устав КП «МПСС» [7], в якому предметом діяльності Підприємства являється:

- організація і проведення пошуково-рятувальних робіт;
- забезпечення стійкого функціонування і подальшого розвитку національної системи пошуку і рятування в морському пошуково-рятувальному районі України, координація і проведення морських і авіаційних пошуково-рятувальних операцій;
- підтримка судами, плавсередствами, авіаційними засобами технічними засобами і береговими підрозділами постійної пошуково-рятувальної готовності для здійснення пошуку і рятування в морському пошуково-рятувальному районі України;

- осуществление мероприятий по привлечению воздушных судов для авиационного поиска в морском поисково-спасательном районе Украины;
- содержание, обслуживание судов, плавсредств, авиационных средств, технических средств, средств связи в случае бедствия, береговых подразделений, в том числе в период ремонта;
- ремонт, модернизация, реконструкция, строительство и приобретение поисково-спасательных судов, сооружений, плавсредств, авиационных средств, технических средств и средств связи в случае бедствия;
- реализация, развитие и использование систем морской подвижной связи и внедрение комплекса Глобальной морской системы связи при бедствиях и для обеспечения безопасности (ГМССБ), организации и поддержки Единой распределенной базы данных судов под Государственным флагом Украины;
- организационно-техническое обеспечение участия Украины в международной организации КОСПАС-САРСАТ;
- организация работ по обеспечению и координации деятельности по развитию и эффективному функционированию ГМССБ, совершенствование национального берегового сегмента ГМССБ;
- обеспечение функционирования государственного морского спасательного координационного центра (ГМСКЦ), морских спасательных подцентров (МСКПЦ) и береговых радиоцентров ГМССБ;
- обеспечение единой организационной и технической политики по развитию и использованию средств связи и радиоопределению для морской подвижной службы в национальных и международных, традиционных и спутниковых системах;
- обеспечение функционирования Национального центра данных системы дальней идентификации и контроля местонахождения судов и системы судового охранного оповещения;
- обеспечение международных расчетов за услуги связи, предоставляемые потребителям зарубежными станциями по использованию систем морского движимого и морской подвижной спутниковой связи согласно международных актов и рекомендаций Международного союза электросвязи;
- участие в разработке проектов перспективного развития морских, воздушных и береговых систем телекоммуникаций на транспорте, координация работ по созданию и эксплуатации на транспорте подвижных и стационарных наземных технических средств традиционной и спутниковой связи и систем радиоопределения;
- разработка и внедрение рекомендаций по применению импортных средств связи и электронавигационных приборов с целью оборудования судов аппаратурой, которая соответствует требованиям международных конвенций и национальных нормативных документов;
- организация и обеспечение охраны труда и выполнения мероприятий в сфере гражданской защиты, пожарной и техногенной безопасности на собственных объектах;
- проведение ремонтных и пусконаладочных работ на береговых и морских объектах системы поиска и спасения;
- осуществления водолазных работ;
- участие в установленном порядке в работе международных и других организаций и их рабочих органов, комитетов и подкомитетов, комиссий по вопросам поиска и спасения на море, морского подвижного и спутниковой связи (Международной морской организации (ИМО), МОРСЗ (ИМСО), МСЭ (ITU), ССЕ (ITU-R), МОМСЗ (INMARSAT), Международной организации гражданской авиации (ИКАО) и др.);
- осуществление внешнеэкономической деятельности в соответствии с требованиями действующего законодательства;
- принятие участия в научном и информационном обеспечении национальной системы поиска и спасения на море;

- осуществление анализа национального, международного опыта и взаимодействие с соответствующими органами иностранных государств по вопросам поиска и спасения на море;
- осуществление деятельности, связанной с государственной тайной, организация в пределах полномочий, выполнение задач по мобилизационной подготовке и мобилизационной готовности;
- содержание и обеспечение эффективного использования государственного имущества, закрепленного за предприятием;
- осуществление других видов деятельности, не запрещенных законом.

Чтобы выполнять предписанную деятельность, Предприятию необходимо иметь надежные источники финансирования. Как отмечает руководство, в этом проблем нет. Основные проблемные места концепции развития предприятия заключаются, как это ни странно, в отсутствии подготовленных кадров, которые могут профессионально оперировать условиями выполнения SAR-79 и точно знают, что необходимо делать и как. Многие капитаны не всегда готовы к этому.

Поэтому первоочередной задачей службы является создание эффективной команды профессионалов, костяк которых будет постепенно аккумулировать знания и передавать их следующим поколениям специалистов, которые захотят связать свою карьеру с выполнением почетной задачи по поиску и спасению людей в открытом море.

Концепция развития КП «МПСС» непосредственно связана со своими структурными подразделениями – Центром ГМСКЦ и подцентром МРКПЦ.

ГМСКЦ является оперативным средством, которое несёт ответственность за координацию реагирования и проведение поисково-спасательных операций в морской зоне ответственности Украины.

ГМСКЦ (г. Одесса) с береговым центром БРЦ должен быть способен поддерживать связь с МСКПЦ (г. Мариуполь), со своим БРЦ, а также с БРЦ (г. Бердянск) и непосредственно с капитанами морских судов.

В функции БРЦ входит прием и передача оповещения о бедствии и связь для координации проведения поисково-спасательных операций. Каждая станция имеет надежную телефонную и телексную связь с Центром.

ГМСКЦ и МСКПЦ предназначены для круглосуточного мониторинга аварийных ситуаций на море и координации проведения спасательных операций.

Несут круглосуточные вахты высококвалифицированные капитаны-координаторы, которые постоянно готовы принять и обработать сигнал бедствия и спланировать поисково-спасательную операцию в морском поисково-спасательном районе Украины.

Основные функции ГМСКЦ:

- прием, подтверждение приема и ретрансляция сообщений о бедствии;
- координация мер реагирования поиска и спасение (SAR);
- проведение операций по поиску и спасению (SAR).

На сегодня Центр (г. Одесса) оснащен всем необходимым комплексом технических средств, позволяющих осуществлять мониторинг движения судов в морском поисково-спасательном районе Украины.

Проведена модернизация Центра. Его программное обеспечение и технологическое оборудование стали самыми современными на Черном море.

Специалисты ведомств, в случае получения сигнала бедствия, смогут непосредственно в Центре проводить совещания по поводу организации поисково-спасательных операций. Для оперативного и взвешенного принятия решений в Центре есть наиважнейшая – в режиме «он-лайн» карта, которая отображается на мониторе, можно визуальным образом проследить место нахождения судна, терпящего бедствие и получить информацию о судах, которые в данный момент находятся рядом либо следуют в район происшествия и, соответственно, смоделировать ход поисково-спасательной операции.

Выводы. В статье представлена структура единой системы поиска и спасания на море в зоне ответственности Украины. Методология формирования облика перспективной единой системы поиска и спасания на море может быть представлена как совокупность принципов системного подхода, ориентированных на обоснование концепции КП «Морская поисково-спасательная служба». Формирование облика единой системы поиска и спасания на море в настоящей работе основывается на исследовании моделей, получаемых с помощью различных методов описания исследуемого объекта. В ходе проведения исследований использованы следующие виды: структурное и функциональное, каждый вид описания порождает соответствующие типы моделей. Функциональная модель достаточно полно и адекватно отражает сущность функционирования системы. Рассмотрена концепция развития КП «Морская поисково-спасательная служба», которая определяет будущее состояние системы и степень соответствия ее функциональных возможностей задачам КП морской поисково-спасательной службы.

Дальнейшая работа будет сводиться к применению теории графов структурных связей, позволяющей дать наглядную информацию о составе и структуре системы, показать вероятностные структурно-топологические характеристики графов связей между элементами структуры в различных условиях его функционирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойович Войо. Международно-правовые аспекты обеспечения безопасности мореплавания в ср Югославии : автореф. дис. на получение наук. степени канд. техн. наук : спец. 12.00.11 «Международное право» / Войо Бойович. – К., 2003. – 20 с.
2. Первозванский А. А. Декомпозиция, агрегирование и приближенная оптимизация / А. А. Первозванский, В. Г. Гайцгори. – М. : Наука, 1979. – 344 с.
3. Зыков А. А. Основы теории графов / А. А. Зыков. – М. : Вузовская книга, 2004. – 664 с.
4. Годованюк С. П. Исследования структурных свойств морской поисково-спасательной системы в зоне ответственности Украины / С. П. Годованюк, С. Е. Селиванов // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Херсонська державна морська академія, 2014. – № 1 (10). – С. 4–15.
5. Кузьмина Е. А. Функциональное моделирование / Е. А. Кузьмина, А. М. Кузьмин // Машиностроитель. – М., 2002. – № 2. – С. 40–47.
6. Кузьмин А. М. Методика системного анализа функций / А. М. Кузьмин // Методы менеджмента качества. 2004. – № 4. – С. 32.
7. Статут казенного підприємства «Морська пошуково-рятувальна служба» Наказ від 25 березня 2016 року № 119, Затверджено міністерством інфраструктури України, м. Одеса – 2016.

REFERENCES

1. Boyovich Boyo. International legal aspects of maintenance of safety of navigation in sr Yugoslavia: автореф. дис. On reception of sciences. Degrees of a Cand. Tech. Sci. : spec. 12.00.11 «international law» / Boyo Boyovich. – K: 2003. – 20 s.
2. Pervozvansky A. A. Dekompozitsija, aggregation and the approached optimisation / A. A. Pervozvansky, V.G.Gajtsgori. – M: a science, 1979, 344 s.
3. Zykov A. A. Bas of the theory of counts / A. A. Zykov. – M.: The high school book, 2004. – 664 s.
4. Godovanjuk S. P. of Research of structural properties of sea search and rescue system in a zone of responsibility of Ukraine / S. P. Godovanjuk, S. E. Selivanov // Naukoviij visnik KhDMI : naukoviij zhurnal. – Kherson : KhDMI, 2014. – № 1 (10). – S. 4 – 15.
5. Kuzmin E. A. Funktsionalnoe modelling / E.A.Kuzmin, A. M.Kuzmin // – M.: The Machine engineer, 2002. – № 2. – S. 40 – 47.

6. Kuzmin A.M. the Technique of the system analysis of functions. Quality management methods / A. M.Kuzmin. 2004. - № 4. – S. 32.

7. The statute state the enterprise «The sea search-saving service» the order ві 25 march to 2016, fate № 119, It is confirmed the ministry Infrastructures Ukraine, – Odessa: 2016.

Годованюк С. П., Селіванов С. Є. ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА И СПАСАНИЯ НА МОРЕ, КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ КП «МОРСКАЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНАЯ СЛУЖБА»

У статті показано, що з метою виконання зобов'язань по міжнародних договорах, стороною яких є Україна, Постановою Кабінету Міністрів України відновлена єдина система пошуку й рятування на морі, визначена структура системи, у якій забезпечення належного функціонування й подальший розвиток системи пошуку й порятунку на морі лежить на казенному підприємстві «Морська пошуково-рятувальна служба». Розглянуті наукові основи формування вигляду єдиної системи пошуку й рятування на морі та обґрунтування концепції розвитку казенного підприємства КП «Морська пошуково-рятувальна служба». Формування вигляду системи в справжній роботі ґрунтується на дослідженні моделей, одержуваних за допомогою різних методів опису досліджуваного об'єкта. У ході проведення досліджень використані наступні види: структурне, функціональне, кожний вид опису породжував відповідні типи моделей. Показано, що математично структурні властивості системи можуть бути представлені графом структури системи або у вигляді матриці відносин між його елементами. Функціональна модель досить повно й адекватно відображає сутність функціонування системи. Більш докладну характеристику функціональних зв'язків з урахуванням логічної взаємодії окремих елементів системи дають такі спеціальні методи дослідження функціонального аналізу систем, як метод професійного аналізу, метод логічного ланцюга, метод «чорного ящика». У висновку розглянута концепція розвитку КП «Морська пошуково-рятувальна служба».

Ключові слова: формування, вигляд, пошук, рятування, служба, система, модель, метод, концепція.

Godovanjuk S. P, Selivanov S. E. FORMATION OF SHAPE OF UNIFORM SYSTEM OF SEARCH AND RESCUINGS ON THE SEA, THE CONCEPT OF DEVELOPMENT KP «SEA SEARCH AND RESCUE SERVICE»

In article it is shown, that for the purpose of performance of obligations under the international contracts which party is Ukraine the Decision of the Cabinet of Ukraine the uniform system of search and rescuing on the sea is restored, the system structure in which maintenance of appropriate functioning and the further development of system of search and rescue on the sea lays on казенномом the enterprise «Sea search and rescue service» is defined. Scientific bases of formation of shape of uniform system of search and rescuing on the sea and a substantiation of concepts of development of state enterprise KP «Sea search and rescue service» are considered. Formation of shape of systeme in the present work is based on research of the models received by means of various methods of the description of investigated object. During carrying out of researches following kinds are used: structural, functional, each kind of the description generated corresponding types of models. It is shown, that математически structural properties of system can be presented the count of structure of system or in the form of a matrix of relations between its elements. The functional model full enough and adequately reflects essence of functioning of system. More detailed characteristic of functional communications with the account of logic interaction of separate elements of system such special methods of research of the functional analysis of systems, as a method of the professional analysis give, a method of a logic chain, a method of «a black box». In the conclusion the concept of development KP «Sea search and rescue service» is considered.

Keywords: formation, shape, search, rescuing, service, system, model, a method, the concept.

© Годованюк С. П., Селіванов С. Є.

Статтю прийнято
до редакції 18.11.16

УДК 567.456

ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВЫХ ВТУЛОК

Исмаилов Н. Ш., д.т.н., профессор Азербайджанской государственной морской академии (г. Баку, Азербайджанская Республика), e-mail: akademiya@acsc.az

Исмаилов А. Р., асистент Азербайджанской государственной морской академии (г. Баку, Азербайджанская Республика), e-mail: akademiya@acsc.az

Мамедов Э. Д., асистент Азербайджанской государственной морской академии (г. Баку, Азербайджанская Республика), e-mail: akademiya@acsc.az

Рассмотрены некоторые аспекты повышения эффективности процессов теплообмена судовых двигателей. Установлено, что с увеличением индикаторной работы наблюдается рост эффективности двигателя при неизменном уровне внутренних потерь.

Определено, что увеличение термического сопротивления теплопередачи при равенстве передаваемого в охлаждение количества теплоты и других факторов теплообмена требует увеличения температурного напора между тепловоспринимающей и теплоотдающей поверхностями цилиндра за счёт нового значения температуры тепловоспринимающей поверхности.

Увеличение температуры тепловоспринимающей стенки при возросшем температурном напоре возможно только за счёт увеличения температуры газа в цилиндре. Увеличение температуры газа приводит к возрастанию его теплосодержания, что повышает работоспособность газа за счёт роста давления в цилиндре.

Снижения неполноты сгорания топлива и повышения температуры внутрицилиндровых процессов создает условия для повышения эффективности процессов теплообмена судовых двигателей. Показан положительный эффект предложенных конструкционных решений и их аддитивной технологической реализации.

Ключевые слова: процессы теплообмена, судовые двигатели, индикаторная работа, внутренние потери, конструкционные решения, аддитивные технологии.

Введение. Поршневые двигатели внутреннего сгорания являются одними из самых конструктивно-технологически сложных машин. Элементы этих машин, в том числе цилиндрические втулки, головки цилиндров и поршни, работают в экстремальных условиях [1, 2].

Их работа зависит от выбора конструкционных материалов и размеров деталей, температуры и давления рабочего тела, условий теплопередачи и теплообмена и ряда других факторов. Такое разнообразие факторов создает определённые трудности, действие которых наиболее эффективно проявляется в тех или иных условиях [3, 4].

Например, цилиндрическая втулка для обеспечения функциональных характеристик должна иметь определённые физико-механические свойства. Различные поверхности цилиндрической втулки должны иметь следующие физико-механические свойства. На рис. 1 приведена схема положения цилиндрической втулки, установленной в блок двигателя, который:

- 1) поверхность 5 подвергается интенсивному трению и воспринимает высокое давление и температуру газа и поэтому должна иметь малый коэффициент трения, высокую износостойкость, прочность и жаропрочность;
- 2) поверхность 6 интенсивно омывается водой системы охлаждения, на этой поверхности образуются очаги коррозионного и кавитационного разрушения;
- 3) тело цилиндрической втулки 2 обеспечивает теплоотвод газов и сил трения, но вместе с ним тело втулки должно иметь значительное термическое сопротивление.

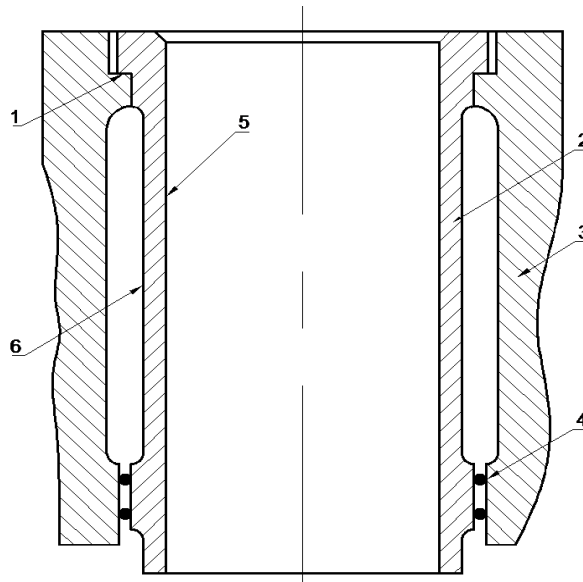


Рисунок 1 – Положение цилиндровой втулки в блоке двигателя:

1 – опорный буртик; 2 – втулка цилиндровая; 3 – блок цилиндра; 4 – кольцевые прокладки; 5 – рабочая поверхность; 6 – поверхность охлаждения

Наиболее распространёнными конструкционными материалами для цилиндрических втулок высоко- и среднеоборотных дизелей является серые чугуны марок СЧ20÷СЧ 30 (ГОСТ 4832-95) [5, 6].

Установлено, что указанные серые чугуны отвечают требованиям пункта а), но пунктам б) и в) они мало соответствуют. Пункту б) отвечает литейная сталь и биметаллические цилиндрические втулки [6, 7].

Что касается пункту в), то коэффициенты теплопроводности стали и чугуна близки, т.е. $\lambda=50$ Вт/м·град. Поэтому чугунно-стальная стенка цилиндрической втулки не имеет преимуществ перед чугунной [7, 8]. Следовательно, стенку цилиндрической втулки можно делать многослойной, наружный слой – сталь, промежуточный – термоизолятор, внутренний – модифицированный чугун [8, 9].

Целью работы является повышения эффективности процессов теплообмена судовых двигателей за счет снижения неполноты сгорания топлива и повышения температуры внутрицилиндровых процессов.

Решение задачи. Схема изготовления такой цилиндрической втулки методом центробежного литья представлена на рис. 2. Сначала в изложницу 1 заливается литейная сталь 25Л (ГОСТ 997-98).

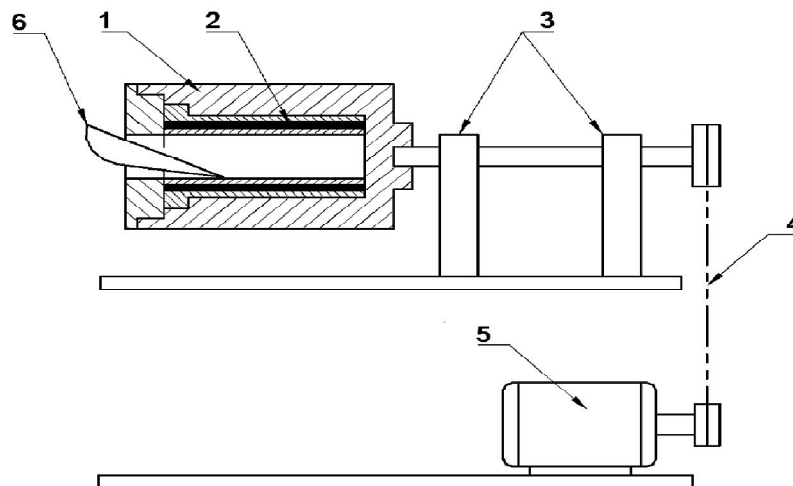


Рисунок 2 – Схема центробежного литья заготовки втулки:

1 – изложница; 2 – отливка; 3 – опоры; 4 – механическая передача; 5 – электродвигатель; 6 – желоб

После начала кристаллизации на внутреннюю поверхность наносится $0,3 \div 0,4$ мм слой двуокись циркония – ZrO_2 с $\lambda=2 \div 3$ Вт/м·град. Нанесение термоизолятора может быть произведено посредством лазерного (SLA-технология), плазменного напыления или насыпным способом. Следующим в изложницу заливается жидкий чугун необходимой толщины.

Увеличение термического сопротивления стенки втулки приведёт к возрастанию температурного напора за счёт увеличения температуры тепловоспринимающей стенки при неизменной температуре теплоотдающей стенки.

Предлагаемую конструкцию втулки можно рассматривать в виде многослойной трубы, где d_1 – внутренний диаметр трубы, d^* – внутренний диаметр термоизоляционного слоя, d^{**} – внешний диаметр термоизоляционного слоя, d_2 – внешний диаметр трубы.

Для обычной цилиндрической втулки с параметрами d_1 и d_2 , удельная теплопередача на единицу длины трубы будет [9, 10]:

$$Q = (T_{(d1)} - T_{(d2)}) / [1/(\pi d_1 \alpha_1) + (\ln d_2 / d_1) / (2\lambda\pi) + 1/(\pi d_2 \alpha_2)], \text{ Вт/м}, \quad (1)$$

где $T_{(d1)}$ и $T_{(d2)}$ – соответственно, температуры внутренней и внешней стенок втулки, град; α_1 и α_2 – соответственно коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке (d_1) и от стенки (d_2) к охлаждающей воде, Вт/(м²·град).

В свою очередь, для многослойной стенки (рис. 2) удельная теплопередача будет выражаться как:

$$Q = (T_{(d1)} - T_{(d2)}) / [1/(\pi d_1 \alpha_1) + \Sigma R_{тр} + 1/(\pi d_2 \alpha_2)], \text{ Вт/м}, \quad (2)$$

где $\Sigma R_{тр}$ – суммарное термическое сопротивление стенки трубы, град/(Вт м²), значение которого определяется из формулы:

$$\Sigma R_{тр} = (\ln d^* / d_1) / (2\lambda\pi) + (\ln d^{**} / d^*) / (2\lambda_{из}\pi) + (\ln d_2 / d^{**}) / (2\lambda\pi), \quad (3)$$

где λ и $\lambda_{из}$ – соответственно коэффициенты теплопроводности материала втулки (чугуна или стали) и теплоизолятора (двуокись циркония), Вт/(м·град).

Уравнениями 1 и 2 можно определить количества тепла, прошедшим через однослойную и многослойную стенки трубы. Для стенок труб небольшой толщины, т. е. $(d_2 - d_1) / 2 \ll d_1$, расчёт теплопередачи можно проводить по формуле плоской стенки [4]:

$$Q = (T_{(d1)} - T_{(d2)}) / (1/\alpha_1 + \Sigma R_{тр} + 1/\alpha_2), \text{ Вт/м}. \quad (4)$$

$\Sigma R_{тр}$ в этом случае определяется как $\Sigma R_{тр} = \Sigma (\delta_i / \lambda_i)$, где δ и λ толщины (м) и коэффициенты теплопроводности материалов (Вт/м град) слоёв стенки.

Для стабильного режима работы двигателя с цилиндрическими втулками по рис. 1 и рис. 2 теплопередача будет одинаковой, т.е. значения Q по формулам 1 и 2 будут равны. Будут также равны коэффициенты теплоотдачи со стороны газов и со стороны охлаждения, т.к. скоростные режимы движения газа в цилиндре и теплоносителя в рубашке охлаждения не изменятся.

Также не изменится температура стенки цилиндра со стороны охлаждения, т.к. количество передаваемой в охлаждение теплоты останется прежним, т.е. будут соблюдаться условия,

$$Q, T_{d2}, \alpha_1, \alpha_2, \lambda = \text{const}. \quad (5)$$

Таким образом, увеличение термического сопротивления теплопередачи (формулы 2, 3), при равенстве передаваемого в охлаждение количества теплоты и других факторов теплообмена (условия 5) требует для обеспечения тождества уравнений 1 и 2 увеличения температурного напора между тепловоспринимающей и теплоотдающей поверхностями цилиндра за счёт нового значения температуры тепловоспринимающей поверхности $T_{(d1нов)} > T_{(d1)}$.

Рассмотрим структуру внутреннего теплового баланса двигателя,

$$Q_{\text{расп}} = Q_i + Q_r + Q_{\text{охл}} + Q_{\text{пот}} \quad (6)$$

где $Q_{\text{расп}}$ – располагаемая теплота, эквивалентная теплоте, введенной в цилиндр с топливом; Q_i – индикаторная теплота, эквивалентная индикаторной работе газов в цилиндре; Q_r – теплота, отведенная из цилиндра с отработавшими газами; $Q_{\text{охл}}$ – теплота, отведенная в систему охлаждения; $Q_{\text{пот}}$ – потерянная теплота, вследствие неполноты сгорания топлива.

Увеличение температуры тепловоспринимающей стенки при возросшем температурном напоре возможно только за счёт увеличения температуры газа в цилиндре.

Увеличение температуры газа приводит к возрастанию его теплосодержания, что повышает работоспособность газа за счёт роста давления в цилиндре. Следовательно, имеет место увеличение индикаторной работы и, как следствие, увеличение индикаторного к.п.д.:

$$\eta_i = Q_i / Q_{\text{расп}}$$

Заключение. Таким образом, увеличение индикаторного КПД влечёт за собой рост эффективного КПД при неизменном уровне внутренних потерь двигателя. Баланс сохраняется ввиду снижения потерь теплоты в цилиндре из-за уменьшения степени неполноты сгорания топлива, что явилось следствием повышения температуры внутрицилиндровых процессов. Это является положительным эффектом предложенных конструкционных решений и их аддитивной технологической реализации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баева Л.С. Современные технологии аддитивного изготовления объектов / Л. С. Баева, А. А. Маринин // Вестник МГТУ. – 2014. – Том 17, № 1. – С. 7–12.
2. Зленко М. А. Аддитивные технологии в машиностроении / М. А. Зленко, А. А. Попович, И. Н. Мутылина. – Санкт-Петербург : СПбГУ, 2013. – 221 с.
3. Абачараев М. М. Кавитация и защита металлов от кавитационных разрушений / М. М. Абачараев. – Санкт-Петербург : СПбПУ, 2012. – 198 с.
4. Беккер Р. Теория теплоты / Р. Беккер. – М. : Энергия, 2014. – 504 с.
5. Создание и развитие научных основ и технологий получения биметаллических отливок на основе железоуглеродистых сплавов. // Обзор. Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины. – К., 2012. – 34 с.
6. Патент Беларуси № 13168. Способ получения двухслойных заготовок. Опубликовано 30.04.2010.
7. Патент РФ № 322Д19. Способ получения биметаллических отливок, 2010.
8. Новрузов Г. Д. Ресурсосберегающая технология получения биметаллических заготовок / Г. Д. Новрузов // Ученые записки АзТУ. – Баку, 2012. – № 4. – С. 56–62.
9. Исмаилов Н. Ш. Исследование теплофизических свойств биметаллических отливок / Н. Ш. Исмаилов // Ученые записки АзТУ. – Баку, 2010. – № 3. – С. 34–40.
10. Биметаллические цилиндрические втулки. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [www. ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/117390](http://www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/117390)

REFERENCES

1. Baeva L.S. Sovremenniye tekhnologii additivnogo izgotovleniya objhektov / L. S. Baeva, A. A. Marinin // Vestnik MGTU. – 2014. – Tom 17, № 1. – S. 7–12.
2. Zlenko M. A. Additivniye tekhnologii v mashinostroenii / M. A. Zlenko, A. A. Popovich, I. N. Mutihlina. – Sankt-Peterburg : SPbGU, 2013. – 221 s.
3. Abacharaev M. M. Kavitatsiya i zathita metallov ot kavitacionnihkh razrusheniy / M. M. Abacharaev. – Sankt-Peterburg : SPbPU, 2012. – 198 s.
4. Bekker R. Teoriya teplotih / R. Bekker. – M. : Ehnergiya, 2014. – 504 s.

5. Sozдание i razvitie nauchnikkh osnov i tekhnologiyj polucheniya bimetallicheskih otlivok na osnove zhelezouglerodistikh splavov. // Obzor. Fiziko-tekhnologicheskij institut metallov i splavov NAN Ukrainih. – K., 2012. – 34 s.

6. Patent Belarusi № 13168. Sposob polucheniya dvukhsloyjnikh zagotovok. Opublikovan 30.04.2010.

7. Patent RF № 322D19. Sposob polucheniya bimetallicheskih otlivok, 2010.

8. Novruzov G. D. Resursosberegayuthaya tekhnologiya polucheniya bimetallicheskih zagotovok / G. D. Novruzov // Ucheniye zapiski AzTU. – Baku, 2012. – № 4. – S. 56–62.

9. Ismailov N. Sh. Issledovanie teplofizicheskikh svoystv bimetallicheskih otlivok / N. Sh. Ismailov // Ucheniye zapiski AzTU. – Baku, 2010. – № 3. – S. 34–40.

10. Bimetallicheskie cilindrovihe vtulki. [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupa : www.ideasandmoney.ru/Ntrr/Details/117390

Ізмаїлов Н. Ш., Ісмаїлов А. Р., Мамедод Е. Д. ВПРОВАДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ МОРСЬКИХ ДВИГУНИХ ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІМЕТАЛЕВИХ ЦИЛІНДРОВИХ ВТУЛОК

Розглянуто деякі аспекти підвищення ефективності процесів теплообміну суднових двигунів. Встановлено, що зі збільшенням індикаторної роботи спостерігається зростання ефективності двигуна при незмінному рівні внутрішніх втрат.

Визначено, що збільшення термічного опору теплопередачі за однакової кількості переданої для охолодження кількості теплоти і інших чинників теплообміну вимагатиме збільшення температурного напору між теплосприймаючою та тепловідбиваючою поверхнями циліндра за рахунок нового значення температури теплосприймаючої поверхні.

Збільшення температури теплосприймаючої стінки при збільшеному температурному напорі можливо тільки за рахунок збільшення температури газу в циліндрі. Збільшення температури газу призводить до зростання його тепловмісту, що підвищує працездатність газу за рахунок зростання тиску в циліндрі.

Зниження неповноти згоряння палива і підвищення температури внутрішньоциліндрових процесів створює умови для підвищення ефективності процесів теплообміну суднових двигунів. Показаний позитивний ефект запропонованих конструктивних рішень і їх адитивної технологічної реалізації.

Ключові слова: процеси теплообміну, суднові двигуни, індикаторна робота, внутрішні втрати, конструкційні рішення, адитивні технології.

Ismailov N. Sh., Ismailov A. R., Mammadod E. D. IMPROVING THE EFFICIENCY OF HEAT EXCHANGE PROCESSES OF MARINE ENGINES BY OBTAINING BIMETALLIC BUSHINGS CYLINDER

Considered some aspects of improving the efficiency of heat exchange processes in marine engines. Found that with the exception of indicator work took him there has been an increase in the efficiency of the engine at a constant level of internal losses.

Determined that an increase in the thermal resistance of the heat re villas, with equal passed cooling heat cooperation Coley and other factors will require an increase in temperature of heat transfer between heat flow and heat-transfer receptive surfaces of the cylinder due to new knowledge ensuring surface temperature.

The wall temperature is increased with increased thermal head is only possible at the expense of increasing the gas temperature in the cylinder. Increasing the gas temperature leads to ascending its heat content that increases efficiency of gas due to the growth of pressure in the cylinder.

Incomplete combustion of fuel reduction and increase the temperature of the processes creates conditions for increase of effectiveness of processes of heat exchange of ship engines. Shows the positive effect of the proposed structural decision and their additive technology implementation.

Keywords: heat transfer processes, marine engines, display work, internal losses, design decisions, additive technology

© Ісмаїлов Н. Ш., Ісмаїлов А. Р., Мамедод Е. Д.

Статтю прийнято
до редакції 17.07.16

УДК:621.311:629.12

АВАРІЙНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА «EMPRESS»

Колебанов О. К., к.т.н., доцент кафедри експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматики Херсонської державної морської академії, E-mail: kolebanovkak@mail.ru;

Чаусовский Г. О., к.т.н., доцент, старший науковий співробітник Запорізького національного університету, E-mail: znu@znu.edu.ua

У статті приведений аналіз роботи аварійного дизель-генератора пасажирського круїзного лайнера. Проведений розрахунок сумарної електричної потужності, необхідної для забезпечення роботи пропульсивної системи, аварійного освітлення з системою автоматики судна, насосів рульових пристроїв, устаткування аварійних насосів, яке може бути включене в разі аварійної ситуації або пожежі. Показано, що при включенні всього аварійного обладнання, необхідного для забезпечення безпеки, сумарне навантаження електрообладнання 502,5 кВА перевищує максимальну потужність аварійного дизель-генератора 450 кВА. Для забезпечення надійної роботи системи аварійного живлення і рушія пропонуються необхідні зміни.

Ключові слова: максимальна потужність аварійного дизель-генератора, пасажирський круїзний лайнер, сумарне навантаження електрообладнання, аварійна ситуація.

Вступ. Як і всі інші види транспортних засобів, мореплавство пов'язане з можливістю аварій, катастроф та ризиком для життя людини [1]. Можливий ризик для життя людини на морських транспортних засобах значно вищий, ніж на авіаційних та залізничних видах, але нижчий, ніж на автомобільних [2]. Аналіз публікацій [3, 4, 5], присвячених аваріям на морському транспорті, показує великий відсоток впливу «людського чинника» на розвиток аварійних ситуацій. Одним із основних чинників запобігання аварійній ситуації є безперебійна робота системи електропостачання судна. Добре відомо, що найголовнішим при створенні комплексної системи безперебійного електропостачання на судні є забезпечення надійного резервного електроживлення устаткування, що відповідає за управління і безпеку судна [6]. До такого устаткування відносяться системи навігації і зв'язку, пристрої аварійного освітлення, системи управління судном, пристрої контролю доступу і так далі [7, 8]. Це стосується абсолютно всіх типів суден. Проте деякі особливості морських систем безперебійного живлення часто визначаються типом судна.

Наприклад, для захисту устаткування на танкерах і суховантажах досить декілька ІБП, що відповідають за резервне живлення навігаційного устаткування, системи зв'язку й аварійного освітлення. Набагато складніші рішення по забезпеченню надійного і безперебійного електроживлення п на борту пасажирських круїзних лайнерів, оскільки тут необхідно думати не лише про безпеку, але і проймається розвагу пасажирів, завдяки яким існує бізнес і надходить велика частина прибутки. Джерела безперебійного електроживлення забезпечують гарантовану роботу багаточисельних комп'ютерів, серверів, аудіовізуального устаткування, внутрішнього кабельного телебачення і телефонії, устаткування казино, кінотеатрів, ресторанів, дискотек і магазинів.

У процесі поширення аварії при виникненні загрози загибелі пасажирського судна постає необхідність вжити заходів для швидкої евакуації пасажирів. Операція з евакуації вже сама по собі пов'язана з ризиком для життя людей, особливо в умовах штормової погоди. Найбільша небезпека виникає тоді, коли відмовляють пристрої, які підключені до електричної мережі. Втрата шансів на врятування може виникати внаслідок відключення від джерел електроенергії систем звукової сигналізації і сповіщення, аварійного освітлення й інших пристроїв.

Мета роботи. У зв'язку з тим, що в літературі [4, 5, 7] практично відсутні відомості про можливі аварійних дизель-генераторів пасажирських круїзних лайнерів забезпечити електроенергією найбільш відповідальні системи при знеструмленні головного розподільного щита (ГРЩ), метою роботи є розрахунок сумарної потужності, необхідною

для підтримки роботи пропульсивної системи, аварійного освітлення з системою автоматики судна, насосів рульових пристроїв, обладнання аварійних насосів яке може бути увімкнено в разі аварійної ситуації або пожежі.

Виклад основного матеріалу. Розрахунок сумарної потужності, необхідної для забезпечення електроенергією при знеструмленні ГРЩ, проведений на прикладі пасажирського судна «Empress». Пасажирське судно «Empress» було побудоване на французькій верфі 1988 року. Судно призначено для регулярних пасажирських перевезень по всьому світу.

Основні технічні характеристики судна: довжина – 210,8 метрів; ширина – 30,7 м; осадка – 7,3 м; потужність головних машин – 16400 кВт; максимальна швидкість – 19,3 вузла; кількість палуб – 12; дедвейт – 48000 т; пасажиромісткість – 1817; екіпаж – 600.

До складу електроенергетичної станції входять чотири середньообертові восьмициліндрові дизель-генератори, потужністю по 3100 кВт, напруга 3·6600В 720 об/хв кожен, типу «PA125G115-90» привідний дизель «vartsila 8R32E» та аварійний дизель-генератор потужністю 450 кВа, напруга 3·440В, типу «AA49L9». Генератори виробляють напругу 6600 В, що через силові трансформатори знижується до 440, 220, 110 В. Всі основні споживачі у машині використовують напругу у 440, 220 в готелі 220, 110 В.

Система моніторингу основних параметрів машини побудована на системі Kongsberg . Система моніторингу та керування Kongsberg приймає цифрові сигнали 1/0 – відкритий чи закритий контакт. Аналогові сигнали 4...20ма постійного струму, також може працювати з терморезисторами рт 100 рт 1000.

При знеструмленні головного розподільного щита (ГРЩ) живлення протипожежної системи, рульової системи, водо- та вогнєнепроникних дверей, навігаційного обладнання, автоматики здійснюється від аварійного розподільного щита (АРЩ) за допомогою перемички від аварійного дизель-генератора (АДГ). Найбільш важливі системи мають власне безперебійне живлення, яке має забезпечити їх електроенергією не менше ніж на півгодини.

На судні електрична система зроблена таким чином, що у випадку виходу з ладу – зупинки основних генераторів 6,6кВольт автоматично через 7 секунд запускається аварійний генератор для живлення найбільш важливих споживачів.

У такому випадку через зупинку паливних насосів навіть короткочасна відсутність живлення призведе до зупинки пропульсивної системи.

Для підтримки роботи пропульсивної системи необхідне живлення для наступного обладнання: насосів для циркуляції прісної води, охолодження забортною водою, змазки редуктора гвинта, змазки підшипників гвинта, живлення важкого палива, підсилення важкого палива; гидравлічний привід зміни кроку гвита.

Розрахунки максимальної електричної потужності обладнання [9, 10], підтримки роботи пропульсивної системи і максимального струму вироблені з урахуванням коефіцієнта корисної дії (ККД) і коефіцієнта потужності ($\cos \varphi$) [9, 10] і зведені в табл. 1.

Сумарна максимальна електрична потужність обладнання підтримки роботи пропульсивної системи 237.9 кВт. сумарний максимальний струм 379,6А.

У випадку знеструмлення від аварійного генератора автоматично через джерело безперебійного живлення (ДБЖ) підключені до живлення: вся автоматика судна, системи керування, аварійне освітлення, навігаційне обладнання, стартери рульових пристроїв, протипожежна сигналізація, система зв'язку, водонепроникні двері, релейні схеми головних машин та генераторів системи управління автоматичними протипожежними системами.

На момент, поки аварійний генератор ще не запусився і не під'єднався до шин аварійного розподільного щита, все це обладнання живиться від батарей ДБЖ.

У випадку знеструмлення має бути увімкнено аварійне освітлення, потужність 49,5 кВт. Електрична потужність всіх систем автоматики судна, перелічених вище, приблизно 40 кВт.

Тобто, відразу після підключення, навантаження аварійного генератора з системою автоматики судна й аварійного освітлення становить:

$$40 \text{ кВт} + 49,5 \text{ кВт} = 89,5 \text{ кВт}.$$

У випадку з автоматикою та освітленням можна вважати коефіцієнт потужності дорівнює 1, тому струм 117,5 А. Як вказувалось вище, при старті та підключенні аварійного дизель-генератора навантаження буде складати 89,5 кВт та 117,5 А.

Якщо підтримувати пропульсивну систему, то необхідно додати максимум 237,9 кВт 379,6 А.

Таблиця 1 – Результати розрахунку потужностей та струмів підтримки роботи пропульсивної системи

Обладнання	Потужність механічна, кВт	Кількість	ККД	Потужність електрична, кВт	cos	Потужність електрична, кВА	Струм, А
Насос для циркуляції прісної води	25,0	1	0,89	28,1	0,84	33,4	44,7
Насос охолодження забортною водою	72,0	1	0,90	80,0	0,9	88,9	118,8
Гідравлічний привід зміни кроку гвінта	12,0	2	0,88	27,3	0,82	33,3	44,5
Насос змазки редуктора гвінта	24,0	2	0,77	62,3	0,85	73,3	98,0
Насос змазки підшипників гвінта	9,2	2	0,77	23,9	0,72	33,2	44,4
Насос живлення важкого палива	1,7	1	0,79	2,2	0,83	2,6	3,5
Насос підсилення важкого палива	1,8	1	0,81	2,2	0,84	2,6	3,5
Насос живлення важкого палива	9,2	1	0,77	11,9	0,72	16,6	22,2

Максимальне можливе навантаження на аварійний генератор з пропульсивною системою, з системою автоматики судна і аварійного освітлення буде складати:

$$P_{\max} = 89,5 \text{ кВт} + 237,9 \text{ кВт} = 327,4 \text{ кВт},$$

$$I_{\max} = 117,5 \text{ А} + 379,6 \text{ А} = 497,1 \text{ А}.$$

Але це навантаження при роботі всіх насосів на максимальній потужності на практиці навантаження на насоси менше максимального для приблизного розрахунку робочої загрузки аварійного генератора $P_{\text{роб}}$ візьмемо коефіцієнт навантаження $\cos \varphi = 0,8$.

Отже, розраховуємо робоче навантаження при роботі всіх насосів з пропульсивною системою:

$$P_{\text{роб}} = 89,5 \text{ кВт} + 237,9 \text{ кВт} \cdot 0,8 = 279,8 \text{ кВт}.$$

Робочий струм $I_{роб}$ можна приблизно розрахувати за формулою:

$$I_{роб} = 117,5 \text{ А} + 379,6 \text{ А} \cdot 0,8 = 421,2 \text{ А}.$$

Також для маневрування необхідно запустити насоси рульових пристроїв. Результати розрахунку потужності та струму насоса рульових пристроїв наведені далі:

- потужність механічна 28,0 кВт;
- кількість – 2;
- ККД – 0,9;
- потужність електрична 64,4 кВт;
- $\cos \varphi = 0,87$;
- потужність електрична 74 кВА;
- струм 98,8 А

З насосами рульових пристроїв навантаження:

$$P_{мах} = 327,4 \text{ кВт} + 64,4 \text{ кВт} = 391,8 \text{ кВт};$$

$$I_{мах} = 497,1 \text{ А} + 98,9 \text{ А} = 596 \text{ А}.$$

Робоче навантаження при роботі всіх насосів з пропульсивною системою:

$$P_{роб} = 279,8 \text{ кВт} + 64,4 \text{ кВт} \cdot 0,8 = 331,3 \text{ кВт};$$

$$I_{роб} = 421,2 \text{ А} + 98,9 \text{ А} \cdot 0,8 = 520,1 \text{ А}.$$

Таблиця 2 – Результати розрахунку потужностей та струмів обладнання аварійних насосів

Обладнання	Потужність механічна, кВт	кількість	ККД	Потужність електрична, кВт	cos	Потужність електрична, кВА	Струм, А
Аварійний пожежний насос	63,0	1	0,9	71,6	0,89	80,4	107,5
Аварійний компресор пускового повітря	25,0	1	0,9	29,1	0,86	33,8	45,2
Спрінклерний насос морської води	44,0	1	0,9	50,6	0,85	59,5	79,5
Аварійний насос баластної системи	25,0	1	0,86	29,1	0,85	34,2	45,7
Аварійний насос трюма	16,0	1	0,85	18,8	0,76	24,8	33,
Аварійний насос стабілізатора	6,5	2	0,85	15,3	0,77	19,9	26,6

Також до АРЩ підключене наступне обладнання, яке може бути увімкнено в разі аварійної ситуації або пожежі.

В табл. 2 показаний розрахунок потужностей та струмів обладнання аварійних насосів. Сумарна максимальна електрична потужність обладнання аварійних насосів 214 кВт. Сумарний максимальний струм обладнання 337,7А.

$$P_{роб} = 214 \text{ кВт} \cdot 0,8 = 171,2 \text{ кВт};$$

$$I_{роб} = 337,7 \text{ А} \cdot 0,8 = 269,6 \text{ А}.$$

Якщо увімкнути все аварійне обладнання одночасно, то навантаження на АГ:

$$P_{мах} = 391,8 \text{ кВт} + 214 \text{ кВт} = 605,8 \text{ кВт};$$

$$I_{\max} = 596A + 337A = 933A;$$

$$P_{\text{роб}} = 331,3 \text{ кВт} + 171,2 \text{ кВт} = 502,5 \text{ кВт};$$

$$I_{\text{роб}} = 520,1A + 269,6A = 789,7 A.$$

Зведемо розраховані потужності аварійного обладнання в табл. 3.

Таблиця 3 – Результати розрахунку потужності аварійного обладнання

Обладнання	Максимальне навантаження, кВт	Робоче навантаження, кВт	Максимальний струм, А	Робочий струм, А	Максимальне сумарне навантаження, кВт	Робоче сумарне навантаження, кВт	Максимальний сумарний струм, А	Робочий сумарний струм, А
Автоматика Аварійне освітлення	89,5	89,5	117,5	117,5	89,5	89,5	117,5	117,5
Пропульсивна система	237,5	190,3	379,6	303,7	327,4	279,8	497,1	421,2
Підрулюючий пристрій	64,4	51,5	98,9	79,1	391,8	331,3	596,0	520,1
Інше аварійне обладнання	214,0	171,2	337,7	269,6	605,8	502,5	933,0	789,7

Параметри автоматичного вимикача АГ:

- максимальний струм 1000А
- максимальний струм кабеля 772А;
- максимальна потужність аварійного дизель-генератора 450 кВт.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. При увімкненні усього аварійного обладнання сумарне навантаження 502,5 кВА перевищує максимальну потужність аварійного дизель-генератора 450 кВА. Для забезпечення надійної роботи системи аварійного живлення та двигуна необхідні наступні зміни:

1. Зробити спеціальний режим маневрування автоматичній системі моніторингу/керування Kongsberg, в якому після знеструмлення усе обладнання, необхідне для забезпечення пропульсивної системи буде вмикатися автоматично після появи напруги на шинах аварійного-розподільного щита у необхідній послідовності та з необхідними затримками часу.

2. Зробити список обладнання з меншим пріоритетом яке може автоматично вимикатися у разі перевантаження аварійного дизель-генератора.

3. Зробити спеціальну сторінку в Kongsberg, в якій оператор буде бачити обладнання, що живиться від аварійного розподільного щита навантаження, та те обладнання яке ще він може увімкнути.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дмитриев В. И. Обеспечение безопасности мореплавания : учебное пособие для вузов водного транспорта / В. И. Дмитриев. – М. : ИКЦ Академкнига, 2005. – 374 с.
2. Брусенцов В. Г. Надёжность железнодорожных операторов как фактор безопасности движения // Брусенцов В. Г., Ворожбян М. И., Брусенцов О. В., Бугайченко И. И., Гончаров А. В. // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті – Харків, 2009. – № 2. – С. 68–71.
3. Григорьев Н. А. Привлечь, обучить, удержать. Человеческий фактор: Проблемы морского страхования / Н. А. Григорьев // Морское страхование. – 2012. – № 4(09). – С.68 – 75.
4. Карбовец Н. В. Прогнозирование вероятности возникновения критической ситуации в энергетической системе на примере швартуемого судна /

Н. В. Карбованец // Сборник научных трудов НГМА. Выпуск 9. – Новороссийск : РИО НГМА, 2004. – С. 71–77.

5. Mc George H.D. *Marine electrical equipment and practice* / H .D. Mc George. – Butterworth–Heinemann, Oxford, 2004. – 153 p.

6. Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления : учебное пособие в Правилах Регистра и технической эксплуатации к разделам А–III/1, А–III/2 STCW–CODE 78/95 / [А. Н. Пипченко, В. В. Пономаренко, Ю. И. Теплов, В.А. Шевченко]. – Одесса, 2012. – 487 с.

7. Лейкин В. С. Судовые электрические станции и сети / В. С. Лейкин. – М. : Транспорт, 1982. – 256 с.

8. Роджеро Н. И. Справочник судового электромеханика и электрика / Н. И. Роджеро. – М. : Транспорт, 1986. – 319 с.

9. Баранов А. П. Автоматическое управление судовыми электроэнергетическими установками / А. П. Баранов. – М. : Транспорт, 1981. – 255 с.

10. Михайлов В. Л. Автоматизированные электроэнергетические системы судов / В. Л. Михайлов. – Л. : Судостроение, 1977. – 508 с.

REFERENCES

1. Dmitriev V. I. (2005). *Obespechenie bezopasnosti moreplavaniya: uchebnoe posobie dlya vuzov vodnogo transporta*. Moskva: IKTs Akademkniga.

2. Brusentsov V.G., Vorozhbiyan M.I., Brusentsov O.V. Bugajchenko I.I., Goncharov A.V. (2009). Nadyozhnost zheleznodorozhnyh operatorov kak faktor bezopasnosti dvizheniya. *Informatsijno–keruyuchi sistemi na zaliznichnomu transporti – 2*. – Harkov, 68 – 71.

3. Grigor’ev N. A.(2012). Privlech, obuchit, uderzhat. Chelovecheskij faktor: *Problemy morskogo strahovaniya .Morskoe strahovanie*, 68 – 75.

4. Karbovets N. V. (2004).*Prгноzirovanie veroyatnosti vozniknoveniya kriticheskoy situatsii v energeticheskoy sisteme na primere shvartuyushegosya sudna*. Sbornik nauchnyh trudov NGMA. Vypusk 9. Novorossiysk: RIO NGMA, 71– 77.

5. Mc George H.D. (2004). *Marine electrical equipment and practice*. Butterworth–Heinemann – Oxford.

6. Pipchenko A.N., Ponomarenko V.V., Teplov Yu.I., Shevchenko V.A. (2012). *Elektrooborudovanie, elektronnyaya apparatura i sistemy upravleniya : uchebnoe posobie v Pravilah Registra i tehnicheskoy ekspluatatsii k razdelam A–III/1, A–III/2 STCW–CODE 78/95*. Odessa.

7. Lejkin V. S. (1982). *Sudovye elektricheskie stantsii i seti*. Moskva: Transport.

8. Rodzhero N. I. (1986). *Spravochnik sudovogo elektromehnika i elektrika / 2–e izd., pererab. i dop.* M: Transport.

9. Baranov A.P. (1981). *Avtomaticheskoe upravlenie sudovymi elektroenergeticheskimi ustanovkami*. M: Transport.

10. Mihajlov V.L. (1977). *Avtomatizirovannyye elektroenergeticheskie sistemy sudov*. Leningrad: Sudostroenie.

Колебанов О.К., Чаусовский Г.О. АВАРИЙНАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКОГО СУДНА «EMPRESS»

В статье приведен анализ работы аварийного дизель-генератора пассажирского круизного лайнера. Проведен расчет суммарной электрической мощности, необходимой для обеспечения работы пропульсивной системы, аварийного освещения с системой автоматизации судна, насосов рулевых устройств, оборудования аварийных насосов, которое может быть включено в случае аварийной ситуации или пожара. Показано, что при включении всего аварийного оборудования, необходимого для обеспечения безопасности, суммарная нагрузка электрооборудования 502.5 кВА превышает максимальную мощность аварийного дизель-генератора 450 кВА. Для обеспечения надежной работы системы аварийного питания и движителя предлагаются необходимые изменения.

Ключевые слова: максимальная мощность аварийного дизель-генератора, пассажирский круизный лайнер, суммарная нагрузка электрооборудования, аварийная ситуация.

Kolebanov O. K., Chausovskiy G. O. EMERGENCY SYSTEM POWER SUPPLY OF PASAZHIRSKOGO OF SHIP «EMPRESS»

In the article the analysis of work of emergency is resulted diesel-generator of pasazhirskogo of kruiznogo liner. The calculation of total electric power of necessary for providing work of the propul'sivnoy system, emergency illumination with the system of automation of ship, pumps of steerers, equipment of emergency pumps, which can be included in the case of emergency situation or fire, is conducted. It is rotined that at including of all emergency equipment, necessary for providing of safety, the total loading of electrical equipment of 502.5 kVA exceeds maximal power emergency diesel of generatora 450 kVA. For providing of reliable work of the system of emergency feed and mover necessary changes are offered.

Keywords: maximal power of emergency is a diesel-generator, pasazhirskiy kruiznyy liner, total loading of electrical equipment, emergency situation.

© Колебанов О. К., Чаусовський Г. О.

Статтю прийнято
до редакції 05.07.15

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ РАЗНЫХ ТИПОВ ПАТРУЛЬНЫХ СУДОВ

Кондратьева Л. Ю., аспирант Национального университета кораблестроения
им. С. О. Макарова (г. Николаев), E-mail: muschil@mail.ru

В данной статье впервые определено влияние волнения Черноморского бассейна на качку патрульных судов разных архитектурно-конструктивных типов. Модуль Motion Design позволяет рассчитать характеристики качки с помощью двух методов: линейная теория плоских сечений и панельный метод. В случае расчета для СМПВ актуально использовать панельный метод, так как он точнее отображает нетипичную форму шпангоута. В данной статье будет рассматриваться качка судна без хода (случай посадки вертолета). Исследование определяет преимущества мореходных качеств СМПВ по сравнению с другими типами КБО. Результаты оформлены в виде амплитудно-частотных характеристик (РАО). Данные графики могут быть использованы для выбора перспективного типа кораблей береговой охраны Черноморского побережья Украины и качественного улучшения оптимизационной задачи их проектирования. Исследование подчеркивает необходимость учета свойств мореходности патрульных судов.

Ключевые слова: судно с малой площадью ватерлинии; бортовая качка; мореходность; панельный метод.

Постановка проблемы. В 2007 году в черноморском регионе был зафиксирован сильный шторм (максимальная значительная высота волн – 6,8 м; время жизни – 18 ч; общая площадь шторма – 174,5 тыс. км²;) по данным [1]. В этом шторме затонуло 4 судна, были сорваны с якорей и сели на мель 6 судов, получили повреждения 2 танкера. В результате разлома одного из танкеров произошел разлив около 13001600 т нефтепродуктов. Тем не менее, при выборе типа судна для кораблей береговой охраны, которые должны в экстренных ситуациях спасать человеческие жизни, до сих пор не стоит вопрос мореходности как приоритетный. Одна из причин – высокая стоимость перспективных типов судов. Нужны ли недорогие суда, которые не могут выполнять поставленные перед ними задачи в условиях шторма. В данной статье автор анализирует характеристики качки наиболее распространенных типов судов, которые на сегодняшний день используются в мире как корабли береговой охраны.

Анализ последних достижений и публикаций. В источниках [2, 3, 4] говорится о преимуществах судов с малой площадью ватерлинии перед другими типами судов. Например, в [4] указан минимальный размер ширины судна 18(м), в случае размещения вертолета на палубе, который, в свою очередь, позволяет снизить требуемую скорость судна. В результате одним из главных требований к кораблям береговой охраны становится увеличенная площадь палуб, что вполне соответствует концепции СМПВ. Улучшенная мореходность и возможность быстро, но существенно изменить осадку, рассматриваются как преимущества. Ветро-волновой режим локации функционирования КБО описаны в [5]. В [6] отмечены требования к возможности всепогодной службы судна, а также описаны некоторые перспективные типы судов и их особенности. Однако автору не известны работы, в которых анализируются конкретные результаты расчетов качки для разных типов судов с учетом требований, выдвигаемых к патрульным кораблям. В [7] подробно описаны математические подходы к расчетам амплитудно-частотных характеристик типа СМПВ. Известны работы, подробно описывающие вопросы функционирования кораблей береговой охраны [8], но без учета особенностей мореходных качеств альтернативных типов судов. В то же время, освещены особенности конструкции и оптимизации судов с малой площадью ватерлиний в [9], но большая часть преимуществ и недостатков, связаны с работой пассажирских судов, не учитывают особенностей работы кораблей береговой охраны.

Цель работы. Целью данной статьи является сравнение характеристик мореходных качеств в виде расчетов качки (амплитудно-частотных характеристик) для разных типов судов. Результаты работы позволяют обосновать необходимость учета

улучшенных мореходных качеств при выборе типа судна на ранних этапах проектирования корабля береговой охраны.

Изложение основного материала работы. На тихой воде, если КБО имеет водоизмещение D_K больше, чем водоизмещение нарушителя D_H , но скорость v_K меньшую, чем скорость нарушителя v_H , корабль береговой охраны не догонит нарушителя. Вместе с тем, на волнении определенной бальности (в плохую погоду) v_K при тех же исходных данных может стать равной или больше v_H , тогда корабль догонит нарушителя. Этим обуславливается влияние штормовых условий на вероятность захвата судна нарушителя [9]. Таким образом, для достижения поставленных перед кораблем береговой охраны целей в плохих погодных условиях, судно должно иметь большое водоизмещение, это решение несет за собой увеличение металлоемкости, а, следовательно, и увеличение стоимости судна. К тому же, в случае приемлемых погодных условий, этот вариант имеет смысл только для размещения вертолета. В случае, если корабль береговой охраны является судном типа СМПВ, его водоизмещение будет минимизировано и при этом сохраняется необходимая для расположения вертолета площадь палуб. К тому же, мореходные качества СМПВ превосходят качества традиционных водоизмещающих судов как с точки зрения комфорта экипажа [8], так и для операций по задержанию судна нарушителя.

Модуль Motion Design позволяет рассчитать характеристики качки с помощью двух методов: линейная теория плоских сечений и панельный метод. В случае расчета для СМПВ актуально использовать панельный метод, так как он точнее отображает нетипичную форму шпангоута. В данной статье будет рассматриваться качка судна без хода (случай посадки вертолета или проведения других операций).

Патрульный корабль проектируется для района Черного моря между мысом Тарханкут и островом Змеиный. Эта зона патрулирования стратегически важна для Украины, так как она находится между полуостровом Крым и материковой частью страны.

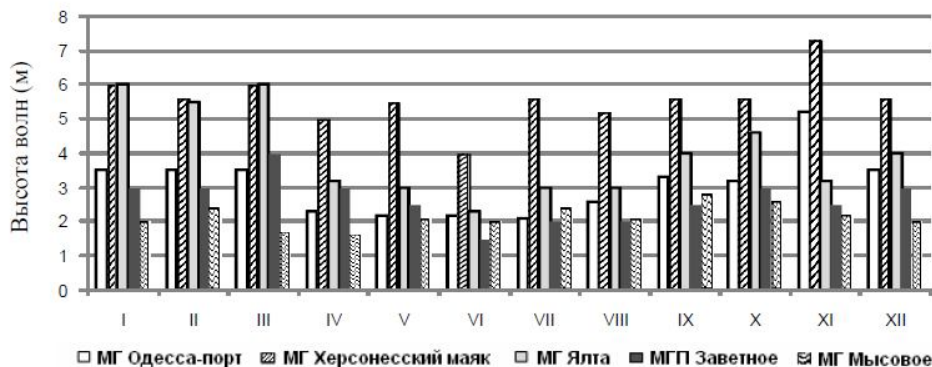


Рисунок 1 – Годовой ход максимальной высоты волн по данным морских береговых наблюдений Азово-Черноморского региона Украины за период 1954-2009 гг.

К характеристикам ветро-волновых режимов района функционирования КБО, исходя из расположения на карте метеогидростанций, следует отнести данные метеогидростанции «Херсонский Маяк», находящейся в открытом море, по максимальным высотам волн, варьируемым от 4 м до 7,2 м, и метеогидростанции «Одесса-порт» – от 2,1 м до 5,2 м. Среднегодовые показатели максимальных высот волн района составляют 0,8 м [5]. Эти наблюдения подтверждают актуальность «всепогодного» патрульного судна для данного региона, а также позволяют применить долговременное распределение, построенное на основании данных [5], к решению задачи оптимизации корабля береговой охраны.

В ПО Bentley Engineering, блоке Maxsurf Motion для расчета качки судна существует несколько вариантов для определения волнового спектра [10].

– ИТТС (двухпараметрический спектр Бретшнайдера) На Международной конференции опытовых бассейнов (ИТТС International Towing Tank Conference) в 1978 году этот спектр был принят в качестве стандартного для Северного моря. В исходных данных необходимо указать характерную высоту волны и собственный период качки:

$$S_{ITTC\zeta(\omega)} = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right); A = 172,75 \frac{H_{char}^2}{T^4}; B = \frac{691}{T^4};$$

– однопараметрический спектр Бретшнайдера. Этот спектр может быть использован, когда известна только характерная высота волны $H_{1/3}$ м:

$$S_{1Param\ Brechneider\zeta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right); A = 8,11 * 10^{-3} g^2; B = \frac{3,11}{H_{1/3}^2};$$

– JONSWAP (joint North Sea wave Project) часто используется для расчетов прибрежных районов плавания. Этот метод основан на спектре ИТТС, однако в целом координаты максимума спектральной плотности выше. Исходные данные: высота волны $H_{1/3}$ м, модальный период, средний период качки:

$$S_{JONSWAP\zeta}(\omega) = 0,658 S_{ITTC\zeta}(\omega) C(\omega);$$

$$C(\omega) = 3,3 \uparrow \exp\left[\frac{-1}{2\sigma^2} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - 1\right)^2\right];$$

– Pierson Moskowitz – спектр Пирсона Московица может быть использован для определения спектра с помощью номинальной скорости ветра, ветра на высоте 19,5м над поверхностью моря. Исходные данные – скорость ветра U_{wind} (м/с)

$$S_{PM\zeta}(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left(\frac{-B}{\omega^4}\right); A = 8,11 * 10^{-3} g^2; B = \frac{0,74 g^4}{U_{wind}^4};$$

– Ochi Hubble Спектр Очи Хаббл позволяет пользователю указать два пика используемого спектра, чтобы приблизить состояние моря к ситуации с низкочастотной дистанционно генерируемой зыби в сочетании с высокочастотным локально сгенерированным действием ветровых волн определяется по формуле:

$$S_{OH(f)} = \frac{\pi}{2} \sum_{j=1}^2 \frac{[4(4\lambda_j + 1)\pi^4 f_{pj}^4]^{\lambda_j}}{\Gamma(\lambda_j)} \frac{h_{sj}^2}{(2\pi f)^{4\lambda_j+1}} \exp\left[-\frac{4\lambda_j + 1}{4} \left(\frac{f_{pj}}{f}\right)^4\right];$$

– DNV Det Norske Veritas. Особые случаи этого спектра включают спектр Бретшнайдера, когда коэффициент увеличения амплитуды составляет $\gamma=1,0$, а спектр JONSWAP, в случае, когда коэффициент увеличения амплитуды составляет $\gamma= 3,3$. Исходные данные: модальный период – T_0 (с) и характерная высота волны – $H_{1/3}$ (м). Сам спектр определяется следующим образом:

$$S_{DNV\zeta}(\omega) = \frac{\alpha}{\omega^5} \exp\left(\frac{-\beta}{\omega^4}\right) * \gamma \uparrow \exp\left[\frac{-1}{2\sigma^2} \left(\frac{\omega}{\omega_0} - 1\right)^2\right];$$

$$\alpha = 5\pi^4 (1 - 0,287 \ln(\gamma)) \frac{H_{1/3}^2}{T_0^4}; \beta = \frac{20\pi^4}{T_0^4}.$$

Выбранный район плавания имеет как мелководную зону, так и глубоководную, следовательно, обоснованной аппроксимацией спектра нерегулярного волнения является спектр JONSWAP (Joint North Sea Wave Project).

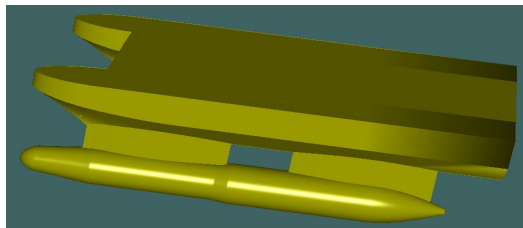
Исходя из данных волновых режимов полученных в [5], задач, стоящих перед кораблем береговой охраны [9], методов расчета спектральной плотности [10], а также минимума исходных данных на этапе начального проектирования был осуществлен расчет амплитудно-частотных характеристик бортовой, килевой качки и рысканья для судов четырех разных типов. Высота волны $h_{1/3} = 4$ м.

Расположение к волнам было выбрано лагом к волне как наиболее опасное для остойчивости судна при плохих погодных условиях. The Response Amplitude Operator (RAO)–оператор амплитудных характеристик позволяет рассчитать все 6 видов качки: продольно-горизонтальную, поперечно-горизонтальную, вертикальную, бортовую, килевую и рыскание. Однако в данной работе будут подробно рассмотрены рысканье, бортовая и килевая качка.

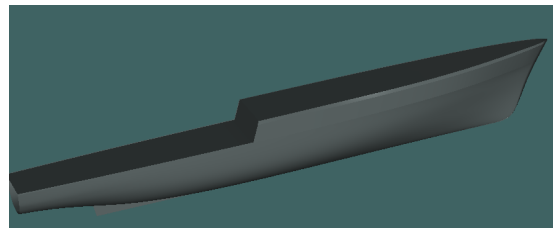
Поверхности для расчета характеристик качки имеют параметры, описанные в табл. 1.

Таблица 1 – Главные размерения исследуемых типов корпуса

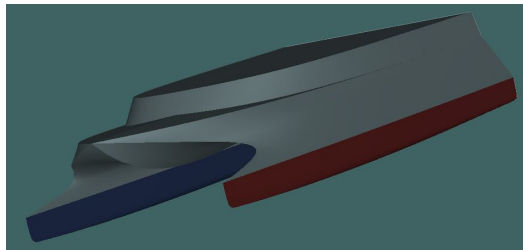
<i>Tun</i>	<i>D, (м)</i>	<i>L, (м)</i>	<i>B, (м)</i>	<i>T, (м)</i>
СМПВ	970	29	21	6
Катамаран	934,5	92	28	2,6
Однокорпусное судно	813	50	12,7	5
Ахе-bow	818	53	9,8	3,7



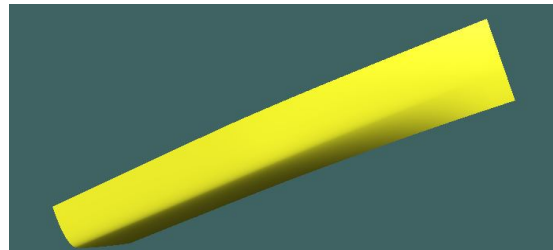
а



б



в



г

Рисунок 3а – поверхность СМПВ с четырьмя стойками; б – поверхность корпуса стандартного водоизмещающего КБО; г – поверхность корпуса волнорезного катамарана; д – поверхность корпуса с носовой оконечностью типа AXE-bow

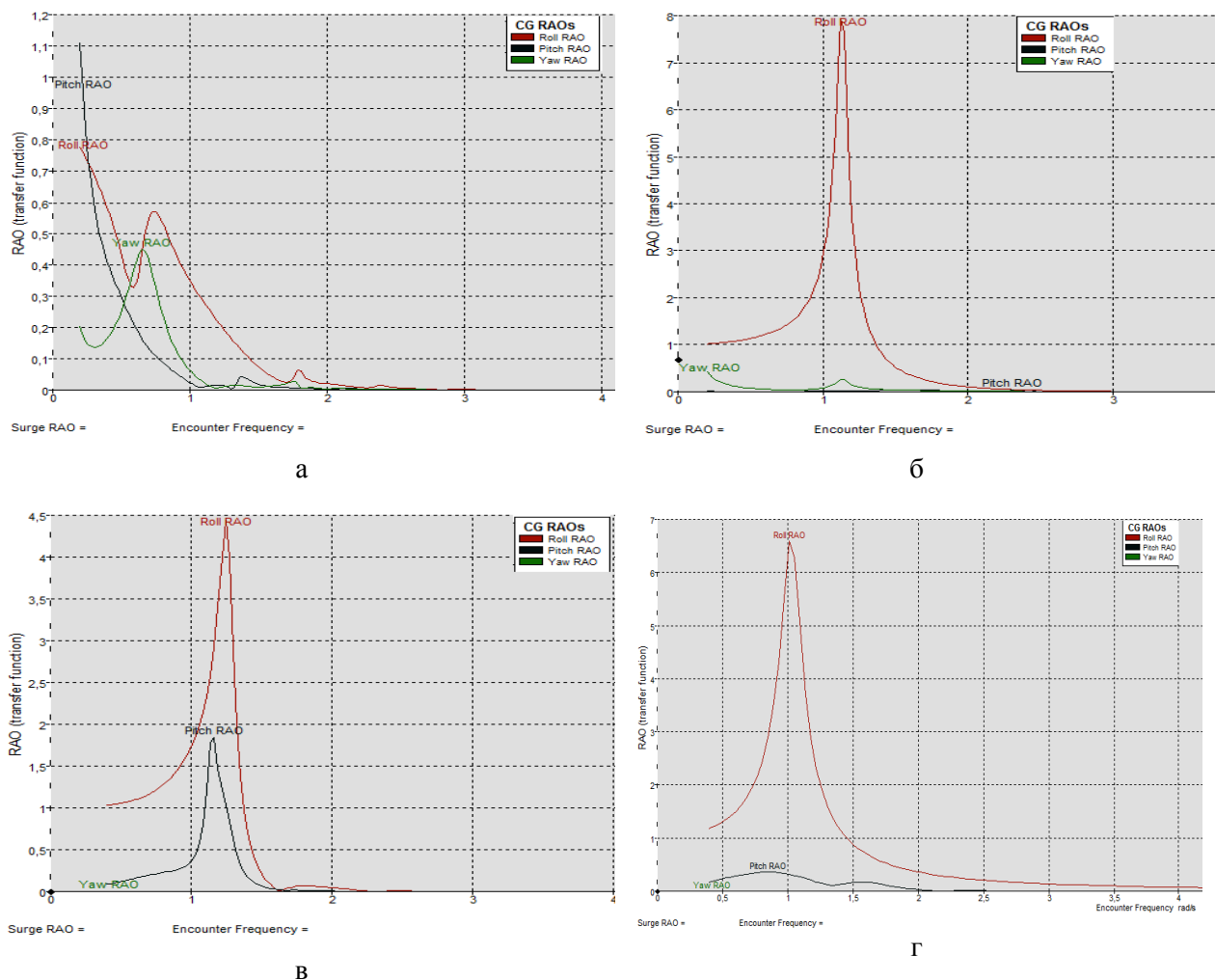


Рисунок 4 – График зависимости передаточной функции в пределах частотного диапазона для рысканья, бортовой и килевой качки:
 а – СМПВ с четырьмя стойками; б – стандартный водоизмещающий КБО; в – волнорезный катамаран; г – судно с носовой оконечностью типа AXE-bow

Из полученных графиков хорошо видно, что максимум амплитудно-частотной характеристики (бортовая качка) СМПВ существенно меньше аналогичных величин других видов современных судов. Следовательно, посадка и взлет вертолета, а также другие операции, будут возможны фактически при любых погодных условиях.

Вывод. В данной статье впервые определено влияние волнения Черноморского бассейна на бортовую, килевую качку и рысканье патрульных судов разных архитектурно-конструктивных типов. Исследование наглядно иллюстрирует преимущества судов типа СМПВ в штормовых условиях по сравнению с другими типами КБО, что позволяет данному типу судов получить дальнейшее развитие в этой сфере. Полученные результаты доказывают необходимость учета всепогодности судна при расчете вероятности выполнения задач, стоящих перед патрульным судном, то есть при расчете его эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доценко С. Ф. Природные катастрофы Азово-черноморского региона / С. Ф. Доценко, В. А. Иванов. – Севастополь : НАН Украины, Морской гидрофизический институт, 2010. – 112 с.
2. Дубровский В. А. Эффективный и недорогой патрульный корабль с вертолетом и беспилотными аппаратами [Электронный ресурс] / В. А. Дубровский // Третья

Сахалинская региональная морская научно-техническая конференция «Мореходство и морские науки–2011». Центральный военно-морской портал. – Режим доступа : http://shipdesign.ru/Sea/2011-02-15/1_114-121.pdf

3. Дубровский В. А. Выбор типа судна должен определяться его назначением / В. А. Дубровский // Судостроение. – Ленинград, 2007. – № 6. – С. 22-26.

4. Дубровский В. А. О многокорпусных судах более детально [Электронный ресурс] / В. А. Дубровский // Центральный военно-морской портал. – Режим доступа : <http://flotprom.ru/publications/science/hull/multihulldetails/>

5. Наумова В. А. Ветро-волновые условия азово-черноморского побережья Украины / В. А. Наумова, М. П. Евстигнеев, В. П. Евстигнеев, Е. П. Любарец // Морская гидрометеорология; науч. труды УкрНДГМИ. – 2010. – Вып. 259. – С. 263-281.

6. Храмушин В. Н. Концептуальные проекты рыболовных, спасательных и патрульных судов для Сахалина и Курильских островов [Электронный ресурс] / В. Н. Храмушин / Третья Сахалинская региональная морской научно-техническая конференция «Мореходство и морские науки – 2011». Центральный военно-морской портал. – Режим доступа : http://shipdesign.ru/Sea/2011-02-15/1__64-81.pdf

7. Соломенцев О. И. Анализ частот нулевого возмущения при качке судов с малой площадью ватерлинии / О. И. Соломенцев, Л. Ю. Кондратьева // Материалы Всеукраинской научно-технической конференции с международным участием «Современные технологии проектирования, построения, эксплуатации и ремонта судов, морских технических средств и инженерных сооружений». – Николаев : НУК, 2015. – С. 67.

8. Бойко А. П. Метод формирования поверхности судна с малой площадью ватерлинии / А. П. Бойко, А. В. Бондаренко // Сборник научных трудов НУК. – Николаев : НУК, 2010. – № 3. – С. 62–68.

9. Дам С. Т. Выбор основных проектных характеристик кораблей береговой охраны : дис. к-та техн. наук: 629.05.02 / Дам Суан Туан; Украинский государственный морской технический университет имени адмирала Макарова. – Д., 2003. – 96 с.

10. Maxsurf Motions Windows Version 20 User Manual [Справка], © Bentley Systems, Incorporated 2013.

REFERENCES

1. Dotsenko S. F., Ivanov V.A., Pryrodni katastrofi azovo-chornomors'koho rehionu [The natural catastrophe in Azov-Black Sea region], *Mors'kyi hidrofizychnyy instytut* [Marine hydrophysical institute], Sevastopol', 2010, Pp.107-112.

2. Dubrovskiy V.A. Tsentral'nyy viys'kovo-mors'kyi portal Efektyvnyy i nedorohyy patrol'nyy korabel' z vertol'otom i bezpilotnyimi aparatami [Virtual resurs] *Elektronne vydannya: Tretya Sakhalins'ka rehional'na mors'ka naukovo-tekhnichna konferentsiya Moreplavstvo i mors'ki nauky*, 2011 - Available at: URL: http://shipdesign.ru/Sea/2011-02-15/1_114-121.pdf (Accessed 12 December 2015).

3. Dubrovskiy V.A., *Vybor tipa sudna dolzhen opredelyat'sya yego naznacheniyem* [Selecting the type of vessel should be determined by its purpose]. Leningrad, Sudostroyeniye Publ., 2007 issue 6 pp.22-26.

4. Dubrovskiy, V. A. Tsentral'nyy voyenno-morskoy portal *O mnogokorpusnykh sudakh boleye detal'no* [About multihull vessels in more detail][Virtual resurs] *Elektronne vydannya* Available at: URL: <http://flotprom.ru/publications/science/hull/multihulldetails/> (Accessed 12 October 2015).

5. Naumova V.A., Yevstigneyev M.P., Yevstigneyev V.P., Lyubarets Ye.P., *Vetro-volnovyye usloviya azovo-chernomorskogo poberezh'ya Ukrainy* [Wind and wave conditions are the Azov-Black Sea coast of Ukraine] *Nauk. pratsi UkrNDGMI Publ.*, 2010, issue 259, pp.263-281

6. Khramushin, V.N. Tsentral'nyy voyenno-morskoy portal *Kontseptual'nyye proyekty*

rybolovnykh, spasatel'nykh i patrol'nykh sudov dlya Sakhalina i Kuril'skikh ostrovov [Conceptual designs of fishing, rescue and patrol vessels for Sakhalin and the Kuril Islands] (Virtual resurs) http://shipdesign.ru/Sea/2011-02-15/1__64-81.pdf (Accessed 5 Tezisy Tret'yey Sakhalinskoy regional'noy morskoy nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya Morekhodstvo i morskoye nauki 2011 October 2015).

7. Solomentsev O.I., Kondrat'yeva L. YU., Analiz chastot nulevogo vozmushcheniya pri kachke sudov s maloy ploshchad'yu vaterlinii [Frequencies of the zero excitation at the swath motions] *Tezisy Vseukraïns'koï naukovo-tekhničnoï konferentsii z mizhnarodnoyu uchastyu Suchasni tekhnologiiï proyektuvannya, pobudovi, yekspluatatsii i remontu suden, mors'kikh tekhnichnikh zasobiv i inzhenernikh sporud (20-22.05.2015)*. Mikolaïv, 2015. Pp. 67

8. Boyko A.P., Bondarenko A.V., Metod formuvannya poverkhni sudna z maloyu ploshcheyu vaterliniyi [The method of the formative surface vessels with small waterline area]. *Zbirnyk naukovykh prats' NUK*. [Collection of scientific papers of NUOS], 2010, issue 3, pp. 62-68

9. Dam S. T. *Vybir osnovnykh proektnykh kharakterystyk korabliv berehovoyi okhorony dys. k-ta tekhn. Nauk* [The selection of the main design features of ships Coast Guard]. Nikolaev., 2003 pp.7-96.

10. Maxsurf Motions Windows Version 20 User Manual [Spravka] , © Bentley Systems, Incorporated 2013.

Кондратьева Л. Ю. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ РАЗНЫХ ТИПОВ ПАТРУЛЬНЫХ СУДОВ

В данной статье впервые определено влияние волнения Черноморского бассейна на качку патрульных судов разных архитектурно-конструктивных типов. Модуль Motion Design позволяет рассчитать характеристики качки с помощью двух методов: линейная теория плоских сечений и панельный метод. В случае расчета для СМПВ актуально использовать панельный метод, так как он точнее отображает нетипичную форму шпангоута. В данной статье будет рассматриваться качка судна без хода (случай посадки вертолета). Исследование определяет преимущества мореходных качеств СМПВ по сравнению с другими типами КБО. Результаты оформлены в виде амплитудно-частотных характеристик (RAO). Данные графики могут быть использованы для выбора перспективного типа кораблей береговой охраны Черноморского побережья Украины и качественного улучшения оптимизационной задачи их проектирования. Исследование подчеркивает необходимость учета свойств мореходности патрульных судов.

Ключевые слова: судно с малой площадью ватерлинии; бортовая качка; мореходность; панельный метод.

Kondratieva L. Yu. THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF SEAWORTHINESS OF DIFFERENT TYPES FOR PATRUL VESSELS

There are, at first time determined the effect of motion on the Black Sea pool for the roll of patrol vessels of different types of architectural design in this paper. The Motion Design module allows to calculate the characteristics of the roll by two methods: the linear theory of plane sections and the panel method. In the case of SWA ships calculation seems relevant use the panel method, because it more accurately reflects the atypical form of the frame. This article considered a rolling of ship without stroke (the case of the helicopter landing). The research identifies benefits seaworthiness SWA ships compared with other types of CCD. The results take the form of amplitude-frequency characteristics (RAO). These graphs can be used in selection of the types of perspective ships Coast Guard Black Sea coast for Ukraine, and improve the quality of their design optimization problem. The study emphasizes the needing to consider the properties of seaworthy of patrol vessel.

Keywords: ship with a small waterline area; rolling; seakeeping; panel method.

© Кондратьева Л. Ю.

Статтю прийнято
до редакції 08.11.16

УДК 504:628.518:539.16

ТРАНСГРАНИЧНАЯ ПЕРЕВОЗКА МОРЕМ ОТРАБОТАННЫХ ЯДЕРНЫХ ТОПЛИВ

Маменко П. П., аспирант кафедры судовождения и безопасности жизнедеятельности на море Херсонской государственной морской академии, E-mail: selivanstas@mail.ru;

Селиванов С. Е., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой судовождения и безопасности жизнедеятельности на море Херсонской государственной морской академии, E-mail: selivanstas@mail.ru

Статья посвящена созданию условий надежной трансграничной перевозке отработанного ядерного топлива. Показано различие понятия отработанного ядерного топлива – облученного ядерного топлива и радиоактивных отходов. Проведен обзор накопленного отработанного ядерного топлива на атомных электростанциях мира по данным Международного агентства по атомной энергии. Перерабатывают отходы в заметных масштабах только четыре страны – Великобритания, Франция, Россия и Япония, первые три из них оказывают соответствующие услуги другим странам. В настоящее время европейские атомные электростанции отправляют свои ядерные отходы в Англию или Францию, а в других случаях перевозят на тысячи километров (миль). В 2001 году парламент России принял закон, разрешающий ввоз в страну радиоактивных отходов из-за рубежа, которая наряду с Францией и Великобританией сегодня играет ведущую роль в регенерации отработанного ядерного топлива зарубежных АЭС. Перевозка радиоактивных материалов между многими странами происходит в частности морским транспортом, с учетом выполнения всех требований международно-правового регулирования. В работе уделено внимание проведению на судне организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасности персонала и окружающей среды, необходимости радиационного контроля в процессе транспортирования отработанного ядерного топлива.

Ключевые слова: трансграничная перевозка, отработанное ядерное топливо, радиоактивные отходы, безопасность персонала, радиационный контроль.

Введение. Тема статьи актуальна, поскольку само название говорит о решении чрезвычайно сложной задачи: трансграничной перевозке морем отработанного ядерного топлива (ОЯТ) – экологически опасного материала.

ОЯТ – это ядерные материалы и продукты деления, находящиеся в составе отработавших (облученных) тепловыделяющих сборок (ОТВС), которые извлечены из ядерного реактора после их использования (облучения). Ядерное топливо относят к отработанному, если оно более неспособно эффективно поддерживать цепную реакцию [1].

Несмотря на то, что ОЯТ, с одной стороны один из самых радиационно-опасных объектов ядерного топливного цикла, с другой стороны, – это ценный продукт, представляющий собой неразделенную смесь полезных и ненужных продуктов. Выделяют как минимум два полезных компонента: невыгоревший уран и трансураниевые элементы, включая плутоний, кроме того, среди продуктов деления содержатся радионуклиды (радиоактивные изотопы), с успехом применяющиеся в промышленности, медицине, а также в научных исследованиях. После использования радиоактивных изотопов также образуются отходы, которые в дальнейшем не будут находить применения – радиоактивные отходы (РАО).

Часто путают и считают синонимами РАО и ОЯТ. Однако следует различать эти понятия, как это видно выше. РАО – изъятые из употребления закрытые радиоактивные источники, не имеющие практической ценности, ОЯТ – отработавшее ядерное топливо, которое в дальнейшем может повторно использоваться для изготовления ядерного топлива.

ОЯТ в огромном количестве образуется при производстве энергии на действующих атомных электростанциях.

По данным обзорного доклада Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) ежегодно из реакторов в мире выгружается порядка 10,5 тысяч тонн ОЯТ, по

некоторым прогнозам в 2020 году суммарное количество образовавшегося ОЯТ составит 445 тысяч тонн [2].

Говоря об Украине, ядерная эпоха в нашей стране насчитывает 39 лет. За это время накопилось изрядное количество радиоактивных отходов.

В Украине первая АЭС введена в работу в 1977 году – Чернобыльская АЭС. На сегодня на Украине действуют 4 атомных электростанции (Хмельницкая АЭС, Ровенская АЭС, Южно-Украинская АЭС, Запорожская АЭС), с 15 энергоблоками.

На протяжении последних 30–35 лет Украина все отработанное ядерное топливо с АЭС вывозит на переработку и хранение в Россию. В России на специальных предприятиях в процессе переработки извлекается оружейный плутоний, остальные комплектующие дробятся, заливаются жидким стеклом и закатываются в бочки [3].

Однако, в 2018 году Украина должна быть готова принимать и хранить на своей территории ОЯТ со своих АЭС или перевозить в другие страны, где их перерабатывают.

В настоящее время в 26 странах мира существует более 400 действующих атомных электростанций, причем 211 из них расположены в Европе.

Что же делать с ядерным «мусором»? Одни государства построили или строят у себя могильники (Украина), хоронят под землей, другие перевозят ОЯТ в другие государства где возможна их переработка.

Перерабатывают отходы в заметных масштабах только четыре страны – Великобритания, Франция, Россия и Япония, первые три из них оказывают соответствующие услуги другим странам.

В настоящее время европейские АЭС отправляют свои ядерные отходы в Англию или Францию, а в других случаях перевозят на тысячи километров (миль). В 2001 году парламент России принял закон, разрешающий ввоз в страну радиоактивных отходов из-за рубежа, которая наряду с Францией и Великобританией сегодня играет ведущую роль в регенерации отработанного ядерного топлива зарубежных АЭС.

Перевозка радиоактивных материалов между многими странами происходит в частности морским транспортом.

Морской транспорт является неотъемлемой частью мировой транспортной системы. В настоящее время в обиходе морских терминов распространен термин «трансграничный – ая, ое». Синоним – «заграничный». При перевозке морским транспортом употребляется термин «трансграничная перевозка».

«Трансграничная перевозка» опасных грузов или других отходов означает любое перемещение из района, находящегося под национальной юрисдикцией одного государства, в район или через район, находящийся под национальной юрисдикцией другого государства, либо в район или через район, не находящийся под национальной юрисдикцией какого-либо государства, при условии, что такая перевозка затрагивает, по крайней мере два государства.

Международные требования к радиоактивным материалам и контроль осуществления безопасной перевозки радиоактивных материалов базируются на изданиях МАГАТЭ [4].

Законодательство по вопросам перевозки опасных грузов в Украине состоит из Закона «О перевозке опасных грузов» [5], Закона «Об обращении с радиоактивными отходами» [6].

В соответствии с международными требованиями, приведенными в Типовых правилах (рекомендации экспертов ООН), а также в государственном стандарте Украины (ДСТУ) 4500-3: 2008 опасные грузы по характеру опасных свойств делятся на классы. К 7 классу опасных грузов относятся радиоактивные материалы [7].

Целью работы является осуществление трансграничной перевозки морем отработанного ядерного топлива, с учетом выполнения всех требований международно-правового регулирования, проведение на судне организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасности персонала и окружающей среды,

необходимость радиационного контроля в процессе транспортирования отработанного ядерного топлива.

Изложение основного материала. Непосредственно морские перевозки регламентируются, прежде всего, морским законодательством. Любое судно должно выполнять требования документов Международной морской организации (ИМО), Международной конвенции по охране человеческой жизни на море SOLAS-74, устанавливающей минимальные стандарты безопасности при постройке, оборудовании и эксплуатации судов, которые охватывают вопросы непотопляемости, остойчивости, механической и энергетической частей судна, требований пожарной безопасности, спасения жизни, радиосвязи и безопасной навигации, Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов MARPOL-73/78, Международного морского кодекса по опасным грузам (ISPS Code), Международного кодекса безопасной перевозки облученного ядерного топлива, плутония и радиоактивных отходов высокого уровня активности в упаковке на судах – Резолюция MSC.88(71). Кодекс ОЯТ применяется к судам, занятым перевозкой груза ОЯТ. До перевозки груза ОЯТ судно должно быть подвергнуто первоначальному освидетельствованию, которое включает полный осмотр его конструкции, оборудования, арматуры, устройств и материалов в той степени, в какой на судно распространяются требования Кодекса. Кодекс ОЯТ обязывает судовладельца получать международный сертификат соответствия судна для перевозки опасных грузов и в дальнейшем проводить освидетельствования в соответствии с SOLAS-74.

I. Специальные требования к судну, перевозящему ОЯТ. Международный кодекс устанавливает три категории судов, перевозящих ОЯТ, в зависимости от суммарной активности груза:

- судно класса ОЯТ 1 – которым выдано свидетельство на перевозку ОЯТ с общей активностью менее 4000 ТБк ($4 \cdot 10^{15} \text{ Бк}$);
- судно класса ОЯТ 2 – которым выдано свидетельство на перевозку ОЯТ с общей активностью менее $2 \cdot 10^6 \text{ ТБк}$ ($2 \cdot 10^{18} \text{ Бк}$);
- судно класса ОЯТ 3 – которым выдано свидетельство на перевозку ОЯТ без ограничений по максимальной общей активности материалов [8].

Построенные или переоборудованные суда для перевозки ОЯТ должны соответствовать нормативам предельно допустимого уровня излучений во внутренних помещениях и на наружных поверхностях корпусных конструкций судна, мероприятия по дополнительной защите экипажа судна, включая расчетное определение толщины дополнительной биологической защиты грузового трюма, перечень возможных аварийных ситуаций. Кроме того, разработан и согласован с морским регистром судоходства комплект основных эксплуатационных документов, в состав которого входит информация об остойчивости судна, инструкция по загрузке и наставление по креплению груза.

Для судов класса ОЯТ 2, в отличие от других судов, отмечается существенное изменение корпусных конструкций.

Так [9], для выполнения биологической защиты грузовой трюм судна разделен коффердамом с толщиной сплошных поперечных переборок 10–12 мм, который полностью заполняют забортной водой, и в этом случае он является дополнительным балластным танком объемом около 60 м^3 . В районе коффердама установлены шахты аварийных выходов из грузового отсека.

Грузовой отсек, таким образом, состоит из двух трюмов. Для грузов класса ОЯТ 2 предназначен только носовой трюм (№1), наиболее удаленный от жилой надстройки; он оборудован в соответствии с Кодексом ОЯТ.

Предусмотрено раздельное осушение носового (№ 1) и кормового (№ 2) грузовых трюмов и коффердама. Питание электродвигателя дополнительного осушительного насоса осуществляется от аварийного распределительного щита.

Система вентиляции грузового отсека с помощью приточных и вытяжных вентиляторов разделена на две системы принудительной вытяжной вентиляции – для носового и кормового трюмов. В любое время температура окружающей среды в них не превышает 55 °С. Устройства, необходимые для эксплуатации, например вентиляторы, компрессоры, теплообменники, системы подачи охлаждающей воды, должны быть дублированы для каждого грузового помещения.

В грузовых помещениях обязательное требование – наличие системы пожаротушения.

Суда классов ОЯТ 2 и ОЯТ 3, независимо от их размеров, должны быть оснащены следующими системами и оборудованием:

- водяной системой пожаротушения;
- стационарными средствами пожаротушения в машинных помещениях категории А;
- стационарными средствами охлаждения грузовых помещений;
- стационарной системой сигнализации обнаружения пожара, защищающей машинные помещения, жилые и служебные помещения.

На судах классов ОЯТ 2 и ОЯТ 3 должен быть предусмотрен второй источник электроэнергии, устроенный таким образом, чтобы повреждение основного источника электроэнергии не затрагивало этот второй источник. Судно оснащают дополнительным электрооборудованием, в частности, системой аварийного освещения выходов из трюмов, системой управления вентиляцией бортового коффердама, сигнализацией появления воды в трюмах.

На судне создаются условия затрудненного несанкционированного проникновения посторонних лиц в грузовые помещения. Установлены технические средства обнаружения, наблюдения и тревожно-вызывная сигнализация.

Для перевозки (ОЯТ) морским транспортом используют ISO-контейнеры, которые поставяет заказчик (рис. 1) и которые помимо соответствия радиационным параметрам, должны пройти проверку на прочность, герметичность и огнестойкость.



Рисунок 1 – Использование ISO-контейнеров

Применение соответствующего ТУК является гарантией того, что радиоактивные вещества не могут в опасном количестве проникать в окружающую среду и благодаря радиационной защите упаковок интенсивность ионизирующего излучения от груза уменьшается до такой величины, которая уже не оказывает вредного воздействия на здоровье.

Кроме того, безопасность перевозок обеспечивается в первую очередь за счет применения надлежащих средств удержания грузов и ограничения перевозимых количеств. Груз надежно укладывают.

На рис. 2 показана погрузка грузовых контейнеров с ОЯТ в трюм.

Для дополнительных мер биологической защиты экипажа на контейнеры с ОЯТ устанавливается составной защитный экран в виде бетонной плиты толщиной 200 мм, облицованный с каждой стороны листовой сталью толщиной 10 мм (рис. 2).



Рисунок 2 – Погрузка грузовых контейнеров в трюм

На внешней поверхности контейнера должна быть маркировка в виде:

- серийного номера;
- опознавательного знака опасности (этикетка) с четкими, хорошо видимыми на расстоянии одного метра сведениями о транспортируемом веществе.

На знаке опасности рис. 3 содержится информация: радиоактивно, содержимое, активность, транспортный индекс, группа – 3, класс – 7.



Рисунок 3 – Знак опасности

II. Радиационный контроль при осуществлении трансграничных перевозок, требования к контролю. При транспортировании радиоактивных отходов судном наиболее важным мероприятием по обеспечению безопасности персонала и окружающей среды является радиационный контроль.

Для проведения радиационного контроля, связанного с транспортированием ОЯТ, прежде всего, необходимо знать, на каких этапах перевозки проводить контроль, что представляет радиационную опасность, что контролировать, какие нормы радиационной безопасности должны соблюдаться при перевозке судном, и, что дает радиационный контроль, кем осуществляется контроль.

Радиационный контроль проводится на всех этапах перевозки – от загрузки транспортного упаковочного комплекта (ТУК) и погрузки упаковок на транспортное средство до возврата порожних упаковочных комплектов и транспортных средств грузоотправителю.

Радиационную опасность при выполнении операций, связанных с транспортированием ОЯТ представляют:

- ионизирующее излучение, создающее дозу облучения, превышающую значения, установленные нормами радиационной безопасности Украины (НРБУ-97) [10] для персонала категории А, непосредственно выполняющего погрузочно-разгрузочные работы, а также для лиц категории Б при транспортировании и промежуточном хранении упаковок;

- радиоактивное загрязнение поверхностей ТУК на судне, где под радиоактивным загрязнением подразумевается наличие радиоактивности на поверхности в количествах, превышающих $0,4 \text{ Бк/см}^2$ для бета- и гамма-излучателей и для альфа-излучателей низкой токсичности или $0,04 \text{ Бк/см}^2$ для всех других альфа-излучателей;

- ОЯТ, которые в аварийной ситуации или при неисправности ТУК могут попасть в окружающую среду и создать уровни загрязнения и концентрации радионуклидов в воде и окружающем воздухе сверх допустимых значений.

Радиационный контроль включает:

- контроль мощности дозы гамма-излучения на поверхности груза (транспортных средств), на различных расстояниях от него, а также в местах пребывания персонала;

- контроль радиоактивного загрязнения наружных поверхностей груза и транспортных средств, внутренних поверхностей транспортных средств после разгрузки;

- контроль индивидуальных доз облучения и радиоактивного загрязнения персонала, занятого перевозкой грузов.

Допустимые уровни снимаемого радиоактивного загрязнения поверхности транспортных средств, используемых для перевозки радиоактивных веществ и материалов, $\text{част}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин})$ представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Допустимые уровни радиоактивного загрязнения поверхности транспортного упаковочного комплекта [11, 12]

Объект загрязнения	Вид загрязнения			
	Снимаемое (нефиксированное)		Неснимаемое (фиксированное)	
	α -активные радионуклиды	β -активные радионуклиды	α -активные радионуклиды	β -активные радионуклиды
Наружная поверхность охранной тары контейнера	Не допускается	Не допускается	Не регламентируется	200
Наружная поверхность транспортного контейнера	1,0	100	Не регламентируется	2000
Внутренняя поверхность охранной тары контейнера	1,0	100	Не регламентируется	2000

Отметим, что нефиксированное радиоактивное загрязнение – радиоактивное загрязнение, которое может быть удалено с поверхности при обычных условиях перевозки, а фиксированное радиоактивное загрязнение – радиоактивное загрязнение, не являющееся нефиксированным радиоактивным загрязнением.

По результатам радиационного контроля осуществляются:

- оптимизация радиационной защиты;
- определение (уточнение) регламента проведения работ, связанных с возможным облучением персонала в процессе перевозки;
- установление категории облучаемых лиц, связанных с перевозкой грузов радиоактивных материалов;
- принятие решений о вмешательстве в случае радиационной аварии.

Радиационный контроль при перевозке грузов должен осуществляться:

- грузоотправителем при подготовке радиационного груза к перевозке и погрузке, а также в пути следования в случае сопровождения груза;
- грузополучателем при приемке груза и порожних упаковочных комплектов (при каждой приемке);
- перевозчиком или лицом, сопровождающим груз в пути его следования, если имели место происшествия или аварии.

Персонал службы радиационной безопасности, а также ответственные за радиационный контроль лица, назначаются из числа сотрудников, прошедших специальную подготовку.

Результаты радиационного контроля грузоотправитель (грузополучатель) обязан представить перевозчику по его требованию.

Выводы:

- новизна статьи заключается в том, что в ней представлено исследование по разграничению понятий отработанные ядерные топлива (ОЯТ) и радиоактивные отходы (РАО);
- показано значение определения термина «трансграничная перевозка», проведено исследование правового регулирования обращения с радиоактивным материалом;
- обозначено, что трансграничная перевозка ОЯТ должна проводиться специальными морскими транспортными средствами – специально оборудованными судами, с целью необходимости обеспечения безопасности персонала и окружающей среды в процессе транспортирования;
- исследована необходимость проведения радиационного контроля при транспортировании радиоактивных отходов судном, показано, что радиационный контроль наиболее важное мероприятие по обеспечению безопасности персонала и окружающей среды.

Перспективы дальнейшей работы: провести радиационный дозиметрический контроль на грузовом судне, перевозящего твердые породы, а также показать влияние радиации на членов экипажа судна, нормирование ионизирующих излучений, общие принципы защиты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Spent nuclear fuel : Glossary. – NRC Library US NRC, November 22, 2013.
2. Spent Fuel Reprocessing Options : IAEA TECDOC No. 1587. English : Обзорный доклад МАГАТЭ. Отработанное топливо, подвергающееся переработке. – Вена : Австрия, август 2008. – 144 с.
3. Коваль И. Грузите отходы бочками : срок возврата в Украину радиоактивных отходов приближается / И. Коваль. // Forbes Украина. – 27 августа 2015. – С. 7
4. Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов : Нормы МАГАТЭ по безопасности. – Вена, 2013. – 183 с.

5. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» N 1644-III від 6 квітня 2000 року / Верховна Рада України. – К. : Відомості № 28, 2000. / Із змінами і доповненнями, внесеними Законом України № 5502-VI від 20 листопада 2012 року / Верховна Рада України. – К. : Відомості № 4, 2016. ст. 44.

6. Закон України «Про поводження з радіоактивними відходами» № 256/95 – ВР від 30.06.95 / Верховна Рада України. –К. : Відомості № 27, 1995 // Із змінами, внесеними згідно із Законом України № 1472-VIII (1472-19) від 14.07.2016 / Верховна Рада України. – К. : Відомості № 34, 2016. ст. 592.

7. Вантажі небезпечні. Класифікація : ДСТУ 4500-3: 2008. [Чинний з 01.01.2010]. – К. : Держспоживстандарт України, 2010. – 62 с. – (Національний стандарт України).

8. Международный кодекс безопасной перевозки облученного ядерного топлива, плутония и радиоактивных отходов высокого уровня активности в упаковке на судах : Резолюция от 27.05.1999 N MSC / Комитет по безопасности на море. // Бюллетень международных договоров. – 2001.

9. Перевозка отработанного ядерного топлива (ОЯТ) морским транспортом / [Барышников М. В., Худяков А. В., Овсянников В. М., Шлячков В. И.]. – Санкт-Петербург : Безопасность окружающей среды. – 2010. – №1. – С. 98–102.

10. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : за станом на 01.12.1997 / Постанова Головного державного санітарного лікаря України Першого заступника міністра охорони здоров'я України від 01.12.97 № 62 – К. : Затверджені наказом МОЗ України від 14.07.97 № 208. Введені в дію з 01.01.1998. – 121 с. – (Нормативний документ держсанепіднагляду МОЗ України).

11. Контроль загрязнения радиоактивными нуклидами поверхностей рабочих помещений, оборудования, транспортных средств и других объектов : МУК 2.6.1.016-99. – М., 1999. – 76 с.

12. Ершов В. Н. Перевозка радиоактивных материалов. Обзорная лекция-доклад. / В. Н. Ершов. – Санкт-Петербург, 2015. – 38 с.

REFERENCES

1. Spent nuclear fuel / Glossary / NRC Library US NRC (November 22, 2013). The fulfilled nuclear fuel / the Glossary / Library NRC, American NRC (on November, 22nd 2013).

2. Spent Fuel Reprocessing Options: IAEA TECDOC No. 1587. English: survey report IAEA. The fulfilled fuel, plunged to processing. - Vienna: Austria, August 2008. - 144 with.

3. Koval I. Gruzite a waste flanks: term of return to Ukraine radioactive Waste comes nearer / I. Koval. The publication in Forbes Ukraine. On August, 27th 2015. - 7 with.

4. Rules of safe transportation of radioactive materials: the edition of 2012 / Norms IAEA on safety. 2013. – Vienna. – 183 with.

5. Law Ukraine «About Reluck Cargoes» N 1644-III 6 april to 2000 fate / The Supreme It is glad Ukraine. – K.: Sheets N 28, 2000// With changes and additions, Law Ukraine N 5502-VI від 20 leaf falls to 2012 fate / The Supreme It is glad Ukraine. - K: Sheets N 4, 2016. Item 44.

6. Law Ukraine «About the reference with a radioactive waste» N 256/95 - BP 30.06.95 / The Supreme It is glad Ukraine. -K.: Sheets N 27, 1995 // With changes and additions, Law Ukraine N 1472-VIII (1472-19) 14.07.2016 / The Supreme It is glad Ukraine. - K: Sheets N 34, 2016. Item 592.

7. Cargoes dangerous. Classification: GSTU 4500-3: 2008. [The operating 01.01.2010]. – K.: Gosstandart of Ukraine. 2010. - 62 with. - (National standard of Ukraine).

8. The international code of safe transportation of the irradiated nuclear fuel, plutonium and a radioactive waste of high level of activity in packing on courts: the Resolution from 27.05.1999

9. N MSC / Committee on safety on the sea. 2001. (The bulletin of the international contracts).

10. Transportation of the fulfilled nuclear fuel (ОЯТ) sea transport / [Profiteers of M. B, Hudjakov A.V., Ovsyannikov V. M, Shljachkov V. I]. – St.-Petersburg : Safety of environment №1. 2010. – With. 98 - 102.

11. Norms of radiating safety of Ukraine (NRSU-97): behind a camp on 01.12.1997 / The decision Head the sanitary the doctor Ukraine. The first the defender the minister health protection Ukraine 01.12.97 № 62 – К.: It is confirmet order MHP Ukraine 14.07.97 № 208. It is installet 01.01.1998. – 121 with. – (Standard the document MHP Ukraine).

12. The pollution control radioactive нуклидами surfaces of working premises, the equipment, vehicles and other objects: TORMENTS 2.6.1. 016-99. – the official publication. – М: 1999. – 76 with.

13. Ershov V. N. Transportation of radioactive materials. Survey lecture-report. Presentation. – St.-Petersburg: 2015. – 38 with.

Маменко П. П., Селіванов С. Є. ТРАНСГРАНИЧНЕ ПЕРЕВЕЗЕННЯ МОРЕМ ВІДПРАЦЬОВАНОВОГО ЯДЕРНОГО ПАЛИВА

Стаття присвячена створенню умов надійному транскордонному перевезенню відпрацьованого ядерного палива. Показана відмінність поняття відпрацьованого ядерного палива – опроміненого ядерного палива та радіоактивних відходів. Проведений огляд накопиченого відпрацьованого ядерного палива на атомних електростанціях світу за даними Міжнародного агентства по атомній енергії. Переробляють відходи в помітних масштабах тільки чотири держави – Великобританія, Франція, Росія і Японія, перші три з них надають відповідні послуги іншим країнам. У цей час європейські атомні електростанції відправляють свої ядерні відходи в Англію або Францію, а в інших випадках перевозять на тисячі кілометрів (миль). У 2001 році парламент Росії прийняв закон, що дозволяє ввіз у країну радіоактивних відходів з-за кордону, яка поряд із Францією й Великобританією сьогодні відіграє провідну роль у регенерації відпрацьованого ядерного палива закордонних АЕС. Перевезення радіоактивних матеріалів між багатьма країнами відбувається, зокрема, морським транспортом, з урахуванням виконання всіх вимог міжнародно-правового регулювання. У роботі приділена увага проведенню на судні організаційних і технічних заходів щодо забезпечення безпеки персоналу та навколишнього середовища, необхідності радіаційного контролю в процесі транспортування відпрацьованого ядерного палива.

Ключові слова: транскордонне перевезення, відпрацьоване ядерне паливо, радіоактивні відходи, безпека персоналу, радіаційний контроль.

Mamenko P. P., Selivanov S. E. TRANSBOUNDARY TRANSPORTATION BY THE SEA FULFILLED NUCLEAR FUEL

Article is devoted creation of conditions to reliable transboundary transportation fulfilled nuclear fuel. Distinction of concept of the fulfilled nuclear fuel - the irradiated nuclear fuel and a radioactive waste is shown. The review of the saved up fulfilled nuclear fuel on atomic power stations of the world according to the International agency on an atomic energy is spent. Process a waste in appreciable scales only four powers - the Great Britain, France, Russia and Japan, first three of them render corresponding services to other countries. Now the European atomic power stations send the nuclear waste to England or France, and in other cases transport on thousand kilometres (miles). In 2001 the parliament of Russia has passed the law resolving import in the country of a radioactive waste from abroad which along with France and the Great Britain plays today the leading part in regeneration of the fulfilled nuclear fuel of the foreign atomic power stations. Transportation of radioactive materials between many countries occurs in particular sea transport, taking into account performance of all requirements of international legal regulation. In work the attention is paid to carrying out on a vessel of organizational and technical actions for maintenance of safety of the personnel and environment, necessity of the radiating control in the course of transportation of the fulfilled nuclear fuel.

Keywords: the transboundary transportation, the fulfilled nuclear fuel, a radioactive waste, safety of the personnel, the radiating control.

© Маменко П. П., Селіванов С. Є.

Статтю прийнято
до редакції 05.11.16

ЗАСТОСУВАННЯ МППЗС-72 В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ

Паламарчук І. В., аспірант кафедри судноводіння та безпеки життєдіяльності на морі Херсонської державної морської академії, e-mail: ihor3107@meta.ua

Радін В. К., к.т.н., доцент кафедри управління судном Херсонської державної морської академії, e-mail: radin@i.ua

В статті розглянуто питання застосування МППЗС-72 при створенні систем підтримки прийняття рішень судноводія. Проаналізовано особливості структури МППЗС-72 та визначені правила, які застосовуються в системах підтримки прийняття рішень для координації процесів розходження суден. Визначено три типи бінарної координації взаємодії суден під час зближення: координація при нормальній взаємодії, координація при екстремальній взаємодії та координація при екстремальній взаємодії. Запропоновано модель формального подання правил в системі підтримки прийняття рішень судноводія та алгоритм її функціонування. Визначено набір критеріїв для оцінки рівня небезпеки суден, що перебувають у ситуації зближення. Показано, що урахування вимог МППЗС-72 в системах підтримки прийняття рішень судноводія у поєднанні з критеріями оцінки небезпеки зіткнення дозволяє визначити найбільш безпечні та ефективні траєкторії руху суден. Пропоновані підходи до створення систем підтримки прийняття рішень судноводія дозволяють знизити ризики зіткнення суден та підвищити економічну ефективність судноводіння.

Ключові слова: система підтримки прийняття рішень, МППЗС-72, судноводіння, розходження суден, критерії оцінки небезпеки зіткнення суден.

Вступ. Міжнародні правила попередження зіткнення суден (МППЗС-72) є основним нормативним документом, який регламентує процеси розходження суден, тому формалізації правил присвячено досить велику кількість робіт дослідників, що працюють у галузі інтелектуальних та автоматизованих систем управління рухом суден [1–8]. Слід зазначити, що, незважаючи на значну кількість різних теоретичних підходів до побудови формальних моделей МППЗС-72, до теперішнього часу поставлена задача повністю не вирішена, виходячи із неоднозначності трактувань деяких положень правил.

Істотним недоліком МППЗС-72 є те, що правила регламентують дії судноводія тільки для випадків бінарної взаємодії і не розглядають ситуації одночасного розходження декількох суден. Крім того, правила самі по собі є джерелом невизначеності в описі ситуації розходження, зважаючи на неоднозначність трактування деяких приписів. Разом з тим, МППЗС-72 залишається основним нормативним документом, що регламентує процеси розходження суден і їх формалізацію у вигляді, придатному для використання в системах підтримки прийняття рішень (СППР) судноводія та є актуальною науковою і практичною задачею.

Важливість правил як ключового нормативного документа в судноводінні обумовлює необхідність розробки формальних моделей МППЗС-72, придатних для використання в СППР судноводія.

Мета дослідження. Метою дослідження є розробка формальної моделі МППЗС-72 та критеріїв оцінки небезпеки зіткнення суден, придатних для використання в СППР судноводія.

Основна частина. МППЗС-72 складаються з п'яти частин, що містять 38 правил і чотирьох додатків, які представлено на рис. 1. Під час розробки СППР судноводія найбільшу складність формалізації представляють правила, які стосуються частини В – «правила плавання і маневрування». Відомості, що містяться в частинах А, С, D, Е правил носять переважно декларативний характер та їх подання в СППР не викликає істотних ускладнень [9].

Оскільки МППЗС-72 регламентують попарну взаємодію суден при формуванні сценаріїв розвитку поточної ситуації в СППР, доцільно розглядати саме такий вид взаємодії, приймаючи, однак, при цьому до уваги той факт, що судна взаємодіють не тільки з власним судном, але й один з одним. Вибір пар суден, взаємодія яких аналізується

СППР і для яких формуються сценарії, здійснюється відповідно до рівня їх небезпеки один для одного.

МППЗС-72 містить дві незалежні системи координації взаємодіючих суден: для доброї і обмеженої видимості.

В умовах доброї видимості МППЗС-72 передбачені взаємні обов'язки суден у залежності від їх початкової відносної позиції, району плавання, можливостей маневрування, які визначаються типом суден, їх конструктивними особливостями або технічним станом.

Ситуація обгону суден регламентується Правилем 13, виключаючи випадок плавання суден у вузькостях. Згідно з Правилем 13 судно, що обганяє, має поступатися дорогою тому судну, що обганяє. У свою чергу, судно, яке обганяють має не заважати обгону і відповідно до Правила 17 зберігати параметри руху, за винятком випадків обгону в вузькості. На нього також поширюються вимоги Правила 17 у тих випадках, коли дії судна, що обганяє, створюють ризик зіткнення.

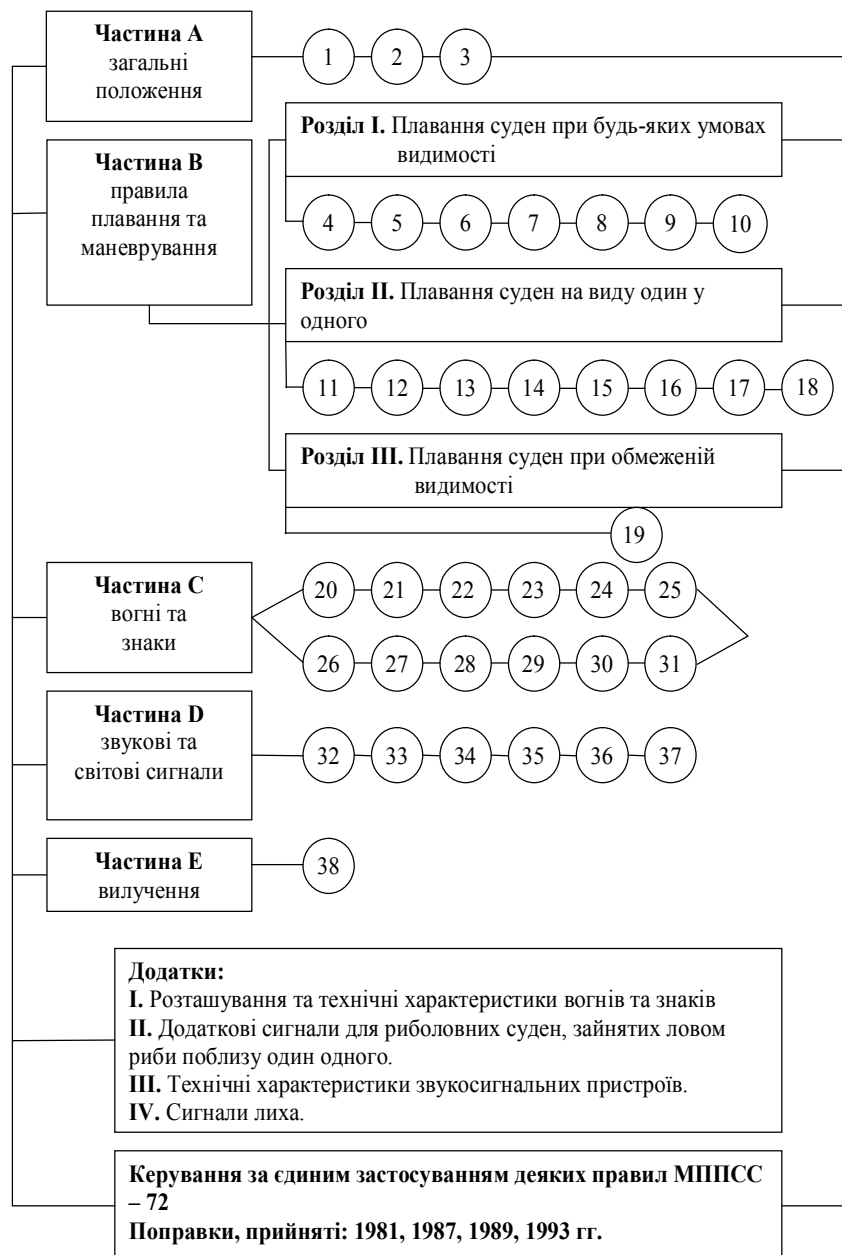


Рисунок 1 – Структура МППЗС-72

Правило 13 і обов'язки суден при обгоні поширюються на всі без винятку судна, незалежно від їх взаємних обов'язків, що передбачаються МППЗС-72. Так, згідно з Правилом 18 судна, що мають переважне право проходу, в разі обгону їх судном з механічним двигуном повинні в загальному випадку триматися в стороні від шляху судна, з механічним двигуном, яке обгоняється.

Правило 14 стосується тільки суден з механічним двигуном, воно визначає обов'язки обох суден при розходженні і вказує на узгодження дій при маневрі. У ситуації зустрічі на протилежних курсах немає привілейованого судна, на обидва судна покладаються обов'язки – у разі виникнення небезпеки зіткнення вжити заходів для розходження, і при цьому обидва судна зобов'язані змінити курс праворуч, щоб пройти в іншого судна по лівому борту.

Ситуацію перетину курсів регламентує Правило 15, яке приписує суднам з механічним двигуном взаємні обов'язки: судно, яке спостерігатиме інше зі свого правого борту, повинно поступитися йому дорогою.

Взаємні обов'язки суден зумовлені Правилом 18, згідно з яким судно з механічним двигуном на ходу повинно уступати дорогу судну, позбавленому можливості керування, обмеженому в можливості маневрувати, зайнятому ловлею риби і вітрильному судну.

Правилом 16 визначається, що судно, яке поступається дорогою іншому судну, повинно завчасно вживати відповідних заходів.

Дії судна, якому поступаються дорогою, регламентуються Правилом 17, що визначає три області дій судна:

- в першій області: якщо судно, якому поступаються дорогою, має зберігати свій курс і швидкість;
- в другій області: якщо судно, якому звільняють дорогу, виявить, що судно, зобов'язане дати дорогу, не робить дію, то воно може вжити заходів, щоб уникнути зіткнення;
- третя область визначається тим, що коли судно, яке дає дорогу, знаходиться настільки близько, що зіткнення не можна уникнути діями тільки судна, яке дає дорогу, то воно повинно вжити всіх заходів, щоб уникнути зіткнення.

Отже, Правилами 2, 16 і 17 регламентуються три області взаємних обов'язків суден і пов'язані з цими областями три типи бінарної координації:

- координація при нормальній взаємодії;
- координація при активній взаємодії;
- координація при екстремальній взаємодії.

В умовах обмеженої видимості плавання суден здійснюється з безпечною швидкістю машинами, готовими до негайного реверсування, тобто в маневреному режимі. Якщо присутність іншого судна виявлено за допомогою радара, то Правилом 19 призначаються дії для уникнення зіткнення, виходячи з геометричного положення суден. Правилом 35 регламентується подача звукових сигналів у залежності від маневрених можливостей суден в умовах обмеженої видимості, проте дії для уникнення зіткнень згідно з Правилом 19 відносяться до всіх суден незалежно від їх привілеїв, якщо вони не пришвартовані, не стоять на якорі або перебувають на міліні.

На практиці для задач попередження зіткнення суден виникають особливі режими руху або обставини плавання. Проблема полягає в тому, що, діючи відповідно до МППЗС-72, жорсткі критерії навігаційної безпеки суден можуть виявитися недосяжними через технічні і (або) технологічні обмеження. Таким чином, МППЗС-72 не розглядають кращих альтернативних варіантів прийняття рішення – «найкраще вирішення проблеми зіткнення суден в цілому включає в себе кращі рішення підпроблем». Саме тому при формуванні бази даних (БД) СППР було застосовано сценарно-прецедентний підхід, який дозволяє враховувати досвід судоводія з прийняття рішень у подібних навігаційних ситуаціях, що вже мали місце в минулому.

У процесі формування стратегії розходження враховується передбачувана зміна параметрів руху суден, обумовлена їх взаємодією одне з одним відповідно до МППЗС-72. Оскільки МППЗС-72 регламентують попарну взаємодію суден, при формуванні сценаріїв розвитку поточної ситуації в СППР доцільно розглядати саме такий вид взаємодії, приймаючи, однак, при цьому до уваги той факт, що судна взаємодіють не тільки з нашим власним судном, але й одне з одним. Очевидно, що число розглянутих взаємодіючих пар суден для випадку суден у зоні розходження буде дорівнювати числу сполучень C_N^2 :

$$C_N^2 = \frac{N!}{(N-2)!2!} \quad (1)$$

Ця величина на практиці вкрай рідко перевищує значення 190 (що відповідає 20-ти судам в зоні розходження), а для більшості розглянутих ситуацій знаходиться в діапазоні (2–7 взаємодіючих суден відповідно). Зазначений порядок величини C_N^2 хоча й унеможлиблює «програвання» всіх можливих варіантів взаємодій безпосередньо зусиллями судоводія, як це зазначається в роботі [5], тим не менш, не є перешкодою для здійснення такої операції сучасними засобами обчислювальної техніки в режимі реального часу, враховуючи ту обставину, що реальне значення величини C_N^2 може бути додатково суттєво зменшено шляхом введення попередньої класифікації суден за ступенем їх небезпеки один для одного. Для оцінки рівня небезпеки доцільно використовувати систему критеріїв, запропоновану в роботах [9–12]. Оцінка навігаційної ситуації в СППР і побудова можливих сценаріїв її подальшого розвитку здійснюється шляхом формування та аналізу логічних правил, представлених у вигляді фрейм-структур наступного вигляду:

{ідентифікатор судна}, {параметри руху судна}, {дії судна, рекомендовані МППЗС}, {дії судна, що забороняються МППЗС}, {дії, реалізовані судном з моменту спостереження}, {передбачувані дії судна}. Слот {ідентифікатор судна} містить поля <тип судна>, <маневрені характеристики судна> і <розміри судна>. Значення поля <тип судна> регламентовані вимогами МППЗС-72: «судно з механічним двигуном», «мале судно», «судно, зайняте ловлею риби», «вітрильне судно», «судно, позбавлене можливості керування», «судно, обмежене в можливості маневрувати», «гідролітак», «неідентифіковане судно». Слот {параметри руху судна} містить поля <координати>, <швидкість>, <курс>. Слоти {дії судна, рекомендовані МППЗС} і {дії судна, що забороняються МППЗС} містять ранжировані списки дій, сформовані СППР на основі вимог МППЗС-72 стосовно ситуації взаємодії розглянутої пари суден, кожне з яких представлено власною фрейм-структурою. Два слота, які залишилися, містять інформацію про локальний сценарій взаємодії для конкретної пари в розрізі вже реалізованих та ймовірних дій. Вибір пар суден, взаємодія яких аналізується СППР і для яких формуються сценарії, здійснюється відповідно до рівня їх небезпеки одне для одного. З огляду на те, що наявність повних достовірних даних про параметри руху суден важко досягаються на практиці навіть для навігаційних ситуацій, які характеризуються гарними умовами видимості, практичне використання даного підходу вимагає введення інтервальних оцінок в слоті {параметри руху судна}, що дозволяє враховувати неповноту та неточність наявної інформації. Також можливе використання в СППР даного слота з частково заповненими полями.

Загальний алгоритм роботи СППР щодо запобігання зіткнень суден має наступний вигляд:

- ідентифікація суден, що знаходяться в зоні можливого зіткнення;
- моніторинг параметрів руху суден та динаміки їх зміни;
- оцінка похибки одержуваних параметрів руху;
- класифікація суден за ступенем небезпеки;

- визначення пар взаємодіючих суден, для яких формуються можливі сценарії руху;
- визначення областей взаємних обов'язків у відповідності до МППЗС-72 і меж зони безпеки власного судна;
- формування множини можливих сценаріїв (стратегій) руху суден;
- визначення стратегій руху, що відповідають заданим критеріям безпеки;
- вироблення можливих альтернатив з управління судном і надання їх судноводію.

Судно вилучається із розгляду СППР у випадку ідентифікації його як безпечного, але моніторинг параметрів руху триває при перебуванні його в межах зони дії РЛС. Для небезпечних і потенційно небезпечних суден СППР формує багатокрокову стратегію розходження на весь прогнозований період їх перебування в зоні взаємних обов'язків з подальшою корекцією стратегії у випадку, якщо поточний розвиток ситуації буде відрізнятися від прогнозованого.

Важливою складовою СППР судноводія є критерії оцінки небезпеки суден, що оточують власне судно (суден-цілей).

В якості вихідних даних для формування комплексних критеріїв небезпечності суден-цілей були застосовані такі їх навігаційні параметри: дистанції, лінії відносного руху (ЛВР), пеленги і швидкості.

Розглянемо ситуацію зближення двох суден, яка представлена на рис. 2. Судно A характеризується параметрами: V_n, K_n, D_0 (V_n – швидкість судна A , K_n – курс судна A , D_0 – дистанція до судна B), судно B характеризується параметрами: V_u, K_u, D_0 (V_u – судна B , K_u – курс судна B , D_0 – дистанція до судна A). K_0 – поточний курс лінії відносного руху (ЛВР) цілі, K_1, K_2 – можливі ЛВР цілі; $\alpha_c, \alpha_{лк}, \alpha_{нк}$ – кути перетину відповідних ЛВР із курсом судна A , а D_0, D_2, D_3 – від судна B до точок перетину його ЛВО із курсом судна A . D_1 – дистанція до точки перетину курсів, P – різниця курсів.

Якщо $\alpha_c < \alpha_{нк}$, то ЛВР перетинає курс по носу, якщо $\alpha_c > \alpha_{лк}$, то ЛВР перетинає курс по кормі. Більш чітка оцінка зміни небезпеки зіткнення зумовлена зміною кута ЛВР та потребує встановлення залежності швидкості зміни кута ЛВР від швидкості зміни кута Θ ($\Theta = K_u - K_0$).

Скористаємося рівністю кута α_c у трикутнику позицій із кутом α_l у трикутнику швидкостей. Із векторного трикутника швидкостей кут α_l за допомогою теореми синусів можна визначити наступним чином:

$$\frac{V_u}{V_n} = \frac{\sin \alpha_l}{\sin \Theta}, \text{ або } \alpha_l = \arcsin\left(\frac{V_u \sin \Theta}{V_n}\right). \quad (2)$$

Диференціюючи вираз (2), визначимо швидкість зміни α_l від Θ :

$$d\alpha_l = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{V_u \sin \Theta}{V_n}\right)^2}} \frac{V_u}{V_n} \cos \Theta d\Theta. \quad (3)$$

Спрощуючи вираз (3), отримаємо:

$$d\alpha_n = \frac{V_u \cos \Theta d\Theta}{\sqrt{V_H^2 - V_u^2 \sin^2 \Theta}} = \frac{\cos \Theta d\Theta}{\sqrt{\left(\frac{V_H}{V_u}\right)^2 - \sin^2 \Theta}} \quad (4)$$

З чого можна констатувати, що залежність швидкості зміни $a_n(\alpha_c)$ від швидкості Θ визначається співвідношенням:

$$\Delta\alpha_n = \Delta\alpha_c = \frac{\cos \Theta}{\sqrt{\left(\frac{V_H}{V_u}\right)^2 - \sin^2 \Theta}} \Delta\Theta \quad (5)$$

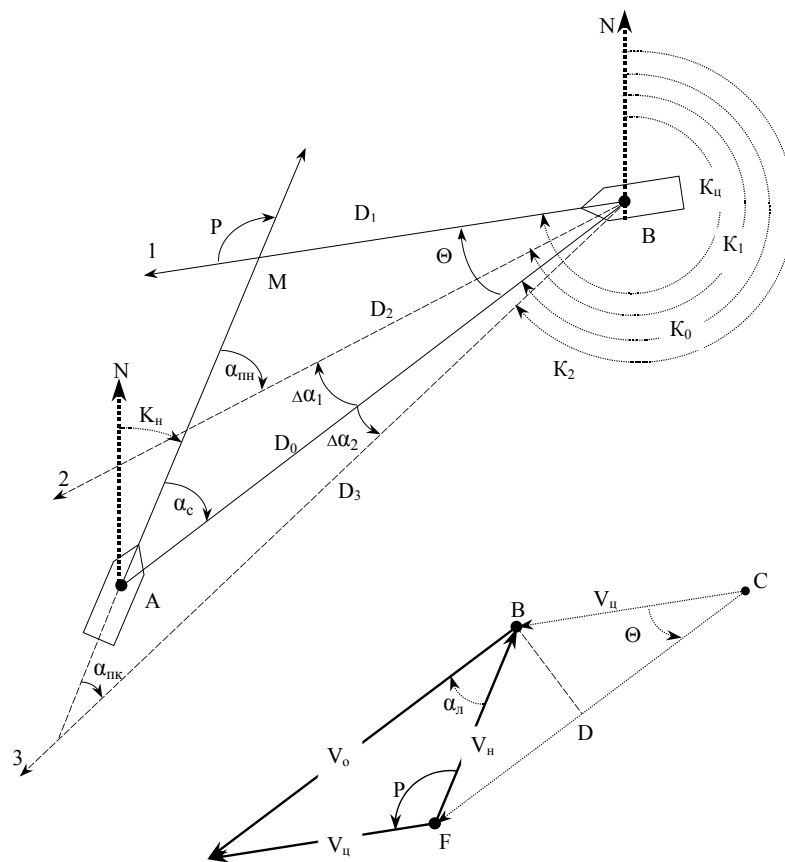


Рисунок 2 – Оцінювання небезпеки зіткнення за зміною кута курсу ЛВР

Вираз (5) дозволяє визначити швидкість зміни кута курсу ЛВР, а відповідно і динаміку зміни поточної навігаційної ситуації – наближення ЛВР до нашого судна по носу або кормі, що може свідчити про зростання небезпеки зіткнення.

Додатковим критерієм оцінки небезпеки зіткнення слугує динаміка зміни пеленгів суден. З метою підвищення точності оцінки береться серія пеленгів, що дозволить визначити їх показники, і, відповідно, наявність небезпеки зіткнення. При оцінці небезпеки навігаційної ситуації за зміною пеленгу необхідно керуватися наступними положеннями:

– якщо пеленг наближається, а ціль не змінюється, то зростає імовірність ситуації зближення суден впритул;

– якщо пеленг наближається, а ціль змінюється, то в процесі розвитку ситуації судна розійдуться на деякій відстані, величина якої буде тим менше, чим повільніше змінюється пеленг цілі.

У випадку, якщо судна розходяться на незначній відстані, відповідно до їх зближення швидкість зміни пеленга збільшується, досягаючи найбільшої величини в момент зближення на найкоротшу відстань. Аналіз ситуації небезпеки зіткнення суден проводиться на підставі даних суднової РЛС в період від моменту виявлення цілі до початку маневру за відстанню, що визначається радіолокаційною прокладкою. При виявленні судна РЛС необхідно враховувати похибку визначення місця, що виникає внаслідок випадкових похибок пеленгування, а також врахування розмірів суден.

Судно виключається з розгляду СППР при формуванні сценаріїв взаємодії у разі ідентифікації його як безпечного, але моніторинг параметрів руху такого судна триває при перебуванні його в межах зони дії ЗАРП.

Для небезпечних і потенційно небезпечних суден СППР формує багатокрокову стратегію розходження на весь прогнозований період їхнього перебування у зоні взаємних обов'язків, із подальшою корекцією стратегії у випадку, якщо поточний розвиток ситуації буде відрізнятись від прогнозованого. У процесі формування стратегії розходження враховується передбачувана зміна параметрів руху суден, обумовлена їх взаємодією один з одним відповідно до МППЗС-72.

Висновки. Урахування вимог МППЗС-72 при СППР судноводія у поєднанні з критеріями оцінки небезпеки зіткнення дозволяють сформулювати в СППР стратегії розходження суден, що дозволяє визначити найбільш безпечні та ефективні траєкторії руху. Пропоновані підходи до створення систем підтримки прийняття рішень судноводія дозволяють знизити ризики зіткнення суден та підвищити економічну ефективність судноводіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бень А. П. Формализация правил МППСС-72 в системе поддержки принятия решений судоводителя / Бень А. П. // Искусственный интеллект. – Донецьк : Видавництво «Наука і освіта» ІПШ МОН України і НАН України, 2011. – № 3. – С. 327–331.
2. Baldauf M. E-Navigation and situation-dependent manoeuvring assistance to enhance maritime emergency response / Michael Baldauf, Knud Benedict, Sandro Fischer, Michael Gluch, Matthias Kirchhoff, Sebastian Klaes, Jens-Uwe Schröder-Hinrichs, Dana Meißner, Ullrich Fielitz, Erland Wilske // World Maritime University Journal of Maritime Affairs. – 2011. – 10. – pp. 209–226.
3. Bi X. Y. Research on Double Collision Avoidance Mechanism of Ships at Sea / X. Y. Bi, X. J. Liu // TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2015. – Vol. 9, No. 1. – pp. 13–16.
4. Бужбецкий Р. Ю. Совершенствование методов предупреждения столкновения судов с учетом особенностей их взаимодействия : дис. канд. техн. наук 05.22.13. Науч. рук. Цымбал Н.Н. / Р. Ю. Бужбецкий. – Одесса, 2016. – 232 с.
5. Вагущенко Л. Л. Современные информационные технологии в судовождении [Электронное учебное пособие] / Л. Л. Вагущенко. – Одесса : ОНМА, 2013. – 135 с.
6. Вагущенко Л. Л. Поддержка решений по расхождению с судами / Л. Л. Вагущенко, А. Л. Вагущенко. – Фенікс, 2010. – 296 с.
7. Волков А. Н. Совершенствование методов предупреждения столкновения судов путем применения безопасных областей : дис. канд. техн. наук 05.22.13. Науч. рук. Цымбал Н. Н. / Волков А. Н. – Одесса, 2015. – 243 с.
8. Бень А. П. Перспективи розвитку системи підтримки прийняття рішень судноводія / Бень А. П. // Науковий вісник Херсонської державної морської академії. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2012. – № 1 (6). – С. 12–19.

9. Бень А. П. Принципи побудови систем підтримки прийняття рішень судноводія / Бень А. П. // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті : Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Том 1. – Херсон : Видавництво ХДМІ, 2010. – С. 8–12.
10. Бень А. П. Особливості побудови сучасних високоточних інтелектуальних систем управління рухом суден / А.П. Бень, І.В. Паламарчук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2016. – № 1 (14). – С. 4–10.
11. Бень А. П. Принципы построения систем поддержки принятия решения судоводителя в рамках концепции e-Navigation / А. П. Бень, И. В. Паламарчук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2015. – № 2 (13). – С. 4–9.
12. Бень А. П. Человеческий фактор при принятии решений в судовождении и пути снижения его влияния / А. П. Бень, И. В. Паламарчук // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2015. – № 1 (12). – С. 4–9.

REFERENCES

1. Ben A. P. Formalizaciya pravil MPPSS-72 v sisteme podderzhki prinyatiya resheniy sudovoditelya / Ben A. P. // Iskusstvennihyj intelekt. – Donecjk : Vidavnictvo «Nauka i osvita» IPShI MON Ukraïni i NAN Ukraïni, 2011. – № 3. – S. 327–331.
2. Baldauf M. E-Navigation and situation-dependent manoeuvring assistance to enhance maritime emergency response / Michael Baldauf, Knud Benedict, Sandro Fischer, Michael Gluch, Matthias Kirchhoff, Sebastian Klaes, Jens-Uwe Schroder-Hinrichs, Dana Meiner, Ullrich Fielitz, Erland Wilske // World Maritime University Journal of Maritime Affairs. – 2011. – 10. – pp. 209–226.
3. Bi X. Y. Research on Double Collision Avoidance Mechanism of Ships at Sea / X. Y. Bi, X. J. Liu // TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation. – 2015. – Vol. 9, No. 1. – pp. 13–16.
4. Buzhbeckiy R. Yu. Sovershenstvovanie metodov preduprezhdeniya stolknoveniya sudov s uchetom osobennostey ikh vzaimodeystviya : dis. kand.. tekhn. nauk 05.22.13. Nauch. ruk. Cihmbal N.N. / R. Yu. Buzhbeckiy. – Odessa, 2016. – 232 s.
5. Vaguthenko L. L. Sovremenniye informacionniye tekhnologii v sudovozhdenii [Ehlektronnoe uchebnoe posobie] / L. L. Vaguthenko. – Odessa : ONMA, 2013. – 135 s.
6. Vaguthenko L. L. Podderzhka resheniy po raskhozhdeniyu s sudami / L. L. Vaguthenko, A. L. Vaguthenko. – Feniks, 2010. – 296 s.
7. Volkov A. N. Sovershenstvovanie metodov preduprezhdeniya stolknoveniya sudov putem primeneniya bezopasnikh oblastey : dis. kand.. tekhn. nauk 05.22.13. Nauch. ruk. Cihmbal N. N. / Volkov A. N. – Odessa, 2015. – 243 s.
8. Ben A. P. Perspektivi rozvitku sistemi pidtrimki priyjnnyattya rishenj sudnovodiya / Ben A. P. // Naukoviyj visnik Khersons'koi derzhavnoi mors'koi akademii. – Kherson : Vidavnictvo KhDMA, 2012. – № 1 (6). – S. 12–19.
9. Ben A. P. Principi pobudovi sistem pidtrimki priyjnnyattya rishenj sudnovodiya / Ben A. P. // Suchasni informacijni ta innovacijni tekhnologii na transporti : Materiali Mizhnarodnoi naukovo-praktichnoi konferencii. Tom 1. – Kherson : Vidavnictvo KhDMI, 2010. – S. 8–12.
10. Ben A. P. Osoblivosti pobudovi suchasnikh visokotochnikh intelektual'nikh sistem upravlinnya rukhom suden / A. P. Ben, I. V. Palamarchuk // Naukoviyj visnik

Khersons'koi derzhavnoi morskoi akademii : naukoviy zhurnal. – Kherson : Vidavnistvo KhDMA, 2016. – № 1 (14). – S. 4–10.

11. Ben A. P. Principih postroeniya sistem podderzhki prinyatiya resheniya sudovoditelya v ramkakh koncepcii e-Navigation / A. P. Ben, I. V. Palamarchuk // Naukoviy visnik Khersons'koi derzhavnoi morskoi akademii : naukoviy zhurnal. – Kherson : Vidavnistvo KhDMA, 2015. – № 2 (13). – S. 4–9.

12. Ben A. P. Chelovecheskiy faktor pri prinyatii resheniy v sudovozhdenii i puti snizheniya ego vliyaniya / A. P. Ben, I. V. Palamarchuk // Naukoviy visnik Khersons'koi derzhavnoi morskoi akademii : naukoviy zhurnal. – Kherson : Vidavnistvo KhDMA, 2015. – № 1 (12). – S. 4–9.

Паламарчук И. В., Радін В. К. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МППСС-72 В СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СУДОВОДИТЕЛЯ

Рассмотрены вопросы применения МППСС-72 при создании систем поддержки принятия решений судоводителя. Проанализированы особенности структуры МППСС-72 и определенные правила, которые применяются в системах поддержки принятия решений для координации процессов расхождения судов. Определены три типа бинарной координации взаимодействия судов во время сближения: координация при нормальном взаимодействии, координация при экстремальной взаимодействии, и координация при экстремальном взаимодействии. Предложена модель формального представления правил в системе поддержки принятия решений судоводителя и алгоритм ее функционирования. Определен набор критериев для оценки уровня опасности судов, находящихся в ситуации сближения. Показано, что учет требований МППСС-72 в системах поддержки принятия решений судоводителя в сочетании с критериями оценки опасности столкновения позволяет определить наиболее безопасные и эффективные траектории движения судов. Предлагаемые подходы к созданию систем поддержки принятия решений судоводителя позволяют снизить риски столкновения судов и повысить экономическую эффективность судовождения.

Ключевые слова: система поддержки принятия решений, МППСС-72, судовождение, расхождение судов, критерии оценки опасности столкновения судов.

Palamarchuk I. V., Radin V. K. APPLICATION OF COLREG-72 IN DECISION SUPPORT SYSTEMS FOR NAVIGATORS

The article deals with application of COLREG-72 when creating a decision support system for navigators. The peculiarities of the COLREG-72 structure and the rules that are used in decision-support systems for coordinating vessel differentiation processes are defined. Three types of binary coordination of vessel interaction are identified: coordination in normal interaction, coordination in extreme interaction, and coordination in extreme interaction. The model of the formal representation of rules in the decision support system of the ship operator and its algorithm are proposed. A set of criteria for assessing the level of danger of ships in the convergence situation has been identified. It is shown that taking into account the requirements of COLREG-72 in decision-support systems, the navigator, in combination with the criteria for assessing the collision hazard, is able to determine the most safe and efficient trajectories of vessel traffic. The offered approaches to creation of systems of support of decision-making the navigator allow to reduce risks of collision of vessels and increase economic efficiency of navigation.

Keywords: decision support system, COLREG-72, navigation, vessel differentiation, criteria of estimation of the risk of collision of vessels.

© Паламарчук І. В., Радін В.К.

Статтю прийнято
до редакції 19.11.16

УДК 656.614

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА КОНСИГНАЦИОННЫХ СКЛАДАХ В СЕРВИСНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ

Петров И. М., к.т.н., профессор Национального университета «Одесская морская академия», E-mail: firmness@list.ru, ORCID: 0000-0002-1962-6463

В работе разработаны методологические основы организации услуг морского агента по судовому снабжению с использованием консигнационного склада. При этом функции консигнатора выполняет морской агент, будучи оператором сервисной эргатической системы. Разработана и на численном примере проанализирована модель оптимального планирования закупок товаров на заданном временном горизонте на основе заявок, получаемых от судов. Выработаны рекомендации по дальнейшему совершенствованию модели и ее реализации на практике.

Полученные результаты могут быть использованы в практике работы судоходных, агентских и шипчандлерских компаний, а также в учебном процессе.

Ключевые слова: морской агент, снабжение, консигнатор, оператор, сервисная эргатическая система, консигнационный склад, оптимизация, планирование закупок.

Постановка проблемы в общем виде и её связь с важными научными или практическими задачами. В обеспечении эффективной технической эксплуатации судна важное место принадлежит его своевременному техническому снабжению различного вида запасами. В деятельности агентских фирм, образующих сервисные эргатические системы, управляющих и обеспечивающих обслуживание морских судов, прибывших в порт, важную роль играют консигнационные склады. Эти склады служат для предварительного накопления партий товаров для обеспечения снабжения ими судов, прибывающих в порты. На наш взгляд, их использование является наиболее оптимальной формой продажи товаров, которая, к тому же, удобно соответствует сложившейся системе снабжения судов нужными им запасами. Такая форма судового снабжения регламентируется договором консигнации, при котором консигнатор (комиссионер) берёт обязательство, исходя из поручения консигнанта, за комиссионное вознаграждение реализовать в определенный срок от своего имени товары, которые поставлены на склад консигнатора и являющиеся собственностью консигнанта до момента реализации [1]. Функциями консигнатора может быть наделен и морской агент как оператор сервисной эргатической системы.

Согласно обычной морской практике капитаны судов заблаговременно (обычно за несколько дней до прибытия судна в порт назначения) подают заявки агентской компании на снабжение судна различными товарами для текущего ремонта судна и предстоящего рейса [2, 3]. На основе информации, содержащейся в указанных заявках, менеджеры консигнационного склада могут контролировать наличие на складе необходимых товаров в требуемом количестве и нужного качества. Создание запасов товаров на складе является сложной экономико-организационной проблемой. Действительно, с одной стороны, чрезмерное увеличение запасов на складе ведет к исключению из оборота дорогостоящих предметов судового снабжения. С другой стороны, при необоснованном снижении наличных запасов возникают риски простоев судов в ожидании их закупки на стороне и доставки. Таким образом, справедлива гипотеза, что решение проблемы создания запасов и управления ими находится в оптимизации их уровня.

Анализ последних достижений и публикаций. Впервые простые оптимизационные модели для определения объемов партий поставок были разработаны еще в трудах Ф. Эджуорта и Ф. Харриса, которые относятся к концу 19-го – началу 20-го столетия. В них расход товаров предполагался постоянным равномерным, а поступление на склад – в заданные периоды времени. Однако, по-настоящему развитие теории управления запасами, как раздела общей теории управления, бурно началось во время Второй мировой войны и после ее окончания в рамках ряда прикладных математических

дисциплин, составившими основу дисциплины «Исследование операций». Обширные методические разработки, созданные в теории управления запасами, были сделаны отечественными учеными, среди которых В. Г. Алиев, А. В. Баскин, М. А. Государев, В. В. Дыбская, Е. И. Зайцев, В. Н. Захаров, Э. А. Зинь, Л. И. Иоффе, В. Л. Зюзин, Г. Б. Клейнер, С. П. Колосов, В. А. Кутыркин, В. М. Лагуткин, В. А. Лотоцкий, А. Г. Малышкин, В. П. Маталин, А. Я. Олешко, Ю. И. Рыжиков, Л. М. Рыжов, В. А. Сакович, В. И. Сергеев, А. Н. Стерлигова, А. И. Телегин, Е. А. Хруцкий, В. А. Черемин и др. [4–13]. Весомый научный вклад в теорию управления запасами внесли зарубежные ученые Е. Алан, Дж. Букан, Т. Е. Воллман, Э. М. Кенигсберг, Эрнест Л. Николс, Майкл Е. Портер, Дж. Стивенсон, Роберт Б. Хэндфилд, J. Bramel, P. Brandimarte, D. Laha, P. Mandal, G. Zotteri и др [14–22].

На водном транспорте применение экономико-математических методов и моделей, а также вычислительной техники для совершенствования комплексного обслуживания судов в портах, было начато еще в 70–80-х гг. прошлого столетия. Оно отражено в трудах Э. К. Блинова, Е. Д. Бучина, О. Л. Домнина, А. М. Дуберштейна, В. Н. Кострова, И. В. Морозовой, М. Я. Постанова, В. А. Черемина и др [23–27]. Однако можно констатировать, что выполненные исследования или отражали условия отраслевого управления при плановой экономике и не учитывали новые условия хозяйствования, или не рассматривали особенности организации работы консигнационных складов, работы флота и портов.

Указанные замечания приводят к выводу о чрезвычайной актуальности решения вопросов обеспечения надежности снабжения морских судов запасами, как фактора, влияющего на эффективность технического обслуживания флота.

Формулирование целей статьи (постановка задачи). Целью данной работы является повышение эффективности и качества снабжения судов путем оптимизации управления запасами на консигнационных складах в сервисных эргатических системах на морском транспорте. В соответствии с целью статьи, намеченными и решенными задачами, предметом исследования являются сервисная эргатическая система и происходящие в ней процессы снабжения судов с консигнационного склада на основе учета судовых заявок.

Изложение материалов исследования с обоснованием полученных научных результатов. Для построения и анализа модели оптимального планирования закупками товаров консигнационным складом на основе заявок, получаемых от судов, предлагается воспользоваться классической моделью оптимального управления запасами Вагнера-Уайтина [21], модифицированной для условий работы консигнационного склада.

Математическая модель задачи. Пусть руководство склада вместимости E планирует закупку M видов товаров для удовлетворения потребностей судов на горизонте планирования T . Исходная информация для составления указанного плана содержится в заявках на снабжение от судов, причем суммарная ожидаемая потребность в товарах m -го вида всех судов, прибытие которых намечается в периоде t , равна $g_{mt} \geq 0$:

$$\sum_{t=1}^T g_{mt} > 0.$$

Введем следующие условные обозначения:

x_{mt} – объем закупок складом товара m – го вида в периоде t ;

I_{mt} – уровень запаса товара m -го вида на складе в конце периода t .

Очевидно, справедливы следующие балансовые соотношения:

$$I_{mt} = I_{m,t-1} + x_{mt} - g_{mt}, m = 1, 2, \dots, M; t = 1, 2, \dots, T. \quad (1)$$

Из (1) следует, что:

$$I_{mt} = q_m + \sum_{j=1}^t (x_{mj} - g_{mj}), t = 1, 2, \dots, T, \quad (2)$$

где q_m – начальный запас товара m -го вида на складе, причем $q_m \geq g_{m1}$.

Условие не превышения складской вместимости имеет вид:

$$\sum_{m=1}^M I_{mt} \leq E, t = 1, 2, \dots, T,$$

или с учетом (2):

$$\sum_{m=1}^M [q_m + \sum_{j=1}^t (x_{mj} - g_{mj})] \leq E, t = 1, 2, \dots, T. \quad (3)$$

Условие отсутствия неудовлетворительного спроса на товар m -го вида в любом периоде записывается так:

$$g_{mt} \leq I_{m,t-1}, t = 1, 2, \dots, T,$$

или (с учетом (2)):

$$q_m + \sum_{j=1}^{t-1} x_{mj} \geq \sum_{j=1}^t g_{mj}, t = 1, 2, \dots, T. \quad (4)$$

Будем также считать, что выполнено следующее условие баланса между спросом на товары и их закупкой на горизонте планирования:

$$q_m + \sum_{t=1}^T x_{mt} = \sum_{t=1}^T g_{mt}. \quad (5)$$

Переменные $x_{mj}, m = 1, 2, \dots, M; t = 1, 2, \dots, T$, должны быть неотрицательными, т.е. должны выполняться условия:

$$x_{mj} \geq 0, m = 1, 2, \dots, M; t = 1, 2, \dots, T. \quad (6)$$

В качестве целевой функции могут быть суммарные расходы склада на горизонте планирования, т.е.:

$$C = \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T (K_{mt} \delta(x_{mt}) + r_{mt} x_{mt} + c_{mt} I_{mt}),$$

где K_{mt} – затраты на оформление заказа на закупку товара m -го вида в периоде t ; r_{mt} – закупочная цена товара m -го вида в периоде t ; c_{mt} – стоимость хранения единицы товара m -го вида в периоде t ; $\delta(x) > 0, x > 0, \delta(0) = 0$. Перепишем эту целевую функцию с учетом равенств (2) следующим образом:

$$C = \sum_{m=1}^M \sum_{t=1}^T \{K_{mt} \delta(x_{mt}) + r_{mt} x_{mt} + c_{mt} [q_m + \sum_{j=1}^t (x_{mj} - g_{mj})]\}. \quad (7)$$

Требуется найти такой план закупок $\{x_{mj}\}$ товаров всех видов, чтобы функция (7) приняла минимальное значение при условиях (1)–(6). Отметим, что мы пришли к задаче нелинейного программирования с недифференцируемой целевой функцией. Если пренебречь транзакционными затратами K_{mt} (т.е. если они незначительны по сравнению с другими видами затрат), то, очевидно, придем к задаче линейного программирования.

Рассмотрим теперь случай задолженного спроса. В этом случае условия (4) следует отбросить, а величина задолженного спроса на товар m – го вида в периоде t будет равна:

$$\max\{0, g_{mt} - I_{m,t-1}\}.$$

Если владелец склада продает (оказывает услугу) судовладельцу (фрахтователю) товар m – го вида в периоде t по цене p_{mt} , то размер упущенной выгоды для владельца составит:

$$p_{mt} \max\{0, g_{mt} - I_{m,t-1}\}.$$

Поэтому выражение для суммарных затрат C_1 владельца склада, с учетом соотношений (2), теперь примет вид:

$$C_1 = C + \sum_{t=1}^T \sum_{m=1}^M p_{mt} \max\{0, g_{mt} - q_m - \sum_{j=1}^{t-1} (x_{mj} - g_{mj})\}. \quad (8)$$

Таким образом, вновь мы пришли к новой задаче нелинейной оптимизации: найти план закупок $\{x_{mj}\}$, который доставляет минимальное значение функции (8) при условиях (1)–(3), (5), (6).

Числовой пример. Приведем численную иллюстрацию построенной оптимизационной модели, ограничившись случаем, когда задолженный спрос отсутствует, т.е. рассмотрим задачу минимизации функции (7) при условиях (3)–(6). Варианты исходных данных для расчета приведены в табл. 1, а результаты расчета по вариантам – в табл. 2. Расчеты выполнены с помощью пакета программ *Microsoft Excel*. Из табл. 2 видно, что при изменении размеров планируемых поставок g_{mt} в промежутке от 0,5 тыс. т до 5,5 тыс. т минимальные значения целевой функции изменялись в диапазоне от 2,08 до 5,046 тыс. ден. ед. При этом наименьшее значение целевой функции приходится на вариант 1. Как и следовало ожидать, переменные x_{13} , x_{23} в оптимальном плане равны нулю, поскольку в целях экономии в последнем периоде нет смысла делать закупки товаров.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета

Условные обозначения	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант	6 вариант
<i>I</i>	2	3	4	5	6	7
q_1 , тыс. т	1,0	1,0	2,5	2,5	0,5	1,5
q_2 , тыс. т	2,0	2,0	1,5	1,5	0,5	2,5
E , тыс. т	10,0	10,0	10,0	15,0	10,0	9,0
g_{11} , тыс. т	0,8	1,0	2,0	2,0	0,5	0,5
g_{12} , тыс. т	2,0	3,0	3,8	3,8	5,2	5,2
g_{13} , тыс. т	1,5	2,5	4,5	4,5	4,2	4,2
g_{21} , тыс. т	1,5	2,0	1,4	1,4	0,5	0,5
g_{22} , тыс. т	3,0	3,5	4,8	4,8	3,8	3,8
g_{23} , тыс. т	2,2	2,0	5,5	5,5	4,5	4,5
r_{11} , тыс. ден. ед./т	0,3	0,15	0,3	0,3	0,4	0,4
r_{12} , тыс. ден. ед./т	0,3	0,15	0,4	0,4	0,3	0,3

1	2	3	4	5	6	7
r_{13} , тыс. ден. ед./т	0,3	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3
r_{21} , тыс. ден. ед./т	0,15	0,3	0,15	0,15	0,15	0,15
r_{22} , тыс. ден. ед./т	0,12	0,3	0,12	0,12	0,1	0,1
r_{23} , тыс. ден. ед./т	0,1	0,3	0,12	0,12	0,1	0,1
c_{11} , тыс. ден. ед./т.сут.	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
c_{12} , тыс. ден. ед./т.сут.	0,01	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02
c_{13} , тыс. ден. ед./т.сут.	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
c_{21} , тыс. ден. ед./т.сут.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
c_{22} , тыс. ден. ед./т.сут.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06	0,06
c_{23} , тыс. ден. ед./т.сут.	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07

Таблица 2 – Оптимальные значения параметров управления и целевой функции

Условные обозначения	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант	6 вариант
x_{11} , тыс. т	1,8	3,0	4,7	7,8	5,2	4,2
x_{12} , тыс. т	1,5	2,5	3,1	0	4,2	4,2
x_{13} , тыс. т	0	0	0	0	0	0
x_{21} , тыс. т	2,5	3,5	4,7	4,7	3,8	1,8
x_{22} , тыс. т	2,2	2,0	5,5	5,5	4,5	4,5
x_{23} , тыс. т	0	0	0	0	0	0
C , тыс. ден. ед.	2,08	3,045	4,833	4,554	5,046	4,346

Выводы и перспективы дальнейшей работы по данному направлению:

1. В статье разработаны методологические основы организации услуг морского агента по судовому снабжению в рамках диверсификации его традиционной деятельности, а также выработаны рекомендации по их практической реализации. Предложенная методика достаточно проста, для её применения не требуется большого количества данных, высокой квалификации персонала.

2. Приведенная модель может использоваться в практической деятельности менеджеров консигнационного склада при разработке плана закупок товаров на заданном горизонте планирования, основываясь на информации, содержащейся в заявках от судов, прибывающих в порты в течение данного периода. Для ее численной реализации необходимо использовать соответствующее программное обеспечение (например, пакет программ *Microsoft Exc.*

Эффективность ее применения, конечно, зависит от точности исходных данных (в основном, величин g_{mt}). Однако, точность указанных исходных величин обычно не очень высока, так как они носят прогнозный характер. Поэтому в будущих исследованиях целесообразно обобщить приведенную выше модель оптимизации на случай, когда g_{mt} являются случайными величинами с заданными законами распределения. В этом случае мы придем к некоторой задаче стохастической оптимизации, в которой должны быть отражены ситуации возникновения риска дополнительного простоя судов из-за отсутствия на складе необходимых товаров в требуемом количестве.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Консигнация: форма продажи товара [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.malb.ru/glossariy077.html>
2. Петров И. М. Агентирование морских судов: теория и практика : учебное пособие/ И. М. Петров, В. А. Виговский – Черновцы : «Книги – XXI», 2005. – 496 с.
3. Транспортно-экспедиционное и агентское обслуживание при перевозке грузов : [спр. и науч.-метод. пособ.] / [А. И Телегин, В. Н. Костров, А. А. Макаров и др.; под ред. А. И. Телегина]. – Н. Новгород : изд-во «Райт», 1999. – 426 с.

4. Алиев В. Г. Теория организации / В. Г. Алиев. – М. : Луч, 2009. – 416 с.
5. Баскин А. Материальные запасы / А. Баскин, Г. Зенкова // Журнал РИСК. – 1997. – № 3–4. – С. 45–52.
6. Дыбская В. В. Логистика: учебник / В. В. Дыбская, Е. И. Зайцев, В. И. Сергеев, А. Н. Стерлигова; под ред. В.И. Сергеева. – М. : Эксмо, 2011. – 944 с.
7. Иоффе Л. И. Применение математических моделей в управлении материально-техническим снабжением / Л. И. Иоффе, Г. Б. Клейнер. – М. : Информэлектро, 1982. – 47 с.
8. Лагуткин В. М. Экономико-математические методы в снабжении / В. М. Лагуткин. – М. : Экономика, 1971. – 367 с.
9. Лотоцкий В. А. Модели и методы управления запасами / В. А. Лотоцкий, А. С. Мандель. – М. : Наука, 2006. – 360 с.
10. Олешко А. Я. К вопросу определения величины страховых запасов материальных ресурсов / А. Я. Олешко. – М. : Наука, 1972. – 35 с.
11. Рыжиков Ю. И. Теория очередей и управления запасами / Ю. И. Рыжиков. – СПб : Питер, 2007. – 386 с.
12. Стерлигова А. Н. Анализ процесса стандартизации терминологии логистики за рубежом / А. Н. Стерлигова // Логистика и управление цепями поставок. – 2006.
13. Хруцкий Е. А. Оптимизация хозяйственных связей и материальных запасов (вопросы методологии) / Е. А. Хруцкий, В. А. Сакович, С. П. Колосов. – М. : «Экономика», 1977. – 263 с.
14. Alan E. Economics of Shipping Practice and Management. Branch / E. Alan. – London, New York : Chapman and Hall, 1995. – 360 p.
15. Букан Дж. Научное управление запасами / Дж. Букан, Э. М. Кенигсберг. – М. : Наука, 1967. – 423 с.
16. Vollman T. E. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. McGraw-Hill/Irwin. – NY : Fifth Edition, 2005. – 710 pp.
17. Роберт Б. Хэндфилд. Реорганизация цепей поставок. Создание интегрированных систем формирования ценности / Роберт Б. Хэндфилд, Эрнест Л. Николс мл. – М. : Вильямс, 2003. – 416 с.
18. Майкл Е. Портер. Конкурентное преимущество: как достичь высокого результата и обеспечить его устойчивость / Майкл Е. Портер : пер. с англ. – М. : Альпина Бизнес Букс, 2005. – 715 с.
19. Designing a distribution network to address today's challenges. Tompkins associates' article. Supply chain excellence. M-9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tompkinsinc.com>. 2. – № 1. – С. 63–82.
20. Bramel J. The logic of logistics: theory, algorithms, and applications for logistics management / J. Bramel., D. Simchi. – Levi. – Berlin : Springer, 1997. – 285 p.
21. Brandimarte P. Introduction to distribution logistics / P. Brandimarte, G. Zotteri. – NY : Wiley, 2007. – 320 p.
22. Laha D. Handbook of computational intelligence in manufacturing and production management / D. Laha, P. Mandal. – Hershey, PA : Information Science Reference, 2008. – 491 p.
23. Блинов Э. К. Комплексное обслуживание судов в морских портах / Э. К. Блинов, А. М. Дуберштейн. – М. : Транспорт, 1975. – 208 с.
24. Бучин Е. Д. Диверсификация основной деятельности на водном транспорте : учебн. пособие. / Е. Д. Бучин, О. Л. Домнина, В. Н. Костров. – Н. Новгород : ВГАВТ, 1994. – 138 с.
25. Костров А. В. Управление надежностью снабжения в логистической системе / А. В. Костров, В. А. Черемин // Труды ВГАВТ. – Н. Новгород, 2000. – Вып. 295. – С. 50–55.

26. Morozova I. V. Dynamic Optimization Model for Planning of Integrated Logistical System Functioning/ I. V. Morozova, M. Ya. Postan, S. N. Dashkovskiy // Proceedings of 3d International Conference «Dynamics in Logistics», LDIC2012, Bremen, Germany, Feb. / March 2012. – Berlin : Springer, 2013. – P. 291–300.

27. Постан М. Я. Динамическая модель оптимального управления запасами товаров и их доставкой в деятельности логистической фирмы / М. Я. Постан // Логистика: проблемы и решения. – 2009. – № 2. – С. 54–58.

REFERENCES

1. Konsignatsiya: forma prodazhi tovara [Elektronnyiy resurs] / Rezhim dostupa: // www.malb.ru/glossariy077.html
2. Petrov I.M. Agentirovanie morskikh sudov: teoriya i praktika: uchebnoe posobie/ I.M. Petrov, V.A. Vigovskiy – Chernovtsy, «Knigi – XXI», 2005. – 496 s.
3. Transportno-ekspeditsionnoe i agentskoe obsluzhivanie pri perevozke грузов: [ср. i nauch.-metod. posob.] / [A.I. Telegin, V.N. Kostrov, A.A. Makarov i dr.; pod red. A.I. Telegina]. - N. Novgorod: izd-vo «Rayt», 1999. - 426 s.
4. Aliev V.G. Teoriya organizatsii / V.G. Aliev. – M.: Luch, 2009. – 416 s.
5. Baskin A. Materialnyie zapasy / A. Baskin, G. Zenkova // Zhurnal RISK. – 1997. – # 3-4. – S. 45-52.
6. Dyibskaya V.V. Logistika: [uchebnik] / V.V. Dyibskaya, E.I. Zaytsev, V.I. Sergeev, A.N. Sterligova; pod red. V.I. Sergeeva. – M.: Eksmo, 2011. – 944 s.
7. Ioffe J.I. Primenenie matematicheskikh modeley v upravlenii materialno-tehnicheskim snabzheniem / L.I. Ioffe, G.B. Kleyner. - M.: Informelektro, 1982. - 47 s.
8. Lagutkin V.M. Ekonomiko-matematicheskie metody v snabzhenii / V.M. Lagutkin. K M.: Ekonomika, 1971. - 367 s.
9. Lototskiy V.A. Modeli i metody upravleniya zapasami / V.A. Lototskiy, A.S. Mandel. – M.: Nauka, 2006. – 360 s.
10. Oleshko A.Ya. K voprosu opredeleniya velichiny strahovyih zapasov materialnyih resursov / A.Ya. Oleshko. - M.: Nauka, 1972. - 35 s.
11. Ryizhikov Yu.I. Teoriya ocheredey i upravleniya zapasami / Yu.I. Ryizhikov. – SPb: Piter, 2007. – 386 s
12. Sterligova A.N. Analiz protsessa standartizatsii terminologii logistiki za rubezhom / A.N. Sterligova // Logistika i upravlenie tsepyami postavok.
13. Hrutskiy E.A. Optimizatsiya hozyaystvennyih svyazey i materialnyih zapasov (voprosyi metodologii) / E.A. Hrutskiy, V.A. Sakovich, S.P. Kolosov. – M.: «Ekonomika», 1977. – 263 s.
14. Alan E. Economics of Shipping Practice and Management. Branch /E. Alan. - London, New York: Chapman and Hall, 1995. - 360 p.
15. Bukan Dzh. Nauchnoe upravlenie zapasami / Dzh. Bukan, E. M. Kenigsberg. – M.: Nauka, 1967. - 423 s.
16. Vollman T.E. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management. McGraw-Hill/Irwin. NY. Fifth Edition, 2005.
17. Robert B. Hendfield. Reorganizatsiya tsepey postavok. Sozdanie integrirovannyih sistem formirovaniya tsennosti / Robert B. Hendfield, Ernest L. Nikols ml.
18. Maykl E. Porter. Konkurentnoe preymushchestvo: kak dostych' vysokoho rezul'tata y obespechyt' eho ustoychivost' /. Maykl E. Porter: per. s anhl. – M.: Al'pyna Byznes Buks, 2005. – 715 s.
19. Designing a distribution network to address today's challenges. Tompkins associates' article. Supply chain excellence. M-9 [Электронныи resurs]. – Rezhym dostupa: [http:// ww.tompkinsinc.com](http://ww.tompkinsinc.com). 2. – № 1. – С. 63–82
20. Bramel J. The logic of logistics: theory, algorithms, and applications for logistics management / J. Bramel., D. Simchi - Levi. – Berlin: Springer, 1997. – 285 r.

21. Brandimarte P. Introduction to distribution logistics / P. Brandimarte, G. Zotteri. NY: Wiley, 2007. – 320 p.
22. Laha D. Handbook of computational intelligence in manufacturing and production management/ D. Laha, P. Mandal.- Hershey, PA: Information Science Reference, 2008. – 491 p.
23. Blynov Э.К. Kompleksnoe obsluzhyvanye sudov v morskikh portakh / Э.К. Blynov, A.M. Dubershteyn - M.: Transport, 1975. - 208 s.
24. Buchyn E.D. Dyversyfykatsiya osnovnoi deiatelnosti na vodnom transporte: [uchebn. posobie] / E.D. Buchyn, O.L. Domnyna, V.N. Kostrov. - N. Novhorod: VHAVT, 1994. - 138 s
25. Kostrov A.V. Upravlenye nadezhnosti snabzheniya v lohystycheskoi systeme / A.V. Kostrov, V.A. Cheremyn // Trudy VHAVT, N. Novhorod, 2000. - вып. 295. - S. 50-55.
26. Morozova I.V. Dynamic Optimization Model for Planning of Integrated Logistical System Functioning/ I.V. Morozova, M. Ya. Postan, S.N. Dashkovskiy//Proceedings of 3d International Conference «Dynamics in Logistics», LDIC2012, Bremen, Germany, Feb. / March 2012. – Berlin: Springer, 2013. – R. 291-300.
27. Postan M.Ia. Dynamycheskaia model optymalnogo upravleniya zapasamy tovarov y ykh dostavkoi v deiatelnosti lohystycheskoi firm / M.Ia. Postan // Lohystyka: problemy y resheniya. – 2009. – №2. – S. 54-58.

Петров І. М. МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ НА КОНСИГНАЦІЙНИХ СКЛАДАХ В СЕРВІСНИХ ЕРГАТИЧНИХ СИСТЕМАХ НА МОРСЬКОМУ ТРАНСПОРТІ

У роботі розроблені методологічні основи організації послуг морського агента по судновому постачанню з використанням консигнаційного складу. При цьому функції консигнатора виконує морський агент, будучи оператором сервісної ергатичної системи. Розроблена і на чисельному прикладі проаналізована модель оптимального планування закупівель товарів на заданому горизонті часу на основі заявок, що надходять від суден. Сформульовані рекомендації по подальшому вдосконаленню моделі і її реалізації на практиці.

Отримані результати можуть бути використані в практиці роботи судноплавних, агентських і шипчандлерських компаній, а також в навчальному процесі.

Ключові слова: морський агент, постачання, консигнатор, оператор, сервісна ергатична система, консигнаційний склад, оптимізація, планування.

Petrov I. M. MODEL OF OPTIMIZATION OF MANAGEMENT BY SUPPLIES ON CONSIGNMENT STORAGES IN SERVICE ERGATIC SYSTEMS ON MARINE TRANSPORT

Methodological bases of organization of services of marine agent are in-process worked out on a ship supply with the use of consignment storage. Thus the functions of consignator are executed by a marine agent, being the operator of the service ergatic system. Worked out and on a numeral example the model of the optimal planning of purchases of commodities is analysed on the set horizon of time on the basis of the requests got from courts. Recommendations are mine-out on further perfection of model and her realization in practice.

The got results can be drawn on in practice of work navigable, agent and shipchandler companies, and also in an educational process.

Keywords: marine agent, supply, consignator, operator, service ergatic system, consignment storage, optimization, planning of purchases.

© Петров І. М.

Статтю прийнято
до редакції 17.10.16

ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ

УДК 629.052.9

ФОРМУВАННЯ КОНФЛІКТОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ У МАЙБУТНІХ ОФІЦЕРІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧКОВОГО ТРАНСПОРТУ

Безлущка О. П., к.і.н., доцент кафедри гуманітарних дисциплін Херсонської державної морської академії, E-mail: bezlutskaaya@ukr.net

Мітрохіна О. О., асистент кафедри гуманітарних дисциплін Херсонської державної морської академії

Метою сучасної професійної освіти є необхідність не лише дати знання, навчити шукати та аналізувати інформацію, а й зробити майбутнього спеціаліста конкурентоздатним на ринку праці. Численні дослідження довели, що конфліктологічна культура є однією з важливих складових професійної культури офіцера морського та річкового транспорту, що сприяє підвищенню рівня його компетентності. В даній статті обґрунтовано педагогічні умови, що забезпечують ефективність формування конфліктологічної культури майбутніх судових офіцерів у процесі професійної підготовки. Розглядається тренінг «Медіація – посередництво в конфліктах. Базові навички медіатора» як один із методів формування конфліктологічної культури в межах морського навчального закладу.

Ключові слова: конфліктологічна культура офіцера морського та річкового транспорту, медіація, методи формування конфліктологічної культури.

Постановка проблеми. Ефективність професійної діяльності фахівців морського та річкового транспорту залежить від багатьох факторів: організація роботи на судні, умов праці та побуту, технічного стану судна, управління на березі, зовнішнього впливу та навколишнього середовища, а також від професійної компетентності судових офіцерів. Формування необхідних професійно значущих компетентностей майбутніх судових офіцерів здійснюється у процесі навчання у спеціалізованому вищому навчальному закладі і забезпечується викладанням низки дисциплін професійного та суспільно-гуманітарного циклів, а також позааудиторною роботою, що безпосередньо впливають на процес розвитку майбутнього фахівця.

Актуальність дослідження. Серед багатьох професійних знань, умінь, навичок і комунікацій, якими повинен володіти спеціаліст, слід виділити вміння вирішувати професійні конфлікти. Адже, напруження або конфліктність у взаєминах між членами екіпажу на судні в умовах замкненого простору і стосунках з близькими людьми на березі, негативно впливають на результативність професійної діяльності.

З огляду на це конфліктологічна культура – необхідна умова професіоналізму майбутніх судових офіцерів.

Аналіз останніх досягнень. Загальні питання професійної підготовки майбутніх фахівців морського та річкового транспорту та змісту професійної морської освіти розкриті у наукових працях М. Бабишеної [1], О. Фролової [10], І. Сокола [9], Г. Варварецької [3] та інших. У свою чергу сутність професійної культури фахівця та її види у теорії професійної педагогіки досліджували В. Базелюк [2], Д. Івченко [5], І. Козич [6], Л. Комалова [7], О. Щербакова [13]. Окремі компоненти конфліктологічної культури фахівця отримали обґрунтування у працях В. Журавльова [4], Н. Самсонової [8], Б. Хасан [11] тощо.

Водночас питання обґрунтування педагогічних умов і шляхів підготовки майбутнього офіцера морського та річкового транспорту до виконання професійної діяльності у професійному конфліктогенному середовищі у морському вищому навчальному закладі не отримали достатньої уваги. Нагальна потреба у підвищенні ефективності формування конфліктологічної культури майбутнього судового офіцера, недостатня розробленість теоретичних і практичних аспектів цієї проблеми, а також об'єктивні потреби у конфліктологічній підготовці фахівців торговельного морського флоту зумовили вибір теми нашого дослідження: «Формування конфліктологічної культури у майбутніх фахівців морського та річкового транспорту».

Мета даної статті – науково обґрунтувати педагогічні умови, що забезпечують ефективність формування конфліктологічної культури майбутніх фахівців морського та річкового транспорту в процесі професійної підготовки.

Основна частина. Процес формування та подальшого розвитку конфліктологічної культури майбутніх суднових офіцерів повинен здійснюватися, насамперед, у процесі професійної підготовки у вищому навчальному закладі, мета якого полягає не лише в отриманні знань про конфлікти, а й у формуванні умінь і навичок управляти конфліктами.

У процесі взаємодії членів екіпажу морського судна, як у повсякденному житті, так і в професійній діяльності, виникають міжособистісні конфлікти, вирішення яких залежить від соціальних здібностей фахівців управлінського рівня: говорити, слухати, співчувати, аналізувати почуте та приймати рішення. Адже у відповідності до вимог Міжнародної конвенції з підготовки та дипломування моряків та Манільської конференції, що пройшла в червні 2010 року щодо доповнень до Конвенції ПДМНВ 78/95 [16], суднові спеціалісти (капітани, помічники капітана, старші механіки) повинні не лише володіти відповідними професійними знаннями і практичними навичками, але і вміти забезпечувати виконання членами екіпажу чинних дисциплінарних правил, підтримувати у судовому колективі позитивний психологічний клімат, турбуватися про безпеку та здоров'я членів екіпажу.

Тому майбутнім морякам важливо ще у стінах навчального закладу оволодіти конфліктологічною компетентністю: навчитися з мінімальним збитком для учасників завершувати конфлікт, бути здатними реалізувати діяльність, спрямовану на мінімізацію деструктивних наслідків і вирішення проблем.

Найбільш повно цим вимогам відповідає практика вирішення конфліктів і суперечок за допомогою третьої сторони – медіації.

Медіація – це процес, під час якого зустрічаються разом дві чи більше сторони у присутності третьої – нейтральної – сторони (медіатора), яка сприяє досягненню сторонами взаємної згоди у вирішенні суперечки. Власне медіація дозволяє сторонам конфлікту подивитися на ситуацію під іншим кутом зору, дозволяє зрозуміти, що відчувала чи відчуває людина в тій чи в іншій ситуації, дає можливість побачити мотиви вчинків і виявити справжній інтерес людини, в той же час дозволяє усвідомити свої емоції та їх причину. У випадку медіації сторони, які конфліктують самі знаходять рішення [12, с. 272].

У замкненому середовищі, в якому екіпаж перебуває на судні, вкрай важливо вміти просто говорити, проговорювати свої емоції та почуття, пояснювати собі та іншим людям, про що каже саме така наша поведінка в той чи інший момент і чого ми насправді хочемо. Це вміння, особливо в умовах багатонаціонального екіпажу, дається нелегко, але за наявності великого бажання та розуміння можна досягти великих успіхів.

У Херсонській державній морській академії з 2012 року запроваджено проведення тренінгу «Медіація – посередництво в конфліктах. Базові навички медіатора». Традиційно він проводиться для лідерів студентського самоврядування, а також для всіх бажаючих курсантів академії та коледжу.

Мета тренінгу – дати майбутнім фахівцям морського та річкового транспорту первинні уявлення про ефективний метод вирішення конфліктів, який стрімко набуває популярності в усьому світі. Учасники отримують багато нової інформації про конфлікти, причини їх виникнення, оволодівають навичками ефективного спілкування та активного слухання. На життєвих прикладах дізнаються про різницю між позиціями та інтересами сторін взаємодії, а також наскільки важливо враховувати безпосередньо мотиви, причини та потреби людей при розв'язанні непорозумінь. Переглядаючи відеоролики, ознайомлюються із закордонним досвідом роботи медіаторів. Особливу цікавість в учасників викликає знайомство з поняттям ескалації конфлікту, яке ілюструється за допомогою уривків з відомих фільмів та телесеріалів.

При проведенні тренінгу використовуються різноманітні вправи і техніки, спрямовані на стимуляцію взаємодії учасників, що забезпечують командну роботу та особисту активність учасників.

На основному етапі найбільш ефективними є методи групового обговорення проблемних ситуацій, ділових та сюжетно-рольових ігор, проєктивних методик роботи, моделювання життєвих ситуацій. Вони дозволяють в активній формі засвоїти необхідні навички. Так, наприклад, після інформаційного блоку, курсанти відпрацьовують набуті навички за допомогою вправ «Цікава історія» та «Плітка».

Різновидом роботи, який базується на стратегії використання інтелектуального потенціалу учасників, є вирішення проблемних ситуацій. Так, працюючи в групах, курсанти пропонують типові конфліктні ситуації та шляхи їх розв'язання з різних позицій – сили, влади та потреб чи інтересів сторін. Вправи побудовані так, що для їх виконання необхідна згуртована діяльність всього колективу. Спільно розв'язуючи завдання, учасники прагнуть до взаєморозуміння та узгодження дій. Досягти цього допомагають різноманітні вправи-руханки та ігри («Вітер дує», «Ніхто не знає про мене, що...», «Хаотичне рухання», «Свічка» тощо).

У рамках тренінгу широко використовується рольова гра. Так, на прикладі відомих казок і мультфільмів («Червона шапочка», «Том і Джері») під час групової взаємодії учасники програють різні ролі: конфлікуючих сторін, медіатора, спостерігача.

Під час роботи з курсантами старших курсів застосовуються ділові ігри, основою яких є моделювання реальних практичних ситуацій, які зустрічаються під час ділового та професійного спілкування фахівців морського та річкового транспорту. Застосування ділових ігор підвищує активність засвоєння матеріалу та максимального наближує учасників тренінгу до майбутньої професії.

У ході дводенного тренінгу курсанти приймають активну участь в обговоренні причин і наслідків конфліктів у повсякденному житті під час навчання та у морських екіпажах під час плавальної практики; моделюванні вирішення проблем, що виникають у колективі; отримують необхідні навички спілкування з представниками різних етнічних груп та релігійних конфесій.

Наприкінці другого дня всім учасникам пропонується спробувати себе в ролі медіатора у конкретній конфліктній ситуації та отримати оцінку своєї діяльності від товаришів-спостерігачів і незалежних запрошених гостей – професійних медіаторів (практичних психологів навчальних закладів міста). Як результат, курсанти, які успішно проводять процедуру посередництва в конфлікті, засвоїли всі необхідні знання та оволоділи навичками, отримують сертифікат, який дає можливість виступати медіатором у конфліктах з однолітками.

Висновки. Таким чином, здатність майбутнього офіцера ефективно взаємодіяти з оточуючими його людьми в системі міжособистісних стосунків є важливою складовою соціально-психологічної компетентності суднових офіцерів. Тож конфліктологічна підготовка повинна стати одним із важливих напрямів у процесі професійного становлення майбутніх офіцерів морського та річкового транспорту як основи їх подальшої успішної професійної діяльності. У свою чергу, одним із засобів формування конфліктологічної культури у межах морського навчального закладу може бути проведення тренінгу «Медіація – посередництво в конфліктах. Базові навички медіатора».

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабишена М. І. Професійно важливі якості – передумова і гарант успішної професійної діяльності майбутніх суднових офіцерів / М. І. Бабишена // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. – Херсон : ХДУ, 2013. – Вип. 64. – С. 192–198.
2. Базелюк В. В. Конфликтологическая подготовка будущего учителя в педагогическом вузе (методология, теория, практика): дис. ... доктора пед. наук: 13.00.08. – Челябинск, 2005. – 402 с.

3. Варварецька Г. А. Результати педагогічного експерименту з формування професійної спрямованості майбутніх фахівців морського та річкового транспорту / Г. А. Варварецька // Наука і освіта. – 2014. – № 1. – С. 83-86.
4. Журавлева В. И. Основы педагогической конфликтологии. – М. : РПА, 1995. – 183 с
5. Ивченко Д. В. Формирование конфликтологической компетентности специалиста таможенной службы: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. – Калининград, 2000. – 167 с.
6. Козич І. В. Формування конфліктологічної компетентності соціального педагога в умовах магістратури: Автореф. дис. канд. пед. наук: 13.00.05 / Запоріз. нац. ун-т – К., 2008. – 24 с.
7. Комалова Л. Р. Конфликтологическая компетентность как профессиональный принцип конструктивной коммуникации в конфликт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.conflictmanagement.ru/2 htm>
8. Самсонова Н. В. Конфликтологическая культура специалиста // Высшее образование в России. – 2003. – № 1. – С. 124–126.
9. Сокол І. В. Формування професійної компетентності майбутніх судноводіїв у процесі вивчення фахових дисциплін : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / І. В. Сокол; Херсон. держ. ун-т. – Херсон, 2011. – 20 с.
10. Фролова О. О. Формування соціокультурної компетенції майбутніх судноводіїв у процесі вивчення професійно-орієнтованих дисциплін : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Фролова Олена Олександрівна; Терноп. нац. пед. ун-т ім. Володимира Гнатюка. – Тернопіль, 2015. – 20 с.
11. Хасан Б. И. Психотехника конфликта и конфликтная компетентность / Б. И. Хасан. – Красноярск : Фонд ментального здоровья, 1996. – 157 с.
12. Хертель, Анита фон. Профессиональное разрешение конфликтов: Медиативная компетенция в Вашей жизни. – СПб. : Издательство Вернера Регена, 2007. – С. 272.
13. Щербакова О. И. Развитие конфликтологической культуры личности / О. И. Щербакова // The Emissia. Offline Letters : Электронное научное издание (электронный научно-педагогический журнал) [Электронный ресурс]. – С. 56–59.

REFERENCES

1. Babishena M. I. Profesiynno vazhlivi yakosti – peredumova i garant uspishnoї profesiynnoї diyalnosti mayjbutnikh sudnovikh oficeriv / M. I. Babishena // Zbirnik naukovikh pracj. Pedagogichni nauki. – Kherson : KhDU, 2013. – Vip. 64. – S. 192–198.
2. Bazelyuk V. V. Konfliktologicheskaya podgotovka buduthego uchitelya v pedagogicheskom vuze (metodologiya, teoriya, praktika): dis. ... doktora ped. nauk: 13.00.08. – Chelyabinsk, 2005. – 402 s.
3. Varvarecjka G. A. Rezuljtati pedagogichnogo eksperimentu z formuvannya profesiynnoї spyamovanosti mayjbutnikh fakhivciv morsjkogo ta richkovogo transportu / G. A. Varvarecjka // Nauka i osvita. – 2014. – № 1. – S. 83-86.
4. Zhuravleva V. I. Osnovih pedagogicheskoyj konfliktologii. – M. : RPA, 1995. – 183 s
5. Ivchenko D. V. Formirovanie konfliktologicheskoyj kompetentnosti specialista tamozhennoj sluzhbih: dis. ... kand. ped. nauk: 13.00.08. – Kaliningrad, 2000. – 167 s.
6. Kozich І. V. Formuvannya konfliktologichnoї kompetentnosti socialjnogo pedagoga v umovakh magistraturi: Avtoref. dis. kand. ped. nauk: 13.00.05 / Zaporiz. nac. un-t. – К., 2008. – 24 s.
7. Komalova L. R. Konfliktologicheskaya kompetentnostj kak professionaljnihyj princip konstruktivnojy kommunikacii v konflikt [Ehlektronnihyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.conflictmanagement.ru/2 htm>

8. Samsonova N. V. Konfliktologicheskaya kuljtura specialista // Vihsshee obrazovanie v Rossii. – 2003. – № 1. – S. 124–126.
9. Sokol I. V. Formuvannya profesijnoj kompetentnosti mayjbutnikh sudnovodiiv u procesi vivchennya fakhovikh disciplin : avtoref. dis. ... kand. ped. nauk : 13.00.04 / I. V. Sokol; Kherson. derzh. un-t. – Kherson, 2011. – 20 s.
10. Frolova O. O. Formuvannya sociokuljturnoj kompetencii mayjbutnikh sudnovodiiv u procesi vivchennya profesijno-orientovanikh disciplin : avtoref. dis. ... kand. ped. nauk : 13.00.04 / Frolova Olena Oleksandrivna; Ternop. nac. ped. un-t im. Volodimira Gnatyuka. – Ternopilj, 2015. – 20 s.
11. Khasan B. I. Psihhotekhnika konflikta i konfliktnaya kompetentnostj / B. I. Khasan. – Krasnoyarsk : Fond mentaljnogo zdorovjya, 1996. – 157 s.
12. Khertelj, Anita fon. Professionaljnoe razreshenie konfliktov: Mediativnaya kompetenciya v Vasheyj zhizni. – SPb. : Izdatelstvo Vernera Regena, 2007. – S. 272.
13. Therbakova O. I. Razvitie konfliktologicheskoyj kuljturih lichnosti / O. I. Therbakova // The Emissia. Offline Letters : Ehlektronnoe nauchnoe izdanie (ehlektronnihyj nauchno-pedagogicheskij zhurnal) [Ehlektronnihyj resurs]. – S. 56–59.

Безлуцкая Е. П., Митрохина О. А. ФОРМИРОВАНИЕ КОНФЛИКТОЛОГИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ У БУДУЩИХ ОФИЦЕРОВ МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

Целью современного профессионального образования есть необходимость не только дать знания, научить искать и анализировать информацию, но и сделать будущего специалиста конкурентоспособным на рынке труда. Многочисленные исследования доказали, что конфликтологическая культура является одной из важных составных профессиональной культуры офицера морского и речного транспорта, содействующих повышению уровня его компетентности. В данной статье обосновано педагогические условия, которые обеспечивают эффективность формирования конфликтологической культуры будущих судовых офицеров в процессе профессиональной подготовки. Рассматривается тренинг «Медиація – посредничество в конфликтах. Базовые навыки медиатора» как один из методов формирования конфликтологической культуры в пределах морского учебного заведения.

Ключевые слова: конфликтологическая культура офицера морского и речного транспорта, медиація, методы формирования конфликтологической культуры.

Bezlutska O., Mytrohyna O. CULTURE AND CONFLICT MANAGEMENT FORMATION OF FUTURE OFFICERS OF SEA AND RIVER TRANSPORT

The main goal of professional education is not only to give knowledge, teach searching and analyzing information, but to make the future specialist competitive at labor market. Numerous researches proved that conflict culture is one of the most important components of marine and river officers professional culture improving the level of their competency. This article is based on pedagogical conditions that provide effective conflict culture formation of the future ship officers during their training. «Mediation as the medium in conflict is considered. Basic skills of mediator» as one of the formation methods of conflict culture in maritime educational establishment.

Keywords: marine and river officers conflict culture, mediation, formation methods of conflict culture.

© Безлуцька О. П., Мітрохіна О. О.

Статтю прийнято
до редакції 09.10.16

УДК 378:004.056.5

НЕФОРМАЛЬНА ОСВІТА З ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ

Вільський Г. Б., к.т.н., ректор Міжнародного технологічного університету «Миколаївська політехніка» (м. Миколаїв), E-mail: g_vilsky@mksat.net

Михалишин Б. Є., к.т.н., проректор з наукової роботи Міжнародного технологічного університету «Миколаївська політехніка» (м. Миколаїв), E-mail: mihbog@mail.ua

Встановлено, що неформальне навчання з інформаційної безпеки набуває привабливості як складова професійного навчання працівників на виробництві. Проведено дослідження неформального навчання на прикладі науково-практичних конференцій, що проводяться протягом останніх семи років Міжнародним технологічним університетом «Миколаївська політехніка». Проаналізовано показники зміни чисельності та контингенту учасників і визначена динаміка вдосконалення тематичній спрямованості доповідей. Показано характерні графічні залежності розвитку нового виду отримання компетенції з безпеки інформації, які підтверджують високу ефективність конференцій – інструменту для накопичення сучасних галузевих знань.

Ключові слова: неформальне навчання, конференція, доповідь, інформаційна безпека, науковець, працівник, знання, динаміка показників.

Вступ. За останні 10 років постійно розширюється висвітлення проблем з інформаційної безпеки і все частіше згадуються такі поняття як кібербезпека, кібертероризм, кіберзлочинність [1–4]. Все більше інформаційні технології використовуються при корпоративному шпигунстві, розвідувальній діяльності, кібератаках. У цьому контексті в Україні сформовано певний спектр освітньо-кваліфікаційних рівнів з інформаційної безпеки, який реалізується шляхом проведення підготовки бакалаврів, спеціалістів і магістрів за формальною формою у вищих навчальних закладах (ВНЗ). Отримані знання і компетентності орієнтовані на роботу з інформаційно-комунікаційними системами, системами технічного захисту інформації та управління інформаційною безпекою. Такі дії з підготовки кадрів у ВНЗ, які проводяться з використанням формальної форми організації навчання, не можуть повною мірою вирішити постійно виникаючі різноманітні проблемні питання у сфері інформаційної безпеки через недостатність, а часом і відсутність нової неформальної форми навчання, яка дає відповідь на прийняття рішень у реальному часі та ситуації. Отже, за межами формальної освіти в Україні, виходячи з європейської концепції навчання та інтеграції освіти впродовж усього життя, недостатньо розвивається гнучкий вид підготовки кадрів на виробництві за неформальною формою, який швидко реагує на запити і процеси інформаційної безпеки в підприємстві. Це пов'язано з напрацьованою роками орієнтацією суспільства на отримання знань з характерною наступною швидкістю і максимальною віддачею на забезпечення безпеки життєдіяльності. При цьому спостерігається очевидна недостатність системності в освітній роботі з кадрами та її низький рівень. Вищевказане дозволяє стверджувати значущість проблеми становлення та розвитку основ неформального навчання інформаційної безпеки, яке безумовно забезпечить надійність реалізації тенденцій, планів і програм модернізації промислового потенціалу країни. Зазначене становище свідчить про актуальність висвітлення позитивних показників при вирішенні комплексу завдань по значному підвищенню обсягів неформальної освіти в цій галузі знань на підприємствах.

Актуальність досліджень. Питання інформаційної безпеки України регламентуються Конституцією держави та відповідною Доктриною [5, 6]. На положеннях, зазначених нормативних документів, формується державна політика, розробляються проекти концепцій і стратегій, готуються і реалізуються цільові програми та плани дій щодо забезпечення інформаційної безпеки держави, ведеться системне вдосконалення правового, методичного, науково-технічного та організаційного

забезпечень інформаційної безпеки країни. В аналітичному огляді [7] даються чіткі вектори розвитку основ неформальної освіти у виробничій сфері, які прийнятні й для розглядуваного напрямку державної безпеки. Системно неформальне підвищення рівня знань і компетенцій представляється в рамках регулярного проведення семінарів і конференцій. Серед таких наукових форумів, які проходять у ВНЗ України, можна відзначити: міжнародну науково-практичну конференцію «Безпека інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах»; спеціалізований науково-практичний семінар «Безпека систем бездротового зв'язку»; міжнародну конференцію «Інтернет – Освіта – Наука»; міжнародну конференцію «Питання оптимізації обчислення»; науково-практичну конференцію «Електронний цифровий підпис: технології та програми»; науково-практичну конференцію «Актуальні проблеми управління інформаційною безпекою держави»; науково-методичну конференцію «Система військової освіти України: досвід, сьогодення та перспективи розвитку»; науково-практичну конференцію «Інформаційна безпека: виклики і загрози сучасності». Зазначені заходи мають переважно науковий вектор і недостатньо спрямовані на сферу виробництва. Оскільки аналіз роботи цих форумів не проводився, то на сьогодні важливе дослідження показників якості та ефективності, наприклад, Всеукраїнської науково-практичної конференції «Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем» як виду неформальної форми навчання.

Метою роботи є встановлення доцільності неформальної освіти з інформаційної безпеки на обґрунтованому прикладі визначення динаміки кількісних і якісних показників проведення вибраного науково-практичного форуму.

Основний матеріал дослідження. На сьогоднішній день проблематика неформального навчання, його визнання, участь промисловців і підприємців у підготовці кадрів практично не досліджувалася в Україні. Підняті в науковій роботі проблеми, з одного боку, є новими для освіти України з позиції термінології, підходів і механізмів, а з іншого, вони вирішуються на практиці, тільки в іншому форматі та сприйнятті як за структурою, так і інтерпретацією. Термін «неформальне професійне навчання працівників», який стосується і безпеки інформації, вперше було розкрито в [8]. Після цього термінологія про «формальну», «неформальну й інформальну освіти» з інформаційної безпеки поступово почала поширюватися на законодавчому рівні. Державною системою адміністрування спеціального зв'язку та захисту інформації України передбачено проведення післядипломних освітніх заходів, спрямованих на удосконалення забезпечення захисту інформації. У нових проектах ЗУ «Про професійну освіту» та «Про освіту», вони представляються як сучасні формулювання видів навчання, які дають чіткі уявлення про їх можливість, доцільність та необхідність для ясного вибору майбутньої праці бажаної спрямованості. Функціонування даної системи базується на нормативно-правових документах [8, 9]. Методичне опрацювання регулюється порівняльними вимогами щодо розвитку формальної та неформальної освіти в контексті євроінтеграції освітнього простору [10]. Слід вважати, що сьогоденна формальна освіта з цього напрямку безумовно займає провідну роль в збереженні комерційної таємниці підприємства та інформаційної безпеки держави. Але при цьому фахівці-експерти відзначають доцільність налагодження системи неформальної освіти як базису для підвищення конкурентоспроможності підприємств і захищеності бізнесу, яка в теперішній час є для України особливо важлива і актуальна. Також неформальне навчання з інформаційної безпеки набуває привабливості як складова професійного навчання працівників на виробництві, тому що воно не регламентується місцем набуття, строками та формою і, як правило, системно реалізується за схемою, наведеною на рис. 1.



Рисунок 1 – Система неформального навчання з інформаційної безпеки на виробництві

Базуючись на вітчизняному досвіді й активізації зусиль науково-педагогічної громадськості, починає проводитися робота по розширенню підготовки кадрів з тематики інформаційної безпеки на виробництві. Вона здійснюється шляхом активізації діяльності навчально-виробничих центрів, комбінатів, комплексів та інших структурних підрозділів на підприємствах, а у ВНЗ реалізується шляхом концентрації і консолідації зусиль по акцентуванню питань інформаційної безпеки при вивченні спеціальних профільних дисциплін на всіх рівнях національної рамки кваліфікацій. Організація такого навчання здійснюється за згодою працівників та згідно з рішенням роботодавця за рахунок його коштів з урахуванням потреб власної господарської чи іншої діяльності. Навчання працівників проводиться за денною, вечірньою, дистанційною формами, з відривом і без відриву від виробництва в короткострокові терміни та при необхідності за індивідуальними навчальними планами. Неформальне навчання забезпечується шляхом проходження спеціального цільового курсу, на семінарських заняттях та в галузевих школах, участі в наукових симпозиумах і конференціях. Цільове призначення системи надає можливість вивчення робітниками особливостей нової техніки та сучасних технологій для забезпечення надійних телекомунікацій на виробництві.

У формуванні та реалізації державної політики з цієї освітньої форми професійного навчання працівників беруть участь і професійні спілки, які здійснюють громадський контроль за дотриманням колективних договорів і угод, вимог нормативно-правових актів, виконують моніторинг ринку праці, прогнозують його розвиток. Навчання працівників у роботодавця носить безперервний характер і проводиться протягом їхньої трудової діяльності з метою поступового розширення та поглиблення знань, умінь та навичок відповідно до вимог виробництва. Для розвитку у працівників компетенцій з інформаційної безпеки роботодавці при здійсненні неформального навчання повинні:

- проводити організацію і визначати види, форми навчання;
- розробляти поточні та перспективні плани;
- удосконалювати робочі навчальні плани і програми;
- виконувати пошук і добір науково-педагогічних та педагогічних кадрів;
- здійснювати первинний та статистичний облік чисельності працівників, зокрема тих, що пройшли професійне навчання;
- стимулювати професійне зростання працівників;
- проводити атестації та здійснювати аналіз результатів щодо підвищення професійного рівня працівників.

Керівникам усіх виробничих ланок доцільно сприяти неформальному навчанню працівників з гарантування безпеки і захисту інформації, вважати його як процес цілеспрямованого формування у працівників спеціальних знань, розвиток необхідних навичок та вмій, що дають змогу підвищувати конкурентну здатність бізнесу. Неформальне професійне навчання працівників з питань інформаційної безпеки організується в порядку, визначеному адміністрацією (власником), і може бути погоджено зацікавленими органами виконавчої влади, професійними спілками та об'єднаннями. Набуття працівниками професійних знань з інформаційної безпеки здійснюється безпосередньо у роботодавця або організується на договірних умовах у навчальних закладах, на підприємствах, в установах, організаціях, де накопичений багатий досвід з розглянутих навчальних питань. При цьому комплектування робітниками навчальних груп здійснюється відповідно до тематичної направленості курсів. Заняття проводяться в малочисельних групах (до 5 чоловік) або індивідуально. Термін неформального навчання встановлюється в обсягах, наведених в табл. 1.

Таблиця 1 – Терміни неформального навчання

<i>№ з/п</i>	<i>Вид</i>	<i>Діб</i>	<i>Годин</i>
1.	Цільові курси	3	24
2.	Семінари	3	18
3.	Галузеві школи	10	60
4.	Конференції	3	18

При цьому тривалість навчання повинна бути не менше 8-ми навчальних годин і закінчуватися підсумковим заняттям, після якого видається посвідчення або сертифікат. Уміння і навички, які накопичуються за результатами неформального професійного навчання працівника, засвідчуються документом встановленого зразка за місцем проведення навчання.

При оцінці працівників за кваліфікаційними вимогами і посадовими обов'язками слід урахувати їх участь у неформальному навчанні. Навчання працівників на спеціальних курсах з інформаційної безпеки визначається з урахуванням специфіки професії, умов праці та терміну навчання.

Неформальне навчання працівників за всіма формами мають право здійснювати науково-педагогічні та педагогічні працівники, які отримали повну вищу освіту і стаж роботи за відповідним напрямом діяльності яких не менший, як три роки. Розмір оплати праці викладачів повинен визначатися у договорі про надання освітніх послуг і не може бути меншим, ніж розмір ставок погодинної оплати праці працівників усіх галузей економіки за проведення навчальних занять. У випадках, коли необхідне обов'язкове підтвердження документів неформального професійного навчання працівників, його потрібно проводити в центрах визнання результатів державної служби зайнятості, які для цього залучають навчальні заклади, підприємства, організації, установи, що мають відповідні ліцензії. Центри визнання результатів неформального навчання мають право у разі необхідності отримувати від зацікавлених юридичних та фізичних осіб відомості про професійний досвід працівників. Державне управління неформальним професійним навчанням працівників здійснюють центральні органи виконавчої влади у сфері соціальної політики за погодженням із центральним органом виконавчої влади у сфері освіти і науки та Держспецзв'язком України. Дослідження неформального навчання з інформаційної безпеки виконувалося на прикладі проведення Всеукраїнської науково-практичної конференції «Стан та удосконалення безпеки інформаційно-телекомунікаційних систем», яку проводить за денною формою Міжнародний технологічний університет «Миколаївська політехніка». Щорічне неформальне навчання в рамках цієї конференції протягом семи років було досліджено в питаннях зміни чисельності зацікавлених учасників, розподілу контингенту і кількості учасників наукових

співробітників, інженерного складу працівників і фахівців керівного складу підприємств, організацій та об'єднань усіх форм власності. Проводилось вивчення динаміки тематичної спрямованості доповідей і виступів у плані їх орієнтації на відображення нормативного забезпечення виконання робіт з безпеки інформації, технічних аспектів реалізації інформаційно-комунікаційних систем у сферах економіки, фундаментальності математичного базису побудови комплексних систем захисту інформації. Дослідження зміни чисельності зацікавлених учасників з отримання неформальних знань наведено на рис. 2. Динаміка контингенту конференцій показана на рис. 3.

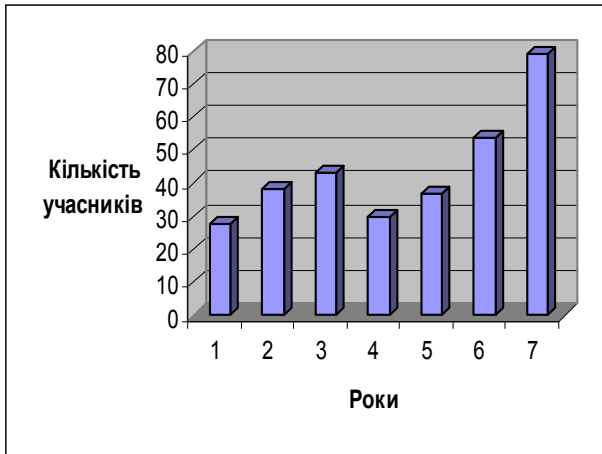


Рисунок 2 – Зміна чисельності зацікавлених учасників

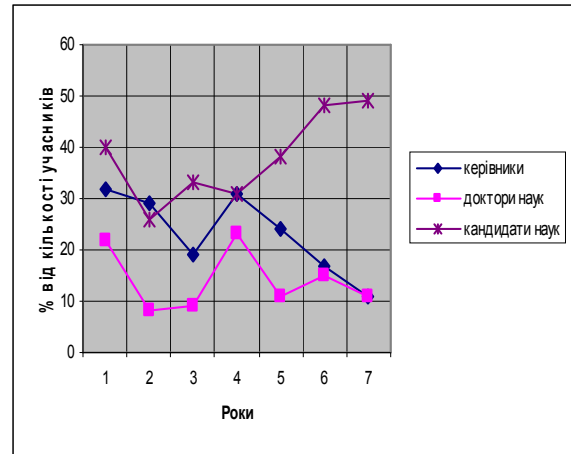


Рисунок 3 – Динаміка контингенту конференцій

За розглянутий часовий період 2009–2015 років, якщо в першій половині відбувалося формування колективу учасників, то в другій половині періоду спостерігався експонентний характер приросту учасників, який доходив до 45 % за рахунок привабливості заходів і підвищення зацікавленості науково-педагогічних працівників ВНЗ.

У досліджених роках істотно й діаметрально змінювалася тематика доповідей, а значить і придбання знань по фізико-математичному (фундаментальному), технічному та нормативному забезпеченню при неформальному навчанні. Процеси, які проходили в змінах тематики доповідей конференцій, наведені на рис. 4, 5.

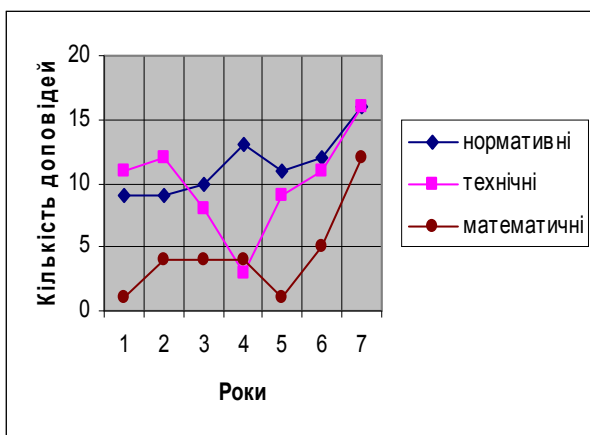


Рисунок 4 – Зміна тематики доповідей конференцій

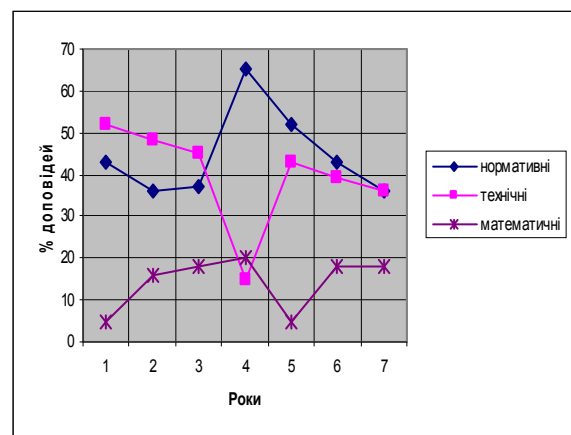


Рисунок 5 – Відносна зміна направленості форумів

Зі вказаних графіків очевидно, що протягом перших років зміна тематики конференцій визначалася змінами контингенту, який брав участь у наукових форумах.

Упродовж другого періоду проведення конференцій відбувалося абсолютне збільшення кількості доповідей по кожному з напрямів та стабілізувалася кількість наданих робіт зі встановленням контингенту учасників по їх науковим інтересам. Виявлена динаміка показників і тенденції, які характеризують позитивність процесів фундаментального, науково-прикладного, техніко-технологічного та нормативного забезпечень, спрямованих на розвиток і підвищення ефективності неформального навчання для сфери інформаційної безпеки держави.

Висновки. Обґрунтовано доцільність неформальної форми навчання з питань інформаційної безпеки на виробництві. Висвітлено переваги такої освіти для максимально швидкого набуття працівниками необхідних компетенцій. Отримані результати дослідження динаміки показників зацікавленості до науково-практичної конференції показують зміну кількості учасників навчання з експонентним зростанням у другій половині, яке доходило до 45 %, поширення професійної орієнтації контингенту і різноманітності спрямованостей доповідей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Про заходи щодо вдосконалення формування та реалізації державної політики у сфері інформаційної безпеки України: Указ Президента України щодо рішення Ради національної безпеки і оборони України від 28 квітня 2014 р. // Офіційний вісник Президента України. – 2014. – № 16.
2. Про основи національної безпеки України: Закон України // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 39. – С. 351.
3. Про ратифікацію Конвенції про кіберзлочинність: Закон України № 2824-IV від 07 вересня 2005 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2006. – № 5. – С. 128.
4. Про стратегію національної безпеки України: Указ Президента України // Урядовий кур'єр. – 2007. – № 43.
5. Конституція України / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К. : Парлам. вид-во, 2006. – 64 с. (Бібліотека офіційних видань).
6. Доктрина інформаційної безпеки України: Указ Президента України № 514 від 08 липня 2009 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zakon3.rada.gov.ua/laws/show/514/2009>
7. Мельник С. В. Подготовка кадров на производстве, неформальные квалификации и регулируемые профессии, участие в профессионально-квалификационной деятельности профессиональных ассоциаций / С. В. Мельник // Место и роль в Национальной системе квалификаций : материалы научно-практического семинара Европейского фонда образования (Киев, 10.12. 2015). – К: ЕФО, 2015.
8. Закон України № 4312-VI від 12 січня 2012 р. «Про професійний розвиток працівників» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zakon.rada.gov.ua/go/4312-17>
9. Положення про професійне навчання працівників на виробництві: спільний наказ Міністерства праці та соціальної політики і Міністерства освіти і науки України № 127/151 від 26 березня 2001 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.zakon.rada.gov.ua/go/z031501>
10. Возняк О. П. Порівняльний аналіз формальної та неформальної освіти в контексті еуроінтеграції освітнього простору / О. П. Возняк // Вища Школа : науково-практичне видання. – 2016. – № 2 (139) – С. 41–47.

REFERENCES

1. Pro zakhody shchodo vdoskonalennia formuvannia ta realizatsii derzhavnoi polityky u sferi informatsiinoi bezpeky Ukrainy: Ukaz Prezydenta Ukrainy shchodo rishennia Rady natsionalnoi bezpeky i oborony Ukrainy vid 28 kvitnia 2014 r., Ofitsiinyi visnyk Prezydenta Ukrainy, 2014, no. 16 [in Ukrainian].

2. Pro osnovy natsionalnoi bezpeky Ukrainy: Zakon Ukrainy, Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 2003, no. 39, p. 351 [in Ukrainian].
3. Pro ratyfikatsiiu Konventsiiu pro kiberzlochynnist: Zakon Ukrainy No 2824-IV vid 07 veresnia 2005 r., Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy, 2006, no. 5, p. 128 [in Ukrainian].
4. Pro stratehiiu natsionalnoi bezpeky Ukrainy: Ukaz Prezydenta Ukrainy, Uriadovyi kurier, 2007, no. 43 [in Ukrainian].
5. Konstytutsiia Ukrainy, Verkhovna Rada Ukrainy, Ofits. vyd., Kyiv: Parlam. vyd-vo, 2006, 64 p. (Biblioteka ofitsiinykh vydan) [in Ukrainian].
6. Doktryna informatsiinoi bezpeky Ukrainy: Ukaz Prezydenta Ukrainy No 514 vid 08 lypnia 2009 r. Ofitsiyni visnyk Prezydenta Ukrainy, 2009, no. 52 [in Ukrainian].
7. Melnik S.V. Podgotovka kadrov na proizvodstve, neformalnye kvalifikatsii i reguliruemye professii, uchastie v professionalno-kvalifikatsionnoy deyatel'nosti professionalnykh assotsiatsiy: mesto i rol v Natsionalnoy sisteme kvalifikatsiy: materialy naučno-prakticheskogo seminaru Evropeyskogo fonda obrazovaniya (Kiev, 10.12. 2015), Kiev: EFO, 2015 [in Russian].
8. Zakon Ukrainy No 4312-VI vid 12 sichnia 2012 r. «Pro profesiyni rozvytok pratsivnykiv». Available at: <http://www.zakon.rada.gov.ua/go/4312-17> [in Ukrainian].
9. Polozhennia pro profesiine navchannia pratsivnykiv na vyrobnytstvi: spilnyi nakaz ministerstva pratsi ta sotsialnoi polityky i ministerstva osvity i nauky Ukrainy No 127/151 vid 26 bereznia 2001 r. Available at: <http://www.zakon.rada.gov.ua/go/z031501> [in Ukrainian].
10. Vozniak O.P. Porivnialnyi analiz formalnoi ta neformalnoi osvity v konteksti yevrointehratsii osvitnoho prostoru, Naukovo-praktychne vydannia «Vyshcha Shkola», 2016, no. 2 (139) – pp. 41-47 [in Ukrainian].

Вильський Г. Б., Михалишин Б. Е. НЕФОРМАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Установлено, что неформальное обучение по информационной безопасности приобретает привлекательность как составляющая профессионального обучения работников на производстве. Проведено исследование неформального обучения на примере научно-практических конференций, проводимых в течении последних семи лет Международным технологическим университетом «Николаевская политехника». Проанализированы показатели изменения численности и контингента участников, определена динамика совершенствования тематической направленности докладов. Показаны характерные графические зависимости развития нового вида получения компетенции по безопасности информации, подтверждающие высокую эффективность конференций – инструмента для накопления современных отраслевых знаний.

Ключевые слова: неформальное обучение, конференция, доклад, информационная безопасность, ученый, работник, знания, динамика показателей.

Vilsky G., Mykhalysyn B. NON-FORMAL LEARNING ON INFORMATION SECURITY IN THE PRODUCTION

The article noted that beyond formal education in Ukraine, based on European concepts of training and integration of education throughout life, not enough develops flexible form of training in an informal manner that is responsive to the queries and processes of information security in the enterprise. It is established that informal training on information security is becoming an attractive component of professional training of workers in production, because it is not governed by the place of purchase, term and form. Define the duties of employers to develop employees competencies on information security in the implementation of non-formal education. Studied of non-formal leaning on the example of scientific-practical conference, which is held during the past seven years International Technological University «Mykolayiv Polytechnic». Analyzed indicators in the number and the contingent of participants and picked dynamic in the thematic focus of the reports. Showing a graph of the characteristic of the dynamics of development of a new type of competency for information security, confirming the high efficiency of the conference - a tool for the accumulation of knowledge of modern industry.

Keywords: informal learning, conference, report, information security, scientist, worker, knowledge, dynamics of indicators.

© Вільський Г.Б., Михалишин Б.Є.

Статтю прийнято до редакції 08.11.16

К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОБРАЗА «МИРА ОПАСНОСТЕЙ»

Евдокимова В. А., к.т.н., старший преподаватель кафедры судовождения и безопасности жизнедеятельности на море Херсонской государственной морской академии, E-mail: evictoriya@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8115-6186;

Хагт Л. Г., к.т.н., доцент, консультант Службы помощи (г. Берлин, Германия), E-mail: Chef47@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0541-5865

В статье описаны методика и результаты изучения индивидуального образа «мира опасностей» и отношения индивида к опасности, изложены структурный план работы и методика анализа полученных конструктов, на конкретном приведенном примере показаны индивидуальные особенности, а также закономерности, связанные с культурой респондента.

Ключевые слова: мир опасностей, отношение к опасности, личностный конструкт, метод триад, репертуарная решётка.

Введение. Актуальность работы. Сегодняшний мир ощутимо становится всё опаснее и для человека, и для человечества, расширяется список и разнообразие опасностей и угроз, увеличивается их масштаб, протяжённость в пространстве, тяжесть вызванных последствий, длительность последствий во времени. Отсюда всё более пристальное внимание, уделяемое, особенно, в богатых странах, безопасности жизнедеятельности на всех уровнях – от бытовых мер безопасности до глобальных теоретических обобщений, разработок авторитетных учёных [1, 2] и миллиардных вложений в обеспечение безопасности целевых групп [3, 4].

Расклеенные повсюду предвыборные плакаты всячески обыгрывают тему безопасности, суля избирателям немедленное избавление от опасностей, о которых те и не подозревали. Реальные опасности уводят в тень, навязывая взамен те, которые, по мнению хозяев, должны пугать и волновать гражданина. Идёт многолетняя бескомпромиссная война аутентичных и навязываемых опасностей.

Что касается реальных опасностей, то в Германии ежегодно ещё 2500 детей оказываются на улице, каждый пятый школьник во время перерыва остаётся голодным, в то время как товарищи едят у него на глазах. Только в Берлине 1600 ставок в полиции вакантны, несмотря на высокий статус полицейского в стране. Несколько раз в неделю берлинское метро перекрывают «в связи с проведением полицейской операции». По громкой связи постоянно предупреждают о необходимости присмотра за своими вещами и карманами. Суммы краж в Интернете поражают воображение [5].

Как отечественные, так и зарубежные исследователи отмечают тенденцию роста вклада «человеческого фактора» (за счёт снижения вклада чисто природных и сугубо технических факторов) в возникновение многих опасностей, угрожающих сегодня человеку [6]. «Растёт мера ответственности» принимающих решения [7, С. 2]. С другой стороны, огромное большинство управляющих решений по мерам безопасности, по профилактике опасностей и ликвидации их последствий принимаются людьми и группами людей, исходя не из объективных данных, а из их субъективного восприятия ситуации, что делает тему работы остроактуальной.

«Видим ли мы реальный, конкретный мир или же мы видим только созданную нами же систему категорий, мотивов, ожиданий и абстракций, которую мы проецировали на реальный мир? Или, грубо говоря, «зрячие» мы или «слепцы»? [8, с.68].

Целью работы является совершенствование методики изучения образа «мира опасностей» и отношения индивида к опасности на материале полярных групп респондентов – курсантов морской академии и русских мигрантов в Германии. Ряд выявленных особенностей имеет широкий характер, что позволяет обсуждать достаточно общие закономерности.

Результаты исследований. Согласно принципам системного анализа перед разработкой методики работы необходимо провести её структурирование. Это возможно сделать путём построения дерева целей и задач исследования индивидуального образа мира опасностей и отношения индивида к опасности (рис. 1).

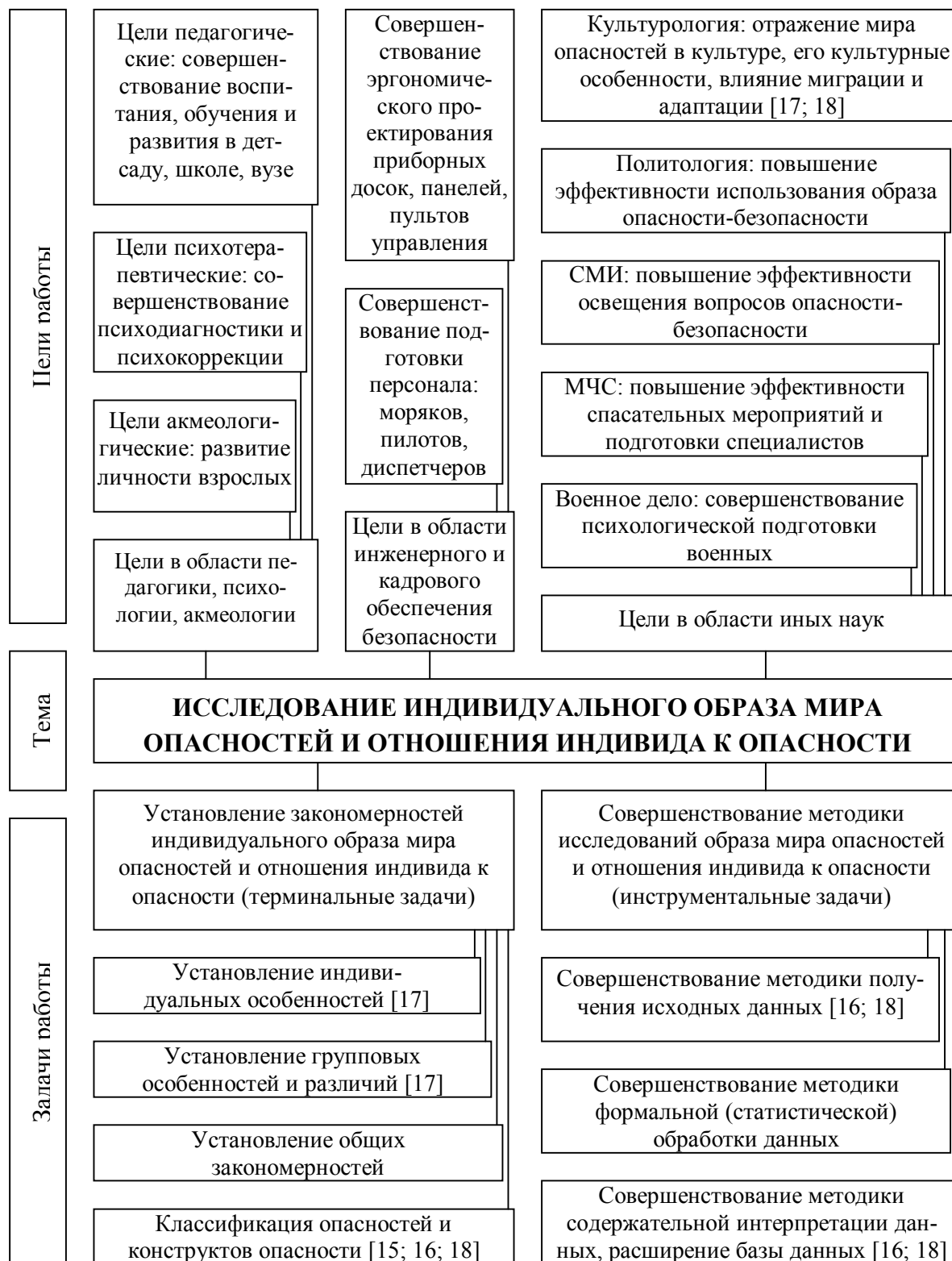


Рисунок 1 – Дерево целей и задач исследования индивидуального образа мира опасностей и отношения индивида к опасности (указаны номера источников в списке литературы, отражающие решение задач работы и достижение её целей)

Работа является принципиально междисциплинарной, многоцелевой, поэтому как её методы, так и её цели относятся к целому спектру наук. Построение безопасного мира или «мира наших опасностей» начинается с наших детей, поэтому первые цели работы – педагогические. Работа даёт основу для совершенствования воспитания, обучения и развития на уровне детского сада, школы (основной и вспомогательной), вузов и подготовки научных кадров. Важны не только и не столько излагаемые сведения, содержательная информация, сколько методология, внедряемая в головы обучаемых картина мира [9], понимание, а не ставшая повсеместной в богатых странах зубрёжка.

В психотерапии работа может дать импульс совершенствованию методов психодиагностики и психокоррекции, ведь именно такой была первоначальная цель разработки Дж. Келли [10]. Благодарным полем для этого могут быть, например, когнитивно-поведенческая терапия, а также психодрама, где популярными действующими лицами могут быть «опасность», «угроза», «опасный человек», «безопасный человек» и т.п. [11].

Всё большее место в жизни современного общества занимает акмеология, играющая важную роль в воспитании и развитии индивида, успешно противостоящего опасностям и угрозам. В своё время ещё О. Шварц делал ставку на осознанное воспитание и развитие взрослых, называя его «психогогикой» [12].

Цели в области инженерного и кадрового обеспечения безопасности состоят в совершенствовании эргономического проектирования техники и в улучшении подготовки обслуживающего её персонала – профотбор, профобучение, аттестация, повышение квалификации. Об острой актуальности этой проблемы пишут специалисты в критических областях безопасности ведущих стран мира [13]. Не менее масштабные цели работа может преследовать в культурологии, политологии, журналистике, военном и спасательном деле.

Весьма актуальным и интересным является изучение отражения индивидуального и группового образа «мира опасностей» в культуре – в литературе, кино, телевидении, рекламе, живописи, фотографии, архитектуре. Облик среды, особенно, городской активно используется для навязывания нужного образа «мира опасностей». Так «война памятников» ведётся, в основном, в двух измерениях: опасность – безопасность и «мы» – «они».

Подобным же образом было построено дерево задач работы. Эти задачи, следуя подходу М. Рокича [14], могут быть разделены на терминальные (установление закономерностей индивидуального образа мира опасностей и отношения индивида к опасности) и инструментальные (совершенствование методики исследований образа мира опасностей и отношения индивида к опасности). Ввиду относительной неразработанности темы, её методике было уделено особое внимание.

Объектом работы является образ «мира опасностей», который может быть индивидуальным и групповым. Как индивидуальный, так и групповой образ «мира опасностей» может быть рассмотрен в состоянии до и после тестирования. Здесь в полной степени реализуется принцип, пришедший в философию из современной физики: измерение какого-либо параметра объекта изменяет его величину. В нашем случае об этом свидетельствовали практически все испытуемые. Состояние «мира опасностей» до тестирования может быть рассмотрено как «вещь в себе»: мы знаем, что оно существует, но не знаем ничего о его параметрах; тестирование существенно меняет эти параметры.

Далее, можно рассматривать реальный и идеальный образ «мира опасностей»: респонденты часто говорят о том, «как должно быть» вместо того, «как есть». Необходимо также различать аутентичный и презентуемый образ «мира опасностей»: сложно поверить в то, что, например, штатные пропагандисты ведущих западных изданий, люди образованные и информированные, верят в то, что пишут и говорят.

Для достижения целей работы использовали метод репертуарных решёток, так как «гибкость и эффективность репертуарных методик, качество и количество получаемой

информации делают их пригодными для решения широкого круга задач» [7, С. 4]. Различными исследователями в качестве элементов решёток были использованы «профессии, эмоции, ситуации, болезни, помещения, фотографии людей, карточки теста Роршаха, магазины, государства, мифологические представления, манекены, люди, отношения между людьми и др.» [7, С. 21]. Однако, «есть подобласть проблем, где эта система имеет тенденцию работать лучше всего. Наша теория тяготеет к тому, чтобы иметь «фокус пригодности» в (исследованиях) приспособления человека к стрессу» [10, С. 5]. Эта область релевантна заявленной проблеме, так как опасности и являются причиной стресса. С использованием метода репертуарных решёток создана методика, специально разработанная «под задачу» [15–18].

В 1955 году Дж. Келли опубликовал свою оригинальную логически непротиворечивую теорию личности на аксиоматической основе [10]. Как инструмент исследования личности в рамках этой теории, он разработал методику репертуарных решёток [7].

Р. Барт писал: «Строение классического языка имеет реляционную природу: сами слова здесь несравненно менее важны, чем отношения между ними. Ни одно слово не обладает здесь собственной плотью, они служат не столько знаками вещей, сколько связующими нитями» [19, С. 328]. Аналогично, в методике репертуарных решёток сами объекты «несравненно менее важны, чем» извлекаемые с их помощью конструкты. В процессе исследования объекты могут и не раскрываться респондентом, сохраняя свою и его анонимность.

«Мир XIX века... представляет собой совокупность упорядоченных отношений» [19, С. 321]. Так и у Дж. Келли мир индивида «представляет собой совокупность упорядоченных отношений» – иерархически упорядоченную систему личностных конструктов, воплощающую результат «поиска того, что стоит за словами». В этом поиске оба выдающихся мыслителя XX века едины.

Метод репертуарных решёток в последнее время часто применяют вне контекста породившей его теории личностных конструктов [20, С. 236]. В ситуации нашей работы, ввиду недостаточной разработанности вопроса безопасности в общей психологии и отсутствии глубоких теоретических положений, естественно воспользоваться не только практическим методом, но и теоретическим подходом Дж. Келли.

Необходимо указать и на ограничения метода:

– при недостаточном интеллекте [21], образовательном цензе и рефлексии испытуемого составление списка опасностей и, особенно, извлечение конструктов опасностей и получение матрицы оценок становятся весьма трудоёмкими, непродуктивными (извлечённые конструкты постоянно повторяются, а новые не генерируются) и ненадёжными (ретестирование приводит к недостаточной воспроизводимости результатов). В итоге получаемые выборки часто оказываются смещёнными относительно генеральной совокупности;

– у ряда лиц, видимо, с высокой внушаемостью и внешним фокусом контроля, установлено смещение картины мира от реальной в сторону создаваемой пропагандой доминирующих «мировых» СМИ. В списках ряда респондентов возникали опасности, с которыми они не сталкивались в своём реальном жизненном опыте, а которые введены ими в личную картину мира под деформирующим влиянием пропаганды (вечно живое наследие доктора Геббельса): домашнее насилие, профессиональное выгорание, обезвоживание организма, сексизм, гомофобия и др.) [9].

Метод репертуарных решёток включает: создание генерирующего множества объектов (элементов, индивидов, групп, событий, ситуаций); выделение конструктов на этом множестве; создание оцениваемого множества объектов; оценка всех объектов этого множества с помощью всех конструктов; формальная статистическая обработка полученной матрицы оценок и содержательная интерпретация полученных результатов. Все перечисленные задачи нетривиальны и имеют целый ряд альтернативных решений.

В нашей, недостаточно исследованной ситуации необходимо решать задачу планирования эксперимента со всеми её этапами [20, С. 244].

С точки зрения системного подхода здесь рассматривается система объектов, описание которой включает перечень описаний объектов (список опасностей), перечень типов отношений (связей) между ними (список конструкторов опасностей) и матрицу оценок, описывающую систему взаимосвязанных объектов.

Отношение индивида к данному классу (множеству) объектов, согласно Дж. Келли, может быть описано матрицей оценок некоторого представительного (в статистическом смысле) подмножества этого множества по некоторому множеству релевантных ему конструкторов. Принципиальной для валидности метода является релевантность или, по Дж. Келли, «пригодность» конструкторов [20, С. 240]. Последняя может быть обеспечена, например, путем извлечения конструкторов непосредственно с помощью оцениваемого множества объектов или его представительной части, что и реализовано в настоящей работе.

Для достаточно глубокого проникновения в психику индивида методика должна обладать свойствами проективной – в той или иной мере использующей феномен проекции. Следуя Л. Франку, Л. Ф. Бурлачук перечисляет «признаки проективной методики:

- неопределённость, неоднозначность используемых стимулов;
- отсутствие ограничений в выборе ответа;
- отсутствие оценки ответов испытуемых как правильных или ошибочных»

[22, С. 11].

Так как вербальные стимулы «угроза», «опасность», «опасная ситуация», «опасный инцидент» являются весьма неопределёнными и неоднозначными, ограничения в выборе ответа отсутствуют и ответы не оцениваются по критерию «правильности», данная методика имеет все признаки проективной. Первая часть методики с конструированием ответов может быть отнесена к конститутивным (аналогично тесту Роршаха), а вторая – с выбором из предложенного списка – к импрессивным (аналогично тесту Люшера). При сопоставлении данной методики, например, с методикой завершения неоконченных предложений в варианте: «для меня опасность – это...» или «опасности в моей жизни – это...», она может быть классифицирована как аддитивная [22, С.13].

В дополнение к [23] вводили рабочие определения:

- опасная (для индивида, по его мнению) ситуация – это опасный процесс или опасное событие (для индивида, сокращённо – «опасность»). Отвергнутые термины: опасный случай, происшествие, поступок, действие;
- опасный инцидент – это обнаружение индивидом (скрытого) опасного процесса или возникновение (очевидного) опасного события;
- угроза – это состояние ожидания индивидом опасного инцидента.

После общего инструктажа респондентам давали инструкцию: «перечислите, пожалуйста, то, что Вам угрожает, то, что представляет для Вас опасность». Полученный список вначале подвергали непосредственному анализу. Одним из наиболее важных моментов анализа списка опасностей, как и последующих этапов анализа результатов (анализ списка конструкторов, матрицы оценок и т. д.) была классификация обнаруженных особенностей, фактов, закономерностей, связей как:

- общих (и тогда возникает вопрос о границах применимости – «насколько общих», «область пригодности конструктора» по Дж. Келли [10]);
- групповых – половых, возрастных, социальных, профессиональных, культурных (и тогда возникает вопрос о достаточно представительном перечне групп);
- идиосинкратических, личных, персональных, присущих именно этому индивиду [22, С. 16].

Затем из полученного списка опасностей составляли триады и просили респондентов извлечь из каждой соответствующий конструктор – указать, «чем две из

опасностей триады сходны между собой и тем самым отличны от третьей» [20, С. 252]. На следующем этапе с помощью извлечённых таким образом конструкторов оценивали все опасности списка [7, С. 23]. Полученные для каждого респондента матрицы оценок опасностей по всем индивидуальным конструктам подвергали дескриптивному, корреляционному, факторному и кластерному анализу.

В примере показано извлечение 20 индивидуальных конструкторов с помощью 20 триад, составленных из 6 наиболее важных опасностей, полученных отбором из ранжированного списка 20 опасностей (табл. 1).

Из каждой триады испытуемый выбирал контрастный объект, описывал его отличие от двух других (имплицитный полюс), свойство двух оставшихся (эмерджентный полюс) и совместно с психологом формулировал извлечённый таким образом конструктор.

Таблица 1 – Пример извлечения первичных конструкторов с помощью вариантов триад из ранжированного списка опасностей (участник А группы 1, мужчина, совершеннолетний, родной язык – русский, постоянное место жительства – Германия, физически и психически здоров)

№ пп	Состав триады*	Контрастный объект	Полюсы конструктора		Конструктор, сформулированный как негативное для респондента свойство
			Имплицитный – полюс контраста объектов	Эмерджентный – полюс сходства объектов	
1	2	3	4	5	6
1	АБВ	Б	Постепенно возникший инцидент	Внезапный инцидент	Степень внезапности, непредсказуемости, непрогнозируемости инцидента
2	АБГ	А	Опасность направлена, в основном, на близкого	Опасность направлена, в основном, на респондента	Направленность опасности только лично на респондента или и на его окружение
3	АБД	А	Не снижает самооценку респондента	Снижает самооценку респондента	Степень снижения самооценки респондента в результате инцидента
4	АБЕ	Е	Определяется текущей социально-экономической ситуацией	Не зависит от текущей социально-экономической ситуацией	Невозможность снижения ущерба путём улучшения социально-экономической ситуации, рыночной конъюнктуры
5	АВГ	А	Отсутствие зависимости от личной компетентности респондента	Наличие зависимости от личной компетентности респондента	Невозможность снижения ущерба путём повышения личной компетентности респондента
6	АВД	Д	Опасный фактор характерен для капитализма	Опасный фактор не зависит от социально-экономической системы	Невозможность снижения ущерба путём усиления социальных гарантий
7	АВЕ	В	Опасный фактор возник в результате НТП**	Опасный фактор не связан с процессом НТП	Невозможность снижения ущерба путём приостановки НТП
8	АГД	А	Источник опасности – близкие респондента	Поведение близких не влияет на ущерб	Невозможность снижения ущерба путём блокирования действий близких
9	АГЕ	Г	Источник опасности – аморальность продавцов товаров и услуг	Источник опасности не связан с моральностью продавцов товаров и услуг	Невозможность снижения ущерба путём повышения уровня морали продавцов товаров и услуг

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
10	АДЕ	Д	Источник опасности – аморальность работодателей	Источник опасности не связан с моральностью работодателей	Невозможность снижения ущерба путём повышения уровня морали работодателей
11	БВГ	Б	Может привести к смерти респондента	Не может привести к смерти респондента	Вероятность смерти респондента в результате инцидента
12	БВД	Б	Большой ущерб	Малый ущерб	Общая величина ущерба
13	БВЕ	Е	Личная свобода не снижается	Личная свобода снижается	Степень снижения ощущения личной свободы в результате опасного инцидента
14	БГД	Б	Слабо зависит от происхождения: коренной житель или иммигрант	Сильно зависит от происхождения: коренной житель или иммигрант	Невозможность снижения ущерба путём замены иммигранта коренным жителем
15	БГЕ	Б	Личная работоспособность снижается	Личная работоспособность не снижается	Степень снижения личной работоспособности в результате инцидента
16	БДЕ	Д	Инциденты происходят редко	Инциденты происходят часто	Частота или вероятность инцидента
17	ВГД	В	Не зависит от степени социальной адаптации респондента	Зависит от степени социальной адаптации респондента	Невозможность снижения ущерба путём повышения социальной адаптированности респондента (знание языка, законов, обычаев)
18	ВГЕ	В	Опасность порождается и действует в киберпространстве	Опасность порождается и действует в реальном пространстве	Сфера действия опасности: земля, вода, воздух, космос, киберпространство
19	ВДЕ	Д	Опасность связана с идеологией ксенофобии	Опасность не связана с идеологией ксенофобии	Невозможность снижения ущерба путём противодействия идеологии ксенофобии
20	ГДЕ	Е	Независимость от действий, усилий респондента	Зависимость от действий, усилий респондента	Невозможность снижения ущерба усилиями, действиями респондента

*-сочетание объектов – состав триады для нахождения конструкта
 **-НТП – научно-технический прогресс

Для обеспечения возможности дальнейшей интерпретации знаков коэффициентов корреляции в корреляционной матрице и знаков факторных нагрузок в факторном анализе конструкты переформулировали так, чтобы все они были однонаправленными: как негативная для респондента характеристика.

Анализ приведённого примера подтверждает гипотезу о том, что объективная важность конструкта не соответствует его субъективной важности. Так, «общая величина ущерба» появилась лишь двенадцатой, а «частота инцидента» – лишь шестнадцатой, в то время как согласно теории [3, 4] именно эти характеристики и определяют «опасность опасности».

Достаточно высокий уровень когнитивной сложности примера (табл. 1) вытекает из:

- отсутствия «бесплодных троек» (генерирующих выборок);
- отсутствия дублирования, повтора значений конструктов;
- наличия разноранговых (субординантных и суперординантных) конструктов: единичных, квазиэлементарных характеристик опасностей или нанесённого ущерба, а также обобщённых характеристик;

- наличия разнородных конструкторов, относящихся к опасности, инцидентам и нанесённому ущербу, последствиям;
- наличия высокой доли каузальных конструкторов – 11 из 20;
- наличия как личных (4), так и социальных (7) конструкторов.

Состав и порядок извлечённых индивидуальных конструкторов практически никогда не повторялся, являясь уже самим по себе достаточно информативным источником сведений об испытуемом.

В эксперименте отмечен сильный разброс как числа опасностей, так и числа конструкторов опасности. Оба эти показателя подчинялись экспоненциальному распределению. Оба эти показателя отражают когнитивные возможности респондента, причём длина списка опасностей отражает такие когнитивные характеристики как внимание и память, а длина списка конструкторов опасности – логическое, аналитическое мышление.

Различия содержания списков опасностей и списков конструкторов, а также их факторной структуры отражают как личностные, так и социальные особенности респондента.

Нередко (особенно с интеллектуальными испытуемыми) вся последовательность приобретала циклический характер с последовательным уточнением числа объектов и конструкторов, их формулировок и образов: составление списка объектов и его ранжирование, извлечение списка конструкторов, уточнение списка объектов и его ранжирование, уточнение списка конструкторов, оценивание объектов по всем конструкторам, уточнение списков объектов и конструкторов, повторное оценивание. Это обеспечивало экспликацию и осознание личной системы опасностей, тем самым способствуя её изменениям. Отсюда неизбежно возникали не только диагностический, но и терапевтический и акмеологический аспекты процедуры.

Выводы. Предложенная структура работы обеспечила возможность получения требуемых результатов и их многоцелевого использования в различных областях знания.

Использование предложенной методики с рекомендуемыми параметрами позволило получить ценные сведения о личностных особенностях респондентов, а также сравнить между собой их различные группы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хантингтон С. П. Столкновение цивилизаций / С. П. Хантингтон. – М. : АСТ, 2016. – 640 с.
2. Sarrazin T. Deutschland schafft sich ab. Wie wir unser Land aufs Spiel setzen / T. Sarrazin. – München: Deutsche Verlags-Anstalt, 2010. – 373 p.
3. Безопасность жизнедеятельности / Под ред. Э. А. Арустамова. – М. : Дашков, 2006. – 476 с.
4. Безопасность жизнедеятельности / Под общ. ред С. В. Белова. – М. : Высшая школа, 2007. – 616 с.
5. Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2014. – Bonn: BSI, 2014. – 44 p.
6. Пілотні оцінки рівнів домагань студентів-пілотів на показниках висоти при відмові авіадвигуна / [О. М. Рева, В. А. Шульгін, О. М. Медведенко, Н. Р. Садуакасова] // Безпека життєдіяльності на транспорті і виробництві – освіта, наука, практика : матеріали наук.-практичної конференції. – Херсон : видавництво ХДМА, 2014. – С.131–135.
7. Франселла Ф. Новый метод исследования личности : руководство по репертуарным личностным методикам / Ф. Франселла, Д. Баннистер. – М. : Прогресс, 1987. – 236 с.
8. Маслоу А. Психология бытия. – М. : Рефл-бук, 1997. – 304 с.
9. Броуди Р. Психические вирусы. Как программируют ваше сознание / Р. Броуди. – М. : Поколение, 2007. – 306 с.
10. Келли Дж. А. Теория личности (теория личностных конструкторов) / Дж. А. Келли. – СПб. : Речь, 2000. – 249 с.
11. Морено Дж. Театр спонтанности / Дж. Морено. – Красноярск : Фонд

ментального здоров'я, 1993. – 155 с.

12. Schwarz O. The Psychology of Sex / O. Schwarz. – New York : Penguin Books, 1951.

13. Miller N. L., Firehammer R. Avoiding a Second Hollow Force: The Case for Including Crew Endurance Factors in the Afloat Staffing Policies of the US Navy / N. L. Miller, R. Firehammer // Naval Engineers Journal, 2007. – 119 (1). – Pp. 83–96.

14. Rokeach M. The Nature of Human Values / M. Rokeach. – New York : The Free Press, 1973.

15. Евдокимова В. А. Морфологический подход к структуре безопасности жизнедеятельности / В. А. Евдокимова, Л. Г. ХаеТ // Науковий вісник ХДМА. – 2016. – № 1 (14).

16. Евдокимова В. А. Психологические аспекты восприятия индивидом личной системы опасностей / В. А. Евдокимова, Л. Г. ХаеТ // III Міжнародна науково-практична конференція «Безпека життєдіяльності на транспорті та виробництві – освіта, наука, практика (SLA-2016)» (13–15 вересня 2016 р.) : тези допов. – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 93–98.

17. Евдокимова В. А. Новый шёлковый путь: новые возможности и новые опасности – миграция / В. А. Евдокимова, Л. Г. ХаеТ // Міжнародна науково-практична конференція «Соціальні трансформації: сім'я, шлюб, молодь, середній клас та інноваційний менеджмент у країнах нового шовкового шляху» (15–18 вересня 2016 р.) : тези допов. – Одеса, ОНМУ, 2016. – С. 175–178.

18. Евдокимова В. А. О методике исследования отношения индивида к опасности / В. А. Евдокимова, Т. В. Кадинская, Л. Г. ХаеТ // Проблеми емпіричних досліджень у психології. – К., 2016.

19. Барт Р. Нулевая степень письма / Р. Барт // Семиотика. – М. : Радуга, 1983. – С. 306–349.

20. Энциклопедия психологических тестов. Личность, мотивация, потребность. – М. : АСТ, 1997. – 300 с.

21. Тарарухина М. И. Техника репертуарных решеток Дж. Келли / М. И. Тарарухина, М. В. Ионцева // Социология. – 1997. – № 8.

22. Бурлачук Л. Ф. Введение в проективную психологию / Л. Ф. Бурлачук. – К. : Ника-Центр, 1997. – 128 с.

23. Педагогика безопасности: понятийно-терминологический словарь (основы безопасности жизнедеятельности) / В. В. Гафнер. – Екатеринбург : Уральский государственный педагогический университет, 2015. – 254 с.

REFERENCES

1. Xanty`ngton S. P. Stolknoveny`e cy`vy`ly`zacy`j. – М.: АСТ, 2016. – 640 s.
2. Sarrazin T. Deutschland schafft sich ab. Wie wir unser Land aufs Spiel setzen. – München: Deutsche Verlags-Anstalt, 2010. – 373 S.
3. Bezopasnost` zhy`znedeyatel`nosty` / Pod red. Э. А. Arustamova. – М.: Dashkov, 2006. – 476 s.
4. Bezopasnost` zhy`znedeyatel`nosty` / Pod obshh. red S. V. Belova. – М.: Vysshaya shkola, 2007. – 616 s.
5. Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2014. – Bonn: BSI, 2014. – 44 S.
6. Pilotni ocinky` rivniv domagan` studentiv-py`lotiv na pokazny`kax vy`soty` pry`vidmovi aviadvy`guna / O. M. Reva, V. A. Shul`gin, O. M. Medvedenko, N. R. Saduakasova // Bezpeka zhy`ttyediyal`nosti na transporti i vy`robnny`cztyvi – osvita, nauka, prakty`ka. – Херсон, ХДМА, 2014. - S.131-135.
7. Fransella F., Banny`ster D. Novyj metod y`ssledovany`ya ly`chnosty`: Rukovodstvo po repertuarnym ly`chnostnym metody`kam. - М.: Progress, 1987. - 236 s.
8. Maslou A. Psy`xology`ya byty`ya. – М.: Refl-buk, 1997. – 304 s.
9. Broudy` R. Psy`xy`chesky`e vy`rusy. Kak programmy`ruyut vashe soznany`e. – М.: Pokoleny`e, 2007. – 306 s.

10. Kelly` Dzh. A. Teory`ya ly`chnosty` (teory`ya ly`chnostnykh konstruktov). - SPb.: Rech`, 2000. – 249 s.
11. Moreno Dzh. Teatr spontannosty`. – Krasnoyarsk: Fond mental`nogo zdorov`ya, 1993. – 155 s.
12. Schwarz O., The Psychology of Sex. - New York: Penguin Books, 1951.
13. Miller N. L., Firehammer R. Avoiding a Second Hollow Force: The Case for Including Crew Endurance Factors in the Afloat Staffing Policies of the US Navy // Naval Engineers Journal, 2007. - 119 (1). – Pp. 83-96.
14. Rokeach M. The Nature of Human Values. - New York: The Free Press, 1973.
15. Evdokimova V.A. Morfologicheskiiy pohod k strukture bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti/ V.A. Evdokimova, L.G. Haet// Naukoviy vіsnyk HDMA.- 2016. - # 1 (14).
16. Evdokimova V.A. Psihologicheskie aspektyi vospriyatiya individom lichnoy sistemyi opasnostey/ V.A. Evdokimova, L.G. Haet// III Mizhnarodna naukovo-praktichna konferentsiya «Bezpeka zhittEdlyalnostI na transportI ta virobnitstvI – osvIta, nauka, praktika (SLA-2016)»: 13-15 veresnya 2016 r.: tezi dopov. – Herson, HDMA, 2016. - S. 93-98.
17. Evdokimova V.A. Novyyiy shYolkovyyiy put: novyyie vozmozhnosti i novyyie opasnosti – migratsiya/ V.A. Evdokimova, L.G. Haet// Mizhnarodna naukovo-praktichna konferentsiya «SotsIal'ni transformatsIyi: slm`ya, shlyub, molod, serednIy klas ta InnovatsIyniy menedzhment u kraYinah novogo shovkovogo shlyahu»: 15-18 veresnya 2016 r.: tezi dopov. – Odesa, ONMU, 2016. - S. 175-178.
18. Evdokimova V.A. O metodike issledovaniya otnosheniya individa k opasnosti/ V.A. Evdokimova, T. V.Kadinskaya, L.G. Haet// Problemi emprichnih doslIdzhen u psihologIyi: m. KiYiv. -2016.
19. Bart R. Nulevaya stepen` py`s`ma // Semy`oty`ka. - M.: Raduga, 1983. - S. 306-349.
20. Эncy`klopedy`ya psy`xology`chesky`x testov. Ly`chnost`, moty`vacy`ya, potrebnost`. – M.: AST, 1997. – 300 s.
21. Tararuxy`na M. Y`, Y`onceva M. V. Texny`ka repertuarnykh reshetok Dzh. Kelly` // Socy`ology`ya 4M, 1997, # 8.
22. Burlachuk L. F. Vvedeny`e v proekty`vnuyu psy`xology`yu. – Ky`ev: Ny`ka-Centr, 1997. – 128 s.
23. Pedagogy`ka bezopasnosty`: ponyaty`jno-termynology`chesky`j slovar` (osnovy bezopasnosty` zhy`znedeyatel`nosty`) / V. V. Gafner. - Ekaterynburg: Ural`sky`j gosudarstvennyj pedagogy`chesky`j uny`versy`tet, 2015. – 254 s.

Євдокимова В. А., Хаєт Л. Г. ДО МЕТОДИКИ ВИВЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО СПОСОБУ «СВІТУ НЕБЕЗПЕК»

У статті описано методику і результати вивчення індивідуального образу «світу небезпек» і відносини індивіда до небезпеки, викладені структурний план роботи та методика аналізу отриманих конструктів, на конкретному наведеному прикладі показано індивідуальні особливості, а також закономірності, пов'язані з культурою респондента.

Ключові слова: світ небезпек, ставлення до небезпеки, особистісний конструкт, метод триад, репертуарна решітка.

Evdokimova V. A., Khayet L. G. TO THE METHOD OF STUDYING THE INDIVIDUAL IMAGE OF THE «WORLD OF DANGERS»

The article describes the methodology and results of studying an individual's image of the «world of dangers» and the relationship of the individual to the dangers, structured work plan and methodology of analysis of the obtained constructs, in particular the example shown, the individual characteristics and patterns associated with the culture of the respondent.

Keywords: world of dangers, attitude to risk, personal construct, method of triad, repertory grid.

© Євдокимова В. А., Хаєт Л. Г.

Статтю прийнято
до редакції 08.10.16

ОБ АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСАХ ПОДГОТОВКИ МОРСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ХЕРСОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ МОРСКОЙ АКАДЕМИИ

Завальнюк О. П., к.т.н., доцент кафедры эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики Херсонской государственной морской академии, E-mail: olga-zavalnjuk@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3755-8350;

Нестеренко В. Б., старший преподаватель кафедры управления судном Херсонской государственной морской академии, E-mail: nesterenko_mast@mail.ru, ORCID: 0000-0002-9574-6512;

Товстокорый О. Н., к.т.н., заведующий кафедры управления судном Херсонской государственной морской академии

В данной статье предлагается ряд шагов, необходимых для перехода к двухуровневой системе морского образования, а также представлена структурная схема такой системы для Херсонской государственной морской академии. Основной целью исследования являлось рассмотрение и разработка порядка перехода ХГМА к двухуровневой системе морского образования, пользуясь создавшейся ситуацией в связи с реформированием системы высшего образования Украины, а также наметившимся переходом Украины в ЕС. В статье большое внимание уделяется разработке учебных планов подготовки морских специалистов всех уровней: младшего бакалавра, бакалавра и магистра. Определено место практической подготовки в целостной системе подготовки морских специалистов. Выделены особенности второго уровня подготовки моряков. Даны общие рекомендации по организации заочной формы обучения с учетом двухуровневой системы морского образования. В работе показано, что переход ХГМА к двухуровневой системе морского образования позволит повысить авторитет Академии при прохождении разного рода аудитов, а также ее конкурентоспособность на мировом рынке морского образования.

***Ключевые слова:** морской специалист, бакалавр, образовательный уровень, магистр, модельный курс, младший офицер, практическая подготовка.*

Введение. Нестабильная экономическая ситуация в нашей стране в последние два десятилетия постоянно и настойчиво требует внесения корректив и определенных реформационных преобразований в сложившуюся за десятилетия систему подготовки морских специалистов в Украине.

Актуальность исследований. Следует заметить, что Херсон со времен своего появления на екатерининских картах был и остается краем мореплавателей, а наше учебное заведение – Херсонская государственная морская академия (ХГМА) – является этому ярким свидетельством [1]. Кроме того, в 30-е годы прошлого столетия в Херсоне было создано еще одно мореходное училище (сначала техникум) для подготовки судоводителей и механиков, а также специалистов-технологов для рыбопромыслового флота, которое функционирует и ныне, и, к слову, никогда не испытывало недостатка в желающих получить морское образование [1–2]. Поэтому сегодня, наверное, каждая вторая херсонская семья живет за счет мореплавания, морского промысла, судоремонта или обслуживания флота. И хотя Украина, к сожалению, давно утратила положение морской державы, однако на судах мирового морского флота трудится много наших земляков.

Система морского образования Советского Союза складывалась в конце 40–50-х годов прошлого столетия и была построена на сети профессиональных, средних и высших учебных заведений [1], призванных готовить кадры плавсостава для быстро растущего флота страны, которая восстанавливалась после разрушительной Великой Отечественной войны.

Рядовой плавсостав палубной и машинной команд, а также обслуживающий персонал для транспортных и пассажирских судов готовился в профессионально-технических училищах в течение 1,5–2-х лет обучения.

Средние морские учебные заведения – мореходные училища – выпускали офицерский состав: штурманов, механиков, электромехаников и радистов. Некоторые из этих учебных заведений имели долгую историю с тех времен, когда они были основаны в виде «навигационных классов», «мореходных классов», «школ юнг» и т. п. Богатую более чем 180-летнюю историю имеет и наше учебное заведение. Другие средние морские учебные заведения родились в период подъема СССР и бурного развития морского флота.

Как правило, такие учебные заведения располагались на всех морских бассейнах, во многих портовых городах Советского Союза и были популярны у местного населения настолько, что за годы сложилось множество морских династий, в которых любовь и уважение к профессии моряка передавалась на протяжении поколений.

После Великой Отечественной войны [1–2] в Советском Союзе также развивалась и система высшего морского образования, которая насчитывала четыре ВУЗа, выпускающих специалистов плавсостава, и два ВУЗа, выпускающих специалистов для обслуживания берегового сектора инфраструктуры морского флота: Одесский и Московский институты морского флота.

Так сложилось, что средние мореходные училища были ориентированы на подготовку специалистов старшего командного состава, а появившиеся в 50-е годы высшие морские заведения стали практически дублировать средние, давая будущему моряку с большим объемом теоретических знаний те же перспективы продвижения по карьерной лестнице. Получение высшего образования стало стимулироваться Главной морской инспекцией Министерства морского флота, а также судовладельцами. Было введено условие, что капитаном или старшим механиком мог стать только специалист с высшим морским образованием. И хотя все вокруг понимали, что добротного среднего образования достаточно для подготовки старших судовых командиров на судне, нужно было логически увязать необходимость приобретения специалистами высшего образования.

Система морского образования при наличии двух параллельных уровней образования: среднего и высшего, дающих одинаковые карьерные возможности, но требовавшие разное время на подготовку, была неуклюжей и вызывала неудобства. Уже тогда делались попытки хоть как-то их разрешить: последовательное обучение (продолжительный срок), сокращенная программа подготовки (малоэффективно), однако вопросы сокращения срока обучения, ухода от дублирования дисциплин решить так и не удавалось. В целом, такая несколько видоизмененная система морского образования сохранилась на сегодняшний день в ХГМА [3–4].

Вместе с тем, существующая за пределами нашей страны (в Польше, Хорватии, Германии, Швеции, Турции, США, Индии и многих других странах) двухуровневая система подготовки специалистов морского флота [5–10] у нас широко обсуждалась на различных уровнях и в печати. Однако, скорее всего, отечественные ВУЗы не были заинтересованы в серьезных реформах и просто уходили от их решения или лоббировали свои интересы.

Цель настоящей статьи состоит в том, чтобы пользуясь создавшейся ситуацией в связи с реформированием системы высшего образования Украины, а также наметившимся переходом Украины в ЕС, рассмотреть и предложить порядок перехода ХГМА к двухуровневой системе морского образования.

Результаты исследований. Как следует из документов ИМО, двухуровневая система морского образования продолжает совершенствоваться – Модельные курсы: 7.01, 7.02, 7.03, 7.04, 7.08 с рекомендациями по подготовке судоводителей, судовых механиков и судовых офицеров-электротехников неоспоримое подтверждение тому [11–15].

Ниже рассмотрен ряд шагов, необходимых, на наш взгляд, для перехода к двухуровневой системе морского образования, а также структурная схема такой системы для ХГМА (рис. 1).



Рисунок 1 – Предлагаемая структурная схема двухуровневой системы морского образования в ХГМА

Описываемые шаги состоят в следующем:

1. Заменить учебные планы подготовки младших специалистов Херсонского морского колледжа, в соответствии с Законом Украины о высшем образовании [16] новыми планами подготовки младших бакалавров, базирующимися на Международной конвенции ПДНВ-78/95/10 [17] и Модельных курсах: 7.03, 7.04, 7.08. Причем содержание и объемы математики, физики, а также других дисциплин фундаментальной подготовки морских специалистов должны соответствовать Приложениям 1 и 2 Модельных курсов [13–15]. По предварительным подсчетам такая программа подготовки I уровня может занять 4 года. Таким образом, содержание морского образования в Колледже станет эквивалентным образованию на I уровне Академии, что гарантирует выпускнику продолжение образования в Академии на II уровне.

В целом общий объем обучения в Колледже может составить:

- 1 год: завершение среднего образования;
- 1 год: освоение базовых дисциплин, в т. ч. объемы математики, физики и других естественнонаучных дисциплин;

– 2 года: образовательно-профессиональная программа подготовки, включая минимальный общий объем специальных морских дисциплин, который составляет около 2400 часов [7–9] (в том числе, около 800 часов аудиторных занятий).

Всего: около 4 лет обучения (90–120 кредитов по 30 часов каждый или 2700–3600 часов – общий объем обучения).

2. Ввести учебные планы подготовки младших бакалавров Академии, согласно Закону Украины о высшем образовании [16], основанные на Международной конвенции ПДНВ-78/95/10 [17] и Модельных курсах: 7.03, 7.04, 7.08, которые представить в виде I уровня морского образования. Таким образом, общий объем обучения на I уровне Академии может составить:

– 1 год: базовые дисциплины для основательной подготовки к изучению специальных морских дисциплин, в т. ч. объемы математики, физики и других естественнонаучных дисциплин согласно Приложениям 1 и 2 к соответствующим модельным курсам [13-15];

– 2 года: образовательно-профессиональная программа подготовки, включая минимальный общий объем морских дисциплин, составляющий около 2400 часов (в том числе около 800 часов аудиторных занятий).

Всего обучение на I уровне Академии может занять примерно 3 года (90–120 кредитов по 30 часов каждый или 2700–3600 часов – общий объем обучения).

3. Переработать учебный план подготовки бакалавров Академии согласно [16] на новый, основанный на Международной конвенции ПДНВ-78/95/10 [17] и соответствующих Модельных курсах: 7.01, 7.02, 7.08 [11, 12, 15], который представить в виде II уровня морского образования. Такая программа обучения может занять около 2 лет.

Таким образом, общий объем обучения на II уровне Академии может составить:

– 2 года, включая минимальный общий объем специальных морских дисциплин – около 2700 часов (в том числе около 900 часов аудиторных).

Общий объем обучения по образовательно-профессиональной программе подготовки бакалавра должен составить согласно [16] 180–240 кредитов или 5400–7200 академических часов.

4. Усовершенствовать учебный план подготовки магистров с обязательным освоением слушателями таких вопросов как: научные исследования и публикации, патентное дело, статистика, обработка результатов экспериментов, расследование и анализ морских аварий и происшествий, анализ коммерческого брака в морском судоходстве, человеческий элемент, инновационные технологии на морском транспорте, нововведения в отраслях морского права и охраны окружающей среды и т. д. Таким образом, в соответствии с [16] объем образовательно-профессиональной программы подготовки магистра может составить 90–120 кредитов ЕКТС (2700–3600 часов), а объем образовательно-научной программы – 120 кредитов ЕКТС (3600 часов) с обязательным включением исследовательской (научной) компоненты объемом не менее 30 %.

5. Сертификацию осуществлять следующим образом:

– уровень рядового состава – сертификат установленного образца;

– I уровень специального морского образования – диплом младшего бакалавра, а после определенного периода практической подготовки – рабочий диплом младшего офицера;

– II уровень специального морского образования – диплом бакалавра, а после прохождения определенного периода практической подготовки – рабочие дипломы старших офицеров;

– уровень подготовки магистра – диплом магистра.

Таким образом, после успешного окончания первого уровня обучения в Академии или Колледже, выпускники идут на флот – на должности практикантов и рядовых до получения рабочих дипломов. А с получением рабочего диплома – младшими офицерами.

Когда у моряка возникает карьерная необходимость получить дальнейшее образование: он убедился в правильном выборе профессии, готов продолжать плавать, позволяет психическое состояние и состояние здоровья, служба идет, а работа нравится, – он возвращается в Академию и поступает на второй уровень подготовки, где и продолжает образование.

Учебный план второго уровня составляется на базе Модельных курсов 7.01, 7.02, 7.08 [11, 12, 15]. Такая подготовка может занять порядка двух лет, в процессе которой следует сконцентрироваться только на изучении специальных дисциплин и осваивать слушателями только ту информацию, которая необходима для будущей работы на должностях: старших помощников капитанов, капитанов, старших механиков, вторых механиков и электромехаников.

Особенностью второго уровня будет то, что морские специалисты, пришедшие продолжить обучение, будут хорошо знать производство, четко понимать, что им нужно освоить дополнительно, какие дисциплины изучить, какие пробелы в предыдущем образовании восполнить. Ожидается, что они будут серьезнее относиться к учебному процессу, с пониманием выбирать и глубже осваивать специальные дисциплины. Возникнет осознанность в выборе учебных дисциплин, что предусмотрено Законом Украины о высшем образовании [16]. В результате уровень приобретаемых компетенций и качество образования повысится.

Следует отметить, что место Лицея в структуре Академии, как подразделения, занимающегося подготовкой специалистов рядовых профессий (матрос, моторист, электрик) сохранится. Причем, следует шире пропагандировать его, как начальный уровень подготовки морских специалистов с тем, чтобы не только слабо подготовленная молодежь, но и абитуриенты с хорошей базой знаний, но из семей, которые не в состоянии оплачивать обучение в Колледже, Академии, или сироты, могли начать свой путь в морскую профессию с рядовой должности с гарантией дальнейшего трудоустройства и с последующим обучением на первом уровне подготовки морского специалиста в Академии.

Необходимо уделить особое внимание заочной форме обучения в ХГМА. А именно: первый уровень заочной формы по содержанию и объему должен быть эквивалентен первому уровню подготовки на дневной форме обучения, однако быть продолжительнее по времени. Второй уровень морской подготовки: «экс-заочники» должны обязательно проходить на дневной форме. Это позволит нивелировать подготовку на заочном отделении и повысить качество подготовки старших офицеров. Другими словами, второй уровень морского образования в заочной форме отсутствует.

Учитывая растущую стоимость образования и большое количество студентов и их семей, испытывающих затруднения с его оплатой, можно предусмотреть возможность обучения на втором уровне подготовки в два этапа: по одному году. Однако никаких причин для разрыва обучения в течение одного учебного года не должно быть. Причем обучение на первом уровне специального морского образования за счет бюджетных средств предполагается сохранить. Обучение на втором уровне может осуществляется преимущественно по контрактной форме.

Особый вопрос, который требует внимательного и деликатного подхода, – вопрос объединения с Херсонским мореходным училищем рыбной промышленности, с продолжением подготовки и выпуском специалистов мирового рыбопромыслового флота.

Выводы. Предлагаемое реформирование системы подготовки морских специалистов в Академии позволит:

1. Сохранить старейшее морское учебное заведение для Херсона и Украины.
2. ХГМА подняться до уровня европейского морского учебного заведения, а также выровнять академические учебные программы в соответствии с рекомендациями

Модельных курсов ИМО, приблизить к европейскому качеству подготовки нашего морского специалиста.

3. Сократить материальные издержки из бюджета Украины на подготовку морских специалистов.

4. Херсонскому морскому колледжу влиться в структуру Академии и обеспечивать первый уровень морского образования для молодежи с незаконченным средним образованием.

5. Прекратить подготовку морских специалистов по сокращенным программам, которые в настоящее время приносят много неудобств, дублирования, трудно стыкуются с программами Академии, и, главное, не дают желаемого качества подготовки специалистов.

6. Вывести всю практическую подготовку (прохождение практики на судах) за пределы учебного процесса и тем самым предоставить преподавателям качественно излагать материал в течение учебного семестра, а слушателям полноценно заниматься овладением теоретического и лабораторно-практического материала в пределах установленного периода времени.

7. Производственные практики, работу в должности младшего офицера организовывать в период после окончания I уровня образования. Выпускники, свободные от обязанностей в Академии, смогут сами распоряжаться своим временем и маневрировать в условиях поиска предпочтительной компании-судовладельца, выгодного контракта, а также его продолжительности и т. п. Причем, право и обязанность помощи молодому специалисту в поиске места практики остается за Академией (в частности, за отделом практики).

8. Выпускникам Колледжа гарантировать право поступления на II уровень образования Академии на общих основаниях.

9. Полноценно использовать Модельные курсы ИМО для подготовки учебных программ морских дисциплин, разработки соответствующих методических рекомендаций, становления и совершенствования необходимой материально-лабораторной и тренажерной базы, что повысит качество образования и подготовки морских специалистов.

10. Стабилизировать учебный процесс, прекратить его систематические нарушения в связи с вызовом слушателей на суда для прохождения практики, задержками на судах в ожидании замены и на берегу в ожидании судна.

11. Повысить качество подготовки моряков на II уровне благодаря глубокому и осознанному пониманию решаемых задач уже опытными производственниками.

12. Повысить авторитет Академии при прохождении разного рода аудитов, особенно со стороны ИМО, ЕС, Класа, крьюинговых компаний и т. п., а также ее конкурентоспособность на мировом рынке морского образования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ходаковский В. Ф. Морская летопись (1834–2011): от училища торгового мореплавания до Херсонской государственной морской академии: очерки по истории / Владимир Федорович Ходаковский. – Херсон : ВУЗ «ХГМИ», 2011. – 256 с.

2. Тимофеева О. Я. Історія морської освіти в Україні та сучасні наукові підходи до формування соціально-комунікативної компетентності майбутніх судноводіїв / О. Я. Тимофеева // Вісник Національної академії Державної прикордонної служби України. – Хмельницький : НАДПСУ, 2015. – № 5. – С. 1–13.

3. Козырь Л. А. Стандарты морского образования / Л. А. Козырь // Сборник научных трудов ОГМА. Судовождение. – Одесса : ОГМА, 1999. – № 1. – С. 67–74.

4. Нормативна база в сфері підготовки та дипломування моряків [Електронний ресурс] / Інспекція з питань підготовки та дипломування моряків. – Режим доступа к

- сайту: <http://www.itcs.org.ua/ua/normativna-baza-v-sferi-pidgotovki-ta-diplomuvannya-moryakiv>. – Название с экрана.
5. Козырь Л. А. Морское образование в Турции / Л. А. Козырь // Сборник научных трудов ОГМА. Судовождение. – Одесса : ОГМА, 2001. – № 3. – С. 100–105.
 6. Berzins Janis, Barbare Inese. Development of maritime human resources and education. Career education in Latvian maritime academy / Janis Berzins, Inese Barbare // European integration studies. – Kaunas : Kaunas University of Technology, 2013. – № 7. – P. 14–17.
 7. Studies' programs [Электронный ресурс] / Gdynia Maritime University. – Режим доступа к сайту : <http://www.am.gdynia.pl/>. – Название с экрана.
 8. Academic Handbook [Электронный ресурс] / The World Maritime University. – Режим доступа к сайту: <http://www.wmu.se/>. – Название с экрана.
 9. Graduate Program [Электронный ресурс] / United States Merchant Marine Academy. – Режим доступа к сайту: <http://www.usmma.edu/>. – Название с экрана.
 10. Academic brochure for undergraduate & postgraduate programmes [Электронный ресурс] / Indian maritime university. – Режим доступа к сайту: <http://www.imu.edu.in/>. – Название с экрана.
 11. Model Course 7.01 Master and chief mate. – London : IMO, 2014. – 352 p.
 12. Model Course 7.02 Chief engineer officer and second engineer officer. – London : IMO, 2014. – 278 p.
 13. Model Course 7.03 Officer in charge of a navigational watch. – London : IMO, 2014. – 274 p.
 14. Model Course 7.04 Officer in charge of an Engineering watch. – London : IMO, 2014. – 280 p.
 15. Model Course 7.08 Electro-Technical Officer. – London : IMO, 2014. – 190 p.
 16. Закон України «Про вищу освіту», 2014 [Электронный ресурс] / Верховна Рада України. – Режим доступа к сайту: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18/>. – Название с экрана.
 17. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты. – Лондон : ИМО. «Эшфорд Пресс», 2011. – 413 с.

REFERENCES

1. Khodakovskiy, V.F. (2011). *Morskaia letopys (1834-2011): ot uchylshcha torhovoho moreplavaniya do Khersonskoi hosudarstvennoi morskoi akademii: ocherky po ystoriyu*. Kherson : VUZ «KhHMY».
2. Tymofieieva, O.Ya. (2015). Istoriiia morskoi osvity v Ukraini ta suchasni naukovi pidkhody do formuvannia sotsialno-komunikatyvnoi kompetentnosti maibutnikh sudnovodiiv. *Visnyk Natsionalnoi akademii Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby Ukrainy*, 5, 1-13.
3. Kozyr', L.A. (1999). Standarty morskoho obrazovanyia. *Sbornyk nauchnykh trudov OGMA. Sudovozhdenye*, 1, 67-74.
4. Normativna baza v sferi pidhotovky ta dyplomuvannia moriakiv. *itcs.org.ua*. Retrieved from <http://www.itcs.org.ua/ua/normativna-baza-v-sferi-pidgotovki-ta-diplomuvannya-moryakiv>.
5. Kozyr', L.A. (2001). Morskoe obrazovanye v Turtsyy. *Sbornyk nauchnykh trudov OGMA. Sudovozhdenye*, 3, 100-105.
6. Berzins, J., & Barbare, I. (2013). Development of maritime human resources and education. Career education in Latvian maritime academy. *European integration studies*, 7, 14-17.
7. Studies' programs. *am.gdynia.pl*. Retrieved from <http://www.am.gdynia.pl/>.
8. Academic Handbook. *wmu.se*. Retrieved from <http://www.wmu.se/>.
9. Graduate Program. *usmma.edu*. Retrieved from <http://www.usmma.edu/>.

10. Academic brochure for undergraduate & postgraduate programmes. *imu.edu.in*. Retrieved from <http://www.imu.edu.in/>.
11. *Model Course 7.01 Master and chief mate* (2014). London : IMO.
12. *Model Course 7.02 Chief engineer officer and second engineer officer* (2014). London : IMO.
13. *Model Course 7.03 Officer in charge of a navigational watch* (2014). London : IMO.
14. *Model Course 7.04 Officer in charge of an Engineering watch* (2014). London : IMO.
15. *Model Course 7.08 Electro-Technical Officer* (2014). London : IMO.
16. Закон України «Про vyshchu osvitu», 2014. zakon2.rada.gov.ua. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18/>.
17. *Mezhdunarodnaia konventsiia o podhotovke u dyplomyrovanyu moriakov u nesenyu vakhti* (2011). London : IMO.

Завальнюк О. П., Нестеренко В. Б., Товстокорий О. М. ПРО АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ПІДГОТОВКИ МОРСЬКИХ ФАХІВЦІВ В ХЕРСОНСЬКІЙ ДЕРЖАВНІЙ МОРСЬКІЙ АКАДЕМІЇ

У даній статті запропоновано ряд кроків, необхідних для переходу на дворівневу систему морської освіти, а також представлена структурна схема такої системи для Херсонської державної морської академії. Основною метою дослідження був розгляд і розробка порядку переходу ХДМА на дворівневу систему морської освіти, користуючись ситуацією, що створилася у зв'язку з реформуванням системи вищої освіти України, а також майбутнім переходом України до ЄС. У статті велика увага приділяється розробці навчальних планів підготовки морських фахівців усіх рівнів: молодшого бакалавра, бакалавра та магістра. Визначено місце практичної підготовки в цілісній системі підготовки морських фахівців. Виділено особливості другого рівня підготовки моряків. Надано загальні рекомендації з організації заочної форми навчання з урахуванням дворівневої системи морської освіти. У роботі показано, що перехід ХДМА до дворівневої системи морської освіти дозволить підвищити авторитет Академії при проходженні різного роду аудитів, а також її конкурентоспроможність на світовому ринку морської освіти.

Ключові слова: морський спеціаліст, бакалавр, освітній рівень, магістр, модельний курс, молодший офіцер, практична підготовка.

Zavalniuk O. P., Nesterenko V. B., Tovstokoryy O. N. ABOUT ACTUAL ASPECTS OF MARINE SPECIALISTS' TRAINING IN KHERSON STATE MARITIME ACADEMY

In this article it was proposed a series of steps needed to transition to a two-tier system of marine education, as well as a block diagram of a system for the Kherson State Maritime Academy. The main purpose of this study was to review and develop procedures KSMA transition to a two-tier system of maritime education, taking advantage of this situation in connection with the reform of higher education in Ukraine, as well as outlining the transition of Ukraine to the EU. In the article a large attention is given to development of curriculum of training marine specialists at all levels: junior bachelor's, degree and master's degree. The place of practical training in an integrated system of training marine specialists is defined. The features of the second level of training of seafarers is allocated. General recommendations are given on the organization of distance learning based on a two-tier system of maritime education. It is shown that the transition to a two-tier system KSMA maritime education will enhance authority of the Academy during the passage of various kinds of audits, as well as its competitiveness in the global market for maritime education.

Keywords: marine specialist, bachelor, educational level, master, model course, a junior officer, practical training.

© Завальнюк О. П., Нестеренко В. Б., Товстокорий О. М.

Статтю прийнято
до редакції 14.10.16

***РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА***

УДК 66.074.33

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВ

Горбов В. М., к.т.н., заведующий кафедрой судовых и стационарных энергетических установок Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, E-mail: viktor.gorbov@nuos.edu.ua, ORSID: 0000-0002-9697-8083

Митенкова В. С., к.т.н., доцент кафедры судовых и стационарных энергетических установок Национального университета кораблестроения имени адмирала Макарова, E-mail: vera.mitenkova@gmail.com, ORSID: 0000-0001-5486-8559

В статье выполнена оценка различных способов улучшения эколого-энергетической эффективности транспортных судов. Основной целью исследования являлось сравнение перспективных методов снижения выбросов диоксида углерода, которые можно внедрить на стадии концептуального проектирования, за счет влияния на характеристики судовых энергетических установок. Учитывая большое количество факторов, определяющих параметры судна, для количественной оценки энергетической эффективности необходимо использовать многовариантный технико-экономический анализ с разработкой сценариев, включающих вероятные рейсовые линии и возможность использования различных видов топлив. В статье приведены расчетные зависимости выбросов диоксида углерода от дедвейта для танкеров, балкеров и контейнеровозов, построенных после 2007 г., с наложением ограничительных кривых ИМО для различных этапов внедрения индекса энергетической эффективности. В качестве основных сценариев снижения эмиссии парниковых газов для данных групп транспортных судов рассматривалось включение валогенераторов в состав пропульсивных установок наряду с заменой нефтяных топлив в главных и вспомогательных двигателях на сжиженный природный газ и метанол. Анализ полученных расчетных результатов дал возможность оценить эффективность данных методов, используемых как в отдельности, так и в комплексе, для уменьшения выбросов диоксида углерода.

Ключевые слова: двухтопливные двигатели, индекс энергетической эффективности, судовой индекс экологической эффективности, парниковые газы, сжиженный природный газ, метанол, судовые энергетические установки.

Постановка проблемы. В последние десятилетия уделяется значительное внимание экологическому аспекту эксплуатации морского транспорта. Кроме негативного воздействия на водную среду суда вносят существенный вклад в атмосферную эмиссию, уровень которой (для большинства загрязняющих компонентов) напрямую зависит от количества и качества потребляемого топлива [1]. На сегодняшний день законодательно нормируются выбросы оксидов азота (стандарты Tier I, II, III), серы (преимущественно в зонах повышенного контроля эмиссии – ECAs) и диоксида углерода (индексы энергетической эффективности судов, которые проектируются и эксплуатируются, – EEDI, EEOI, соответственно).

Особое внимание Международная морская организация (ИМО) уделяет эмиссии парниковых газов со стороны международного судоходства. Так, согласно данным, представленным в исследованиях ИМО, вклад морского транспорта в общий уровень выбросов CO₂ (основного парникового газа) в 2012 г. составил 796 млн. т, или 2,2 % от общемирового уровня, в 2007 г. это значение составляло 885 млн. т и 2,8 %, соответственно. Прогнозируется, что в 2050 г., по сравнению с 2012, эмиссия CO₂ увеличится на 50...250 %. Столь широкий диапазон обусловлен с одной стороны устойчивым трендом роста мировой экономики и, как следствие, объема морских перевозок, а с другой – интенсивным развитием энергосберегающих и зеленых технологий [2].

Кроме CO₂ рассматриваются и другие парниковые газы, образующиеся в процессе эксплуатации судовых энергетических установок: метан, оксид диазота (N₂O), гидрофторуглероды (HFCs), перфторуглероды (PFCs), гексафторид серы (SF₆), а также другие загрязняющие вещества: неметановые летучие органические соединения (NMVOCs), монооксид углерода (CO) и РМ (мелкодисперсные взвешенные частицы) [2]. Обсуждается возможность регламентирования этих выбросов наряду с уже

существующими нормативами на эмиссию диоксида углерода, оксидов серы и азота. Для соблюдения экологических требований активно используются экономические факторы воздействия: штрафы за выбросы и сложные системы скидок и компенсаций при внедрении мероприятий, направленных на снижение эмиссии [3].

Выбор рациональных способов повышения эколого-энергетической эффективности, в первую очередь, за счет повышения качества и/или снижения расхода топлив, сжигаемых в котлах и двигателях судовых энергетических установок, и активного внедрения энергосберегающих технологий, является *актуальной* задачей.

Анализ последних исследований и публикаций. Основными параметрами оценки эколого-энергетической эффективности судов на стадии проектирования и эксплуатации являются EEDI и EEOI, соответственно. Это связано с тем, что выбросы диоксида углерода прямо пропорционально зависят от количества топлива (или топлив), используемого на судне, а также от его вида. На данный момент не существует эффективных технологий очистки уходящих газов от CO₂, в отличие от NO_x и SO_x, для уменьшения концентрации которых на судах устанавливают селективные каталитические нейтрализаторы и скрубберы, соответственно. Нельзя снизить эмиссию CO₂ и первичными методами, как например снижение температуры рабочего цикла двигателя (как для NO_x) или очистка топлива от данного компонента (как для серы). Поэтому в большинстве научных публикаций рассматриваются различные способы уменьшения расхода топлива на судах, как единственного действенного способа снижения выбросов парниковых газов.

Комплексное исследование влияния различных параметров судов типа Ro-Ro и RoPax на EEDI приведено в работе, выполненной судостроительной компанией Deltamarin для Европейского агентства морской безопасности (European Maritime Safety Agency – EMSA). В работе приводятся общие рекомендации для снижения выбросов диоксида углерода без численных оценок эффективности предлагаемых мероприятий [4]. В исследовании ИМО при прогнозировании роста эмиссии парниковых газов рассматриваются различные сценарии социально-экономического развития в мире до 2050 г., в ряде которых прогнозируется значительное увеличение доли сжиженного природного газа (СПГ) в общей структуре потребления морских топлив. Активное внедрение СПГ позволит замедлить рост выбросов парниковых газов при непрерывном увеличении мирового флота, по сравнению со сценариями использования нефтяных топлив [2]. Выработка энергии на судне за счет энергии ветра при благоприятных метеорологических условиях позволит сэкономить до 30% топлива согласно данным приведенным японскими учеными, а, следовательно, и снизить эмиссию CO₂ [5]. Компания MAN Diesel and Turbo предлагает решение по улучшению EEDI путем повышения эффективности пропульсивного комплекса, в т.ч. за счет увеличения диаметра гребного винта и варьирования нагрузки главного двигателя (ГД) [6]. Влияние конструктивных характеристик судов на их энергетическую эффективность вследствие изменения сопротивления корпуса рассматривается в работе [7].

Стоит отметить, что в известных публикациях, связанных с данной темой, различные способы снижения эмиссии CO₂ рассматриваются отдельно, а не в комплексе. Не уделяется достаточно внимания таким вариантам снижения атмосферной эмиссии, как использование альтернативных топлив (кроме СПГ) и топливных элементов.

Цель статьи – оценка и сравнение эффективности различных способов повышения эколого-энергетической эффективности морских транспортных судов.

Изложение основного материала. Показатели, влияющие на EEDI, можно разделить на несколько групп: характеристики энергетической установки (мощность главных и вспомогательных двигателей, тип и расход топлива); мореходные характеристики судна (дедвейт или брутто-тоннаж, скорость); ряд безразмерных коэффициентов, учитывающих конструктивные особенности судна, район плавания, наличие инновационных технологий по снижению потерь энергии.

Действие формулы для определения EEDI, разработанной ИМО, распространяется

на такие типы судов: пассажирские, сухогрузы, газозовы, наливные, контейнеровозы, суда типа Ro-Ro, универсальные для перевозки генеральных грузов. Значение индекса энергетической эффективности определяется следующим образом [8]:

$$EEDI = \frac{\left(\prod_{j=1}^M f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^*)}{f_i \cdot f_c \cdot f_l \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w} +$$

$$+ \frac{\left(\left(\prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right) - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot f_c \cdot f_l \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

* если значительная часть потребностей в электроэнергии на судне обеспечивается за счет валогенераторов, то в расчетах SFC_{AE} заменяют соответствующим значением SFC_{ME} .

SFC – удельный эффективный расход топлива на главные (индекс ME) и вспомогательные двигатели (индекс AE), г/(кВт·ч).

$Capacity$ определяется следующим образом: для сухогрузов, танкеров, газозовов, грузовых судов типа Ro-Ro, универсальных судов для перевозки генеральных грузов принимается равной дедвейту, т; для пассажирских судов, в т.ч. и типа Ro-Ro принимается равной валовому регистровому тоннажу, т; для контейнеровозов – 70 % от дедвейта, т.

Другие элементы формулы: C_F – безразмерный коэффициент корреляции между расходом топлива и образующимся при его сжигании в дизельном двигателе CO_2 , величина которого напрямую зависит от содержания углерода; V_{ref} , узлов – скорость судна на глубокой воде при максимально допустимой мощности двигателей; $P_{ME(i)}$, кВт, принимается равной 75 % от номинальной установленной мощности каждого главного двигателя (i -ого) после вычета мощности, подводимой к валогенераторам ($P_{PTO(i)}$); $P_{PTO(i)}$, кВт, принимается равной 75 % от мощности каждого валогенератора (i -ого), деленной на его КПД; $P_{PTI(i)}$, кВт – 75 % от мощности каждого электрогенератора, деленной на среднее значение КПД электрогенераторов; $P_{eff(i)}$, кВт, составляет 75 % от снижения мощности главных двигателей в результате использования инновационных технологий для снижения механических потерь; $P_{AEff(i)}$, кВт, составляет 75 % от снижения мощности вспомогательных двигателей в результате использования инновационных технологий для уменьшения электрических потерь; P_{AE} , кВт – суммарная мощность вспомогательных двигателей, необходимая для обеспечения всех потребителей электрической энергией на ходовом режиме; f_j – поправочный коэффициент, учитывающие специфические конструктивные элементы судна; f_w – безразмерный коэффициент, учитывающий снижение скорости судна при изменении метеоусловий; $f_{eff(i)}$ – коэффициент, учитывающий использование на судне инновационных технологий повышения энергоэффективности; f_i – коэффициент, учитывающий техническую/законодательную необходимость ограничения мощности судна; f_c – коэффициент, учитывающий полноту валового объема грузовых помещений; f_l – коэффициент, используемый для универсальных грузовых судов, оборудованных кранами, для компенсации потерь дедвейта [8].

Стоит отметить следующий немаловажный аспект, заключающийся в том, что требования к индексу энергетической эффективности регулярно уточняются и пересматриваются. Так, например, если в 2009 г. действие EEDI распространялось только на перечисленные выше типы судов исключительно с дизель-механической энергетической установкой, то в требованиях 2014 г. появилось дополнение о расширении действия индекса на LNG-газовозы и круизные пассажирские суда с другими типами пропульсивных установок. В формулу были введены коэффициенты f_c и f_l , а также был расширен список топлив, для которых приводятся данные по C_F , были введены метанол и этанол в дополнении к представленным ранее нефтяным топливам, сжиженным

природному и нефтяному газам [8, 9]. Это свидетельствует о том, что спирты рассматриваются в качестве серьезной альтернативы нефтяным топливам из-за более низкого значения коэффициента C_F (табл. 1) [8].

Таблица 1 – Расчетные значения эмиссии углерода при сжигании различных топлив для определения индекса энергетической эффективности

Топливо	Содержание углерода, % по массе	C_F , ($m CO_2$)/(m топлива)
Дизельное топливо	0,8744	3,206
Газойль (легкое дистиллятное топливо)	0,8594	3,151
Тяжёлое топливо	0,8493	3,114
Сжиженный нефтяной газ (пропан)	0,8182	3,000
Сжиженный нефтяной газ (бутан)	0,8264	3,030
Сжиженный природный газ	0,7500	2,750
Метанол	0,3750	1,375
Этанол	0,5217	1,913

Для каждого типа судов, на которые распространяется действие индекса энергетической эффективности, введены ограничительные кривые на выбросы диоксида углерода, рассчитываемые по формуле: $EEDI = a \cdot b^c$, где b – это дедвейт (сухогрузы, танкеры, газовозы, грузовые суда типа Ro-Ro, универсальные суда для перевозки генеральных грузов) или валовой регистровый тоннаж (пассажирские суда, в т.ч. и типа Ro-Ro), a и c – коэффициенты, значения которых приведены в табл. 2 [10].

Таблица 2 – Коэффициенты для расчета граничных значений EEDI

Тип судна	Коэффициент a	Коэффициент c
Балкеры	961,79	0,477
Газовозы	11200	0,456
Танкеры	1218,8	0,488
Контейнеровозы	174,22	0,201
Универсальные грузовые суда	107,48	0,216
Рефрижераторы	227,01	0,244
Грузопассажирские суда	1218,8	0,488

Планируется, что нормативные требования к эмиссии CO_2 будут вводиться поэтапно в период с 2013 по 2025 г., ужесточаясь на каждом новом этапе (табл. 3) [10].

Таблица 3 – Снижающие факторы для ограничительных кривых EEDI

Тип судна	Дедвейт, m	Этап 0 1/01/2013 – 31/12/2014	Этап 1 1/01/2015 – 31/12/2019	Этап 2 1/01/2020 – 31/12/2024	Этап 3 с 1/01/2025
Балкеры	> 20000	0 %	10 %	20 %	30 %
	10000–20000	–	0–10%	0–20%	0–30%
Газовозы	> 10000	0 %	10 %	20 %	30 %
	2000–10000	–	0–10%	0–20%	0–30%
Танкеры и грузопассажирские суда	> 20000	0 %	10 %	20 %	30 %
	4000–20000	–	0–10%	0–20%	0–30%
Контейнеровозы	> 15000	0 %	10 %	20 %	30 %
	10000–15000	–	0–10%	0–20%	0–30%
Универсальные грузовые суда	> 15000	0 %	10 %	15 %	30 %
	3000–15000	–	0–10%	0–15%	0–30%
Рефрижераторы	> 5000	0 %	10 %	15 %	30 %
	3000–5000	–	0–10%	0–15%	0–30%

На рис. 1–3 приведены расчетные значения EEDI для трех видов транспортных судов, на которые распространяется действие данного коэффициента с ограничительными

кривими (табл. 2) для етапів 0–3 (табл. 3), характеристики судов для були взяті із [11–12]. Для розрахунків і подальшого аналізу були вибрані саме ці дані типи судів, оскільки в відповідності з дослідженнями ІМО в 2012 г. на їх частку пришлося більше всього викидів CO_2 : 124 млн. т – для танкерів, 166 млн. т. – для балкерів і 205 млн. т. – для контейнеровозів [2]. Як видно з рис. 1–3, значення EEDI для більшості танкерів і балкерів не виходять за межі граничних значень на Етапі 0, для контейнеровозів вимогам відповідає менше половини розглянутих судів. Тільки одне судно з представлених, балкер «Forest Venus» на рис. 2, по рівню емісії CO_2 відповідає самим жорстким вимогам Етапу 3. Низьке значення EEDI обумовлено наявністю на судні валогенератора (ВГ) потужністю 2160 кВт, при цьому сумарна потужність дизель-генераторів (ДГ) становить 2400 кВт, т.е. на ходовому режимі при роботі головного двигача при повній навантаженні (номінальна потужність 9370 кВт) потреби судна в електроенергії можуть бути повністю забезпечені за рахунок ВГ без згорання додаткового кількості палива в ДГ [12].

Ісходя з представлених на рис. 1–3 даних інтерес представляє аналіз і порівняння різних варіантів зниження емісії діоксида вуглецю за рахунок варіювання енергетических показателів в формулі для розрахунку EEDI (типа палива, наявності ВГ), а також швидкості.

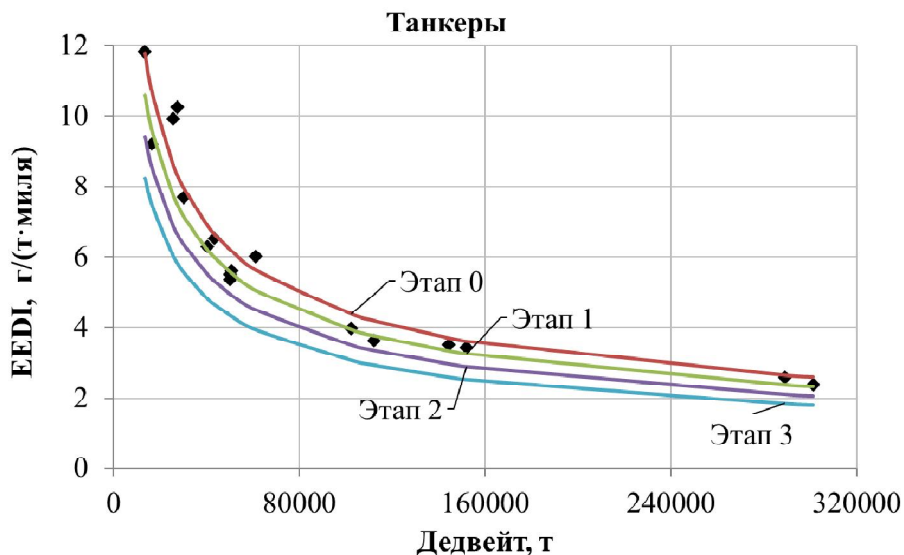


Рисунок 1 – Залежність EEDI від дедвейта для танкерів з обмежувальними кривими

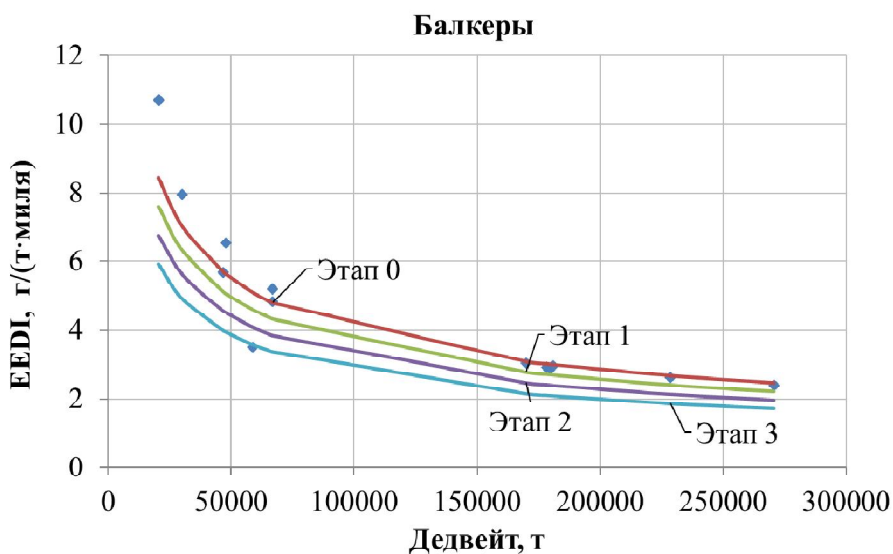


Рисунок 2 – Залежність EEDI від дедвейта для балкерів з обмежувальними кривими

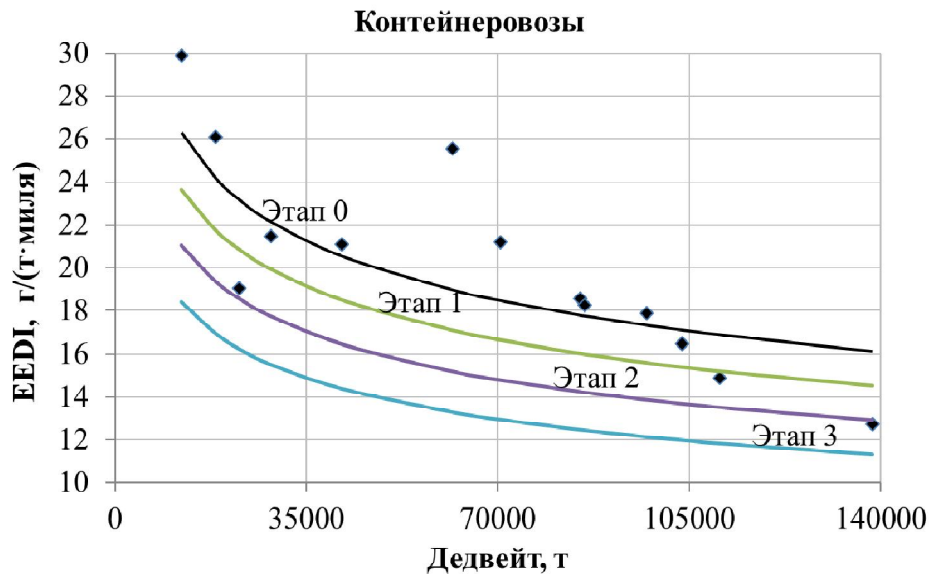


Рисунок 3 – Залежність EEDI від дедвейта для контейнеровозів з обмежувальними кривими

На рис. 4–7 представлені дані по значенням EEDI при різних сценаріях зниження емісії для контейнеровоза «Maersk Weymouth» і балкера «Boasteel Education», характеристики базових варіантів судової енергетическої установки для даних судів приведені в [12]. В якості можливих сценаріїв зниження емісії розглядалась установка ВГ потужністю, рівній одному (для контейнеровоза) або двом ДГ (для балкера), підвищення швидкості на 1 вузол по порівнянню з номінальною, перевід з важкого палива на СПГ (LNG) головних і допоміжних двигателів, перевід ГД на метанол. При зміні типу палива в якості ГД на LNG приймалися двухтопливные двухтактные двигатели MAN серії ME-GI, в якості ДГ – двухтопливные четырехтактные двигатели Wartsila, які знаходяться в серійному виробництві. В 2013 г. компанія MAN анонсувала створення многотопливных двигателей MAN B&W ME-LGI, які можуть працювати на метанолі, етанолі і нафтяному газі [13]. В ряду сценаріїв в якості головних двигателів розглядалися MAN B&W ME-LGI, що працюють на метанолі.

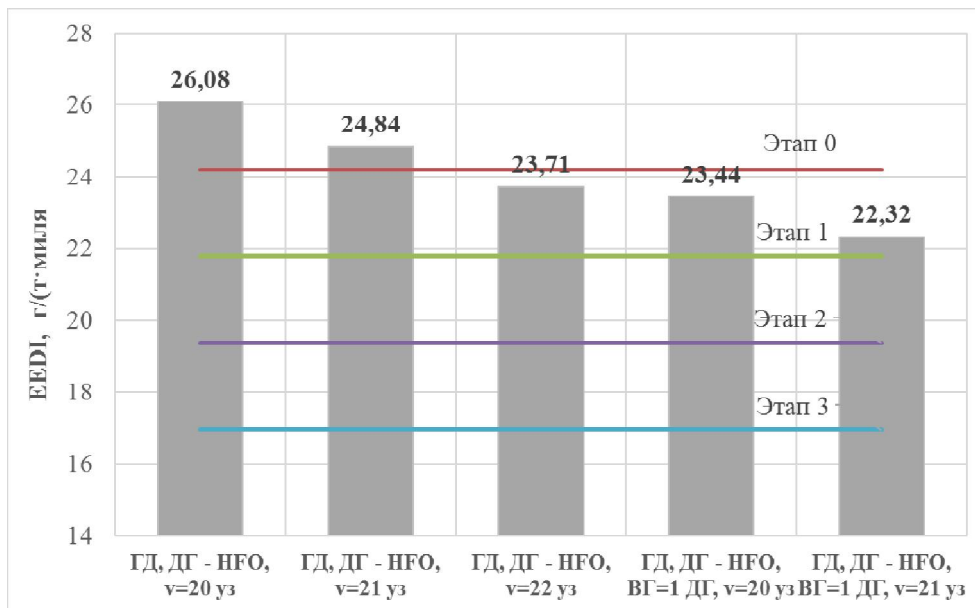


Рисунок 4 – Зміна EEDI контейнеровоза «Maersk Weymouth» при варіюванні швидкістю та установкою валогенератора

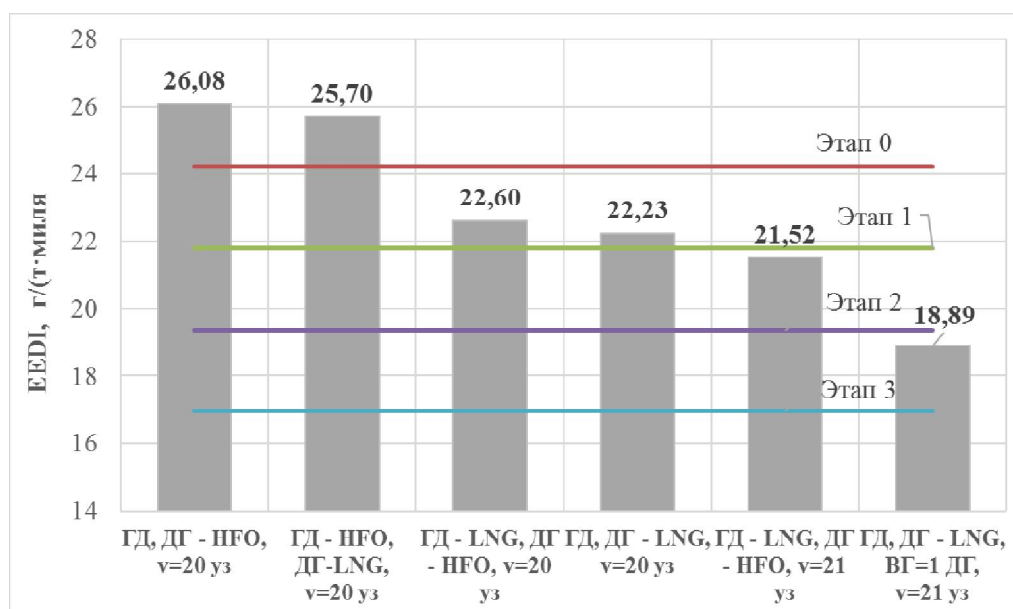


Рисунок 5 – Изменение EEDI контейнеровоза «Maersk Weymouth» при варьировании скоростью, установкой ВГ и заменой HFO на LNG

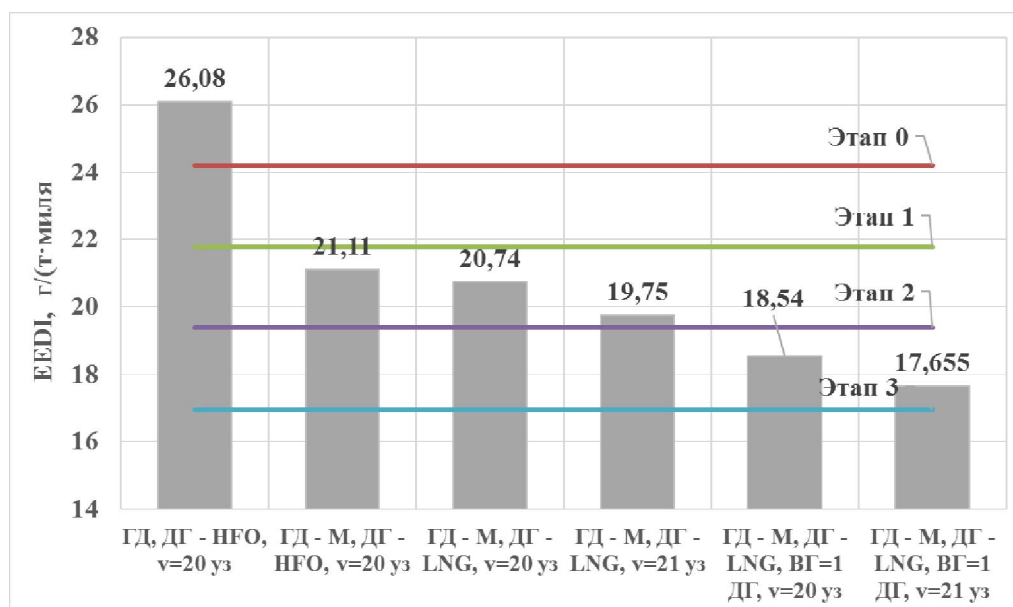


Рисунок 6 – Изменение EEDI контейнеровоза «Maersk Weymouth» при варьировании скоростью, установкой ВГ и заменой HFO на LNG и метанол (М)

Как видно из рис. 4–7 замена нефтяных топлив на альтернативные (LNG или метанол) является эффективным способом снижения диоксида углерода, обеспечивая их соответствие требованиям Этапа 1 (табл. 3). Для достижения требований Этапа 2 дополнительно надо увеличивать скорость и вводить в состав СЭУ валогенераторы (подобные решения требуют отдельной оценки о возможности использования без изменения базовых параметров судна: мощности ГД и дедвейта). Следует отметить, что перечисленных выше мероприятий недостаточно для соответствия самым жестким требованиям Этапа 3. Очевидно, что на судах надо будет предусматривать дополнительные решения для снижения потерь электрической или механической энергии, а также рассматривать варианты получения части энергии без сжигания топлива (используя топливные элементы, солнечные панели, энергию ветра и т.д.).

Стоит отметить, что в структуре EEDI не рассматриваются выбросы вследствие сжигания топлива в котлах, а, следовательно, и возможное снижение эмиссии при внедрении утилизационных технологий. При дальнейшем совершенствовании структуры

коэффициента возможно данные параметры будут учитываться, что также скажется на расчётной величине эмиссии.

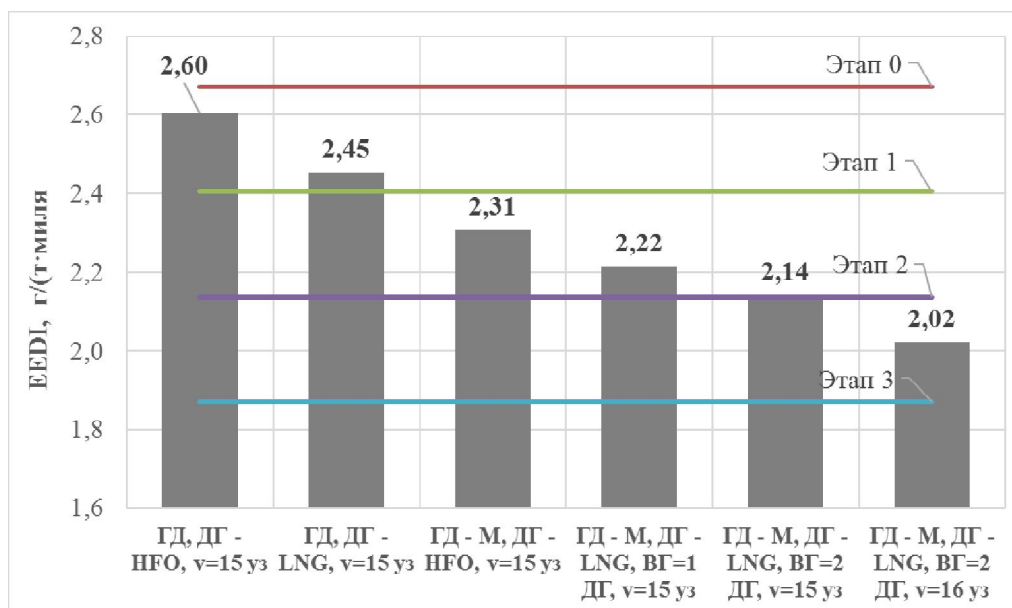


Рисунок 7 – Изменение EEDI балкера «Boasteel Education» при варьировании скоростью, установкой ВГ и заменой HFO на LNG и метанол (М)

Выводы. Проведенный анализ изменений элементов индекса энергетической эффективности судов на стадии проектирования позволил выделить возможные пути снижения выбросов диоксида углерода, исходя из составляющих EEDI, а именно, применение альтернативных топлив: сжиженного природного газа и метанола. Расчет EEDI для трех групп транспортных судов, построенных после 2007 г., показал, что для большинства танкеров и балкеров значения выбросов CO₂ не выходят за нормативные пределы значений на Этапе 0, для контейнеровозов требованиям соответствует менее половины рассматриваемых судов. Расчеты показали, что замена морских нефтяных топлив на сжиженный природный газ или метанол в главных и вспомогательных двигателях судовых энергетических установок позволит судам соответствовать требованиям Этапа 1 по ужесточению EEDI. Для большего снижения выбросов диоксида углерода наряду со сменой топлив следует увеличивать скорость и предусматривать в составе судовых энергетических установок валогенераторы.

Дальнейшие исследования будут связаны с оценкой эффективности других мероприятий, направленных на снижение выбросов диоксида углерода, в частности, использование инновационных технологий по снижению энергетических потерь в пропульсивном комплексе и составе судовой электростанции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горбов, В. М. Суднова енергетика та Світовий океан: підручник / В. М. Горбов, І. О. Ратушняк, С. І. Трушляков, О. К. Чередниченко. – Миколаїв : НУК, 2007. – 596 с.
2. Third IMO GHG Study 2014. Executive Summary and Final Report [Electronic resource]. – London : IMO, 2015. – Mode of access: <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>.
3. Marine NO_x Regulation, Taxes and Incentive Schemes [Electronic resource]. – London: International Association for Catalytic Control of Ship Emissions to Air (IACCSEA), 2015. – Mode of access: http://www.iaccsea.com/fileadmin/user_upload/pdf/local_marine_nox_regulation_taxes_and_incentive_schemes.pdf.
4. Study on Tests and Trials of the Energy Efficiency Design Index as Developed by

the IMO [Electronic resource]. – Raisio (Finland): Deltamarin LTD, 2011. – Mode of access : <http://www.emsa.europa.eu/main/air-pollution/download/1517/1310/23.html>.

5. Sail gets a second wind [Text] // *The Naval Architect*. – 2016. – June. – P. 22–28.
6. MAN takes fuel flexibility to another level [Text] // *The Naval Architect*. – 2013. – March. – P. 26–30.
7. IMO set to decide on ro-ro EEDI fix [Text] // *The Naval Architect*. – 2013. – May. – P. 38–42.
8. Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships [Electronic resource]. – IMO, MEPC.245(66), Annex 5, 2014. – Mode of access: [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/245\(66\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/245(66).pdf).
9. Горбов, В. М. Оценка выбросов диоксида углерода судовыми дизельными установками [Текст] / В. М. Горбов, В. С. Митенкова // *Двигатели внутреннего сгорания*. – 2012. – № 2. – С. 92–95.
10. Implementing Energy Efficiency Design Index [Electronic resource]. – Mumbai: Indian Register of Shipping, 2015. – Mode of access: http://www.irclass.org/files/marine_publications/EEDI_2015.pdf.
11. Significant Ships of 2008 [Text] / [compiler Lingwood J.; editor Knaggs T.]. – London: RINA, 2009. – 118 p.
12. Significant Ships of 2009 [Text] / [editors Savvides N., Fisk S.]. – London: RINA, 2010. – 119 p.
13. ME-LGI Applications [Electronic resource]. – Mode of access: <http://marine.man.eu/two-stroke/2-stroke-engines/me-lgi-engines>.

REFERENCES

1. Gorbov V. M., Ratushnyak I. O., Trushlyakov S. I., Cherednychenko O. K. (2007). *Sudnova enerhetyka ta Svitovyi okean*, Mykolaiv : NUK.
2. *Third IMO GHG Study 2014. Executive Summary and Final Report*. (2015). London : IMO. <http://www.imo.org>. Retrieved from <http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>.
3. *Marine NO_x Regulation, Taxes and Incentive Schemes*. (2015). London : International Association for Catalytic Control of Ship Emissions to Air (IACCSEA). <http://www.iaccsea.com>. Retrieved from http://www.iaccsea.com/fileadmin/user_upload/pdf/local_marine_nox_regulation_taxes_and_incentive_schemes.pdf.
4. *Study on Tests and Trials of the Energy Efficiency Design Index as Developed by the IMO*. (2011). Raisio (Finland) : Deltamarin LTD. <http://www.emsa.europa.eu/> Retrieved from <http://www.emsa.europa.eu/main/air-pollution/download/1517/1310/23.html>.
5. Sail gets a second wind. (2016). *The Naval Architect*, June, 22-28.
6. MAN takes fuel flexibility to another level. (2013). *The Naval Architect*, March, 26-30.
7. IMO set to decide on ro-ro EEDI fix. (2013). *The Naval Architect*, May, 38-42.
8. *Guidelines on the Method of Calculation of the Attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for New Ships*. (2014). IMO, MEPC.245(66), Annex 5. <http://www.imo.org>. Retrieved from [http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/245\(66\).pdf](http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/245(66).pdf).
9. Gorbov V. M., Mitienkova V. S. (2012) Otsenka vybrosov dyoksyda uhleroda sudovymy dyzelnymy ustanovkamy. *Dvyhately vnutrenneho shoranyia*, 2, 92-95.
10. *Implementing Energy Efficiency Design Index*. (2015). Mumbai : Indian Register of Shipping. <http://www.irclass.org>. Retrieved from

http://www.irclass.org/files/marine_publications/EEDI_2015.pdf.

11. Lingwood J., Knaggs T. (Ed.). (2008). *Significant Ships of 2008*. London: RINA.

12. Savvides N., Fisk S. (Ed.). (2009). *Significant Ships of 2009*. London: RINA.

13. ME-LGI Applications. <http://marine.man.eu>. Retrieved from <http://marine.man.eu/two-stroke/2-stroke-engines/me-lgi-engines>.

Горбов В. М., Мітенкова В. С. ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА СПОСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУДЕН

У статті виконано оцінку різних способів покращення еколого-енергетичної ефективності транспортних суден. Головною метою дослідження було порівняння перспективних методів зниження викидів діоксиду вуглецю, які можна впровадити на стадії концептуального проектування, за рахунок впливу на характеристики судових енергетичних установок. З огляду на велику кількість факторів, що визначають параметри судна, для кількісної оцінки енергетичної ефективності необхідно використовувати багатоваріантний техніко-економічний аналіз з розробкою сценаріїв, що включають ймовірні рейсові лінії й можливість використання різних видів палив. У статті наведено розрахункові залежності викидів діоксиду вуглецю від дедвейту для танкерів, балкерів і контейнеровозів, побудованих після 2007 р., з накладенням обмежувальних кривих ІМО для різних етапів впровадження індексу енергетичної ефективності. В якості основних сценаріїв зниження емісії парникових газів для даних груп транспортних суден розглядалося включення валогенераторів до складу пропульсивних установок поряд із заміною нафтових палив в головних і допоміжних двигунах на зріджений природний газ і метанол. Аналіз отриманих розрахункових результатів дав можливість оцінити ефективність даних методів, що використовуються як окремо, так і в комплексі, для зменшення викидів діоксиду вуглецю.

Ключові слова: *двопаливні двигуни, індекс енергетичної ефективності суден, судовий індекс екологічної ефективності, парникові гази, зріджений природний газ, метанол, судові енергетичні установки.*

Gorbov V. M., Mitienkova V. S. COMPARATIVE EVALUATION OF THE METHODS FOR IMPROVEMENT OF SHIPS ENVIRONMENTAL-AND-ENERGY EFFICIENCY

Estimation of different ways to improve the environmental and energy efficiency of transport ships has made in the article. The main purpose of study was to compare perspective methods decreasing carbon dioxide emissions that could be implemented at the stage of conceptual design, through the influence on the characteristics of ship power plants. In view of the large number of factors determining the parameters vessel, to quantify energy efficiency need to use multivariate technical and economic analysis with the development of scenarios including probable Coach Lines and the use different kinds of fuels. The article presents calculated deadweight-dependence of carbon dioxide emissions for tankers, bulk carriers and container ships built after 2007, with imposing of the restrictive IMO curves for different stages of the implementation energy efficiency index. The main scenarios of reducing greenhouse gas emissions for these transport vehicles groups have been considered inclusion of shaft generators into the propulsive units along with the replacement of fuel oil in the main and auxiliary engines to liquefied natural gas and methanol. Analysis of the calculation results has made it possible to assess the effectiveness of these methods used both individually and in combination, to reduce carbon dioxide emissions.

Keywords: *dual-fuel engines, energy efficiency index, environmental ship index, greenhouse gases, liquefied natural gas, methanol, ship power plants.*

© Горбов В. М., Мітенкова В. С.

Статтю прийнято
до редакції 29.10.16

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

ГЛИБОКА ДЕМІНЕРАЛІЗАЦІЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗУ

Політикін Б. М., *д.т.н., професор кафедри «Інформаційних технологій та фізико-математичних дисциплін» Херсонської філії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, E-mail: filipschuk5@gmail.com;*

Шевченко В. В., *к.т.н., професор, завідувач кафедри «Автоматики та електроустаткування», Херсонської філії Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, E-mail: filipschuk5@gmail.com;*

Філіпчук О. М., *старший викладач кафедри «Автоматики та електроустаткування» Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, E-mail: filipschuk5@gmail.com*

Обраний метод електродіалізного опріснення відноситься до області мембранної технології, яка є перспективною для глибокої демінералізації водних розчинів із концентрацією солі в морській воді до 35 г/л і жорсткістю до 120 мг-екв/л (Світовий океан).

Розглянуті два варіанти глибокої демінералізації водних розчинів, один з яких розглядався як знесолення і зм'якшення води Нижньо-Дніпровського басейну для підживлення котлоагрегатів, після капітального ремонту, а другий варіант передбачає опріснення морської води з концентрацією солі від 16 г/л (Чорноморський басейн) і до 35 г/л (Світовий океан). Окрім глибокої демінералізації морської води потрібно врахувати те, що вона являє собою водний розчин багатоконпонентних елементів (виділяють 11 головних компонентів), які є концентрованими електролітами і практично повністю дисоціюють на іони.

Розглянуто три основні розрахункові схеми для опріснення морської води. Із врахуванням глибокої демінералізації водних розчинів, обрана прямоточна схема з прямотечією і протитечією розсолу, які технологічно легко реалізуються на морських судах і відповідають вимогам Регістру. Використання схеми з прямотечією можливо при відносно високому значенні відношення концентрації розсолу та дилуату, що характерно для опріснення морської води. З другої сторони відбір морської води та скид розсолу не порушує екології морів і океанів.

Ключові слова: електродіаліз, демінералізація, турбулізатор, діалізат, розсіл, електродіалізатор.

Вступ. Розробка й удосконалення електродіалізних установок (ЕДУ) універсального типу дозволяє розширити область їх застосування для знесолення й зм'якшення як водних розчинів, так і морської води аж до океанічної з концентрацією розчинених солей до 35 г/л. Забезпечення морських суден прісною водою для технологічних, енерготехнічних та господарсько-побутових потреб є складною науково-технічною задачею від рішення якої залежить рентабельність експлуатації флоту, здоров'є і комфортність умов проживання екіпажу на судах.

Актуальність досліджень. Для ряду посушливих районів зони південно-східної України, а також деяких типів морських суден проблема прісної води залишається актуальною як для рибпромислових баз (р/п) і траулерів, так і для транспортних морських суден. Пошуки більш економічних методів знесолення і зм'якшення води приводять до широкого впровадження мембранних технологій таких як електродіаліз і зворотний осмос, які відрізняються енерговитратами [1].

Постановка завдання досліджень. Аналіз і дослідження перспективних напрямків в області знесолення водних розчинів аж до морської води показав, що найбільш оптимальна концепція мембранного опріснення – електродіаліз. Доцільність опріснення морської води електродіалізом була розглянута авторами [2, 3], які зробили енергетичний і економічний аналіз із оцінкою вартості опріснювальних установок, витрат на амортизацію, паливо та ремонт відповідного класу суден.

Результати досліджень. Вибір системи опріснення на користь електродіалізу в порівнянні з іншими методами мембранної технології проводився на підставі техніко-економічних показників, що відповідають Європейським нормам і стандартам на опріснену воду в тому числі й з позиції охорони навколишнього середовища [4, 5].

На підставі розрахункових і дослідних даних запропонована конструкція ЕДУ прямооточного типу з прямоотоком розсолу, яка представлена на випробувальному стенді (рис.1). Відповідно поставленого завдання: якщо модулі з'єднати послідовно, то на виході ЕДУ одержимо опріснену воду із заданою концентрацією (C , г/л) і жорсткістю (J , мг·екв/л); при паралельному з'єднанні – збільшуємо продуктивність до розрахункового значення (Q , т/доб).

Пропонована методика розрахунків є результатом теоретичних і експериментальних досліджень електродіалізного процесу опріснення й передбачає розрахунок модуля ЕДУ з переривчастими прокладками (ТП), що турбулізують потік в робочих каналах ЕДУ.

Розглянемо два варіанти глибокої демінералізації водних розчинів, один з яких призначений для знесолення і зм'якшення води Нижне-Дніпровського басейну для підживлення котлоагрегатів у процесі заводських випробувань або після капітального ремонту і стосовно до заводських умов на підставі технічного завдання:

- продуктивність модуля $Q = 2$ т/доб;
- вихідна концентрація води Нижне-Дніпровського басейну в залежності від пори року $70 < C_{\text{и}} < 300$ мг/л;
- кінцева концентрація води в тракті знесолення (діалізат) $C_{\text{д}} \leq 5$ мг/л і жорсткість $J \leq 2$ мг·екв/л;
- споживання електроенергії на 1 т опрісненої води не повинне перевищувати $W \leq 200$ Вт/год;
- передбачити фільтр очистки вихідної води у системі водопідготовки ЕДУ;
- автономне тиристорне джерело живлення із плавним регулюванням вихідної напруги й перемикачем полярності напруги на електродах модулів ЕДУ.

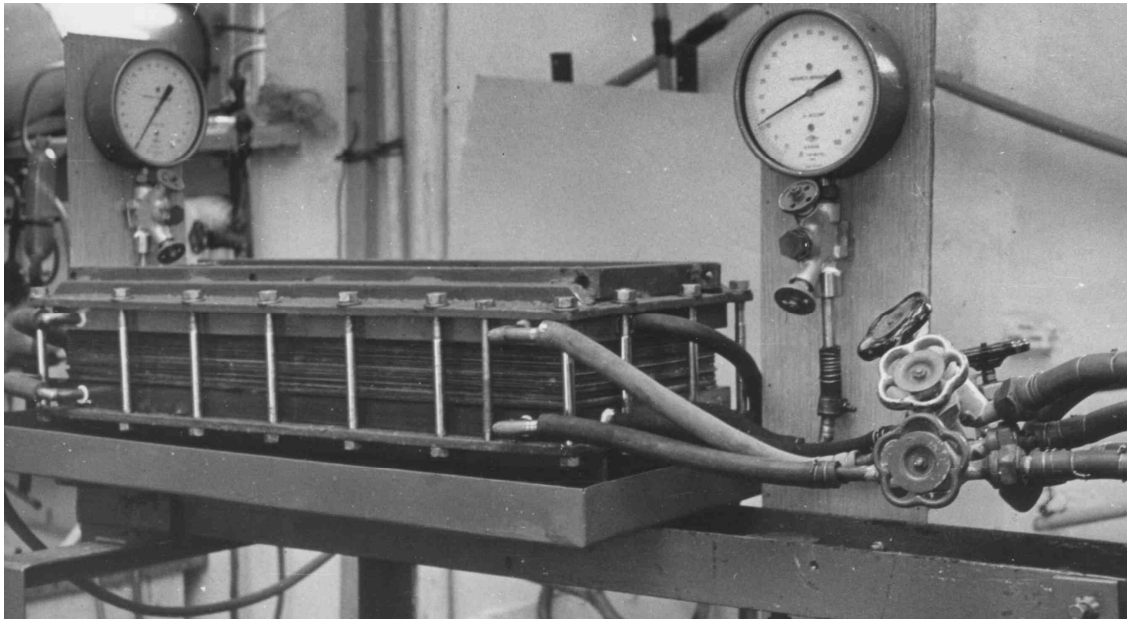


Рисунок 1 – Модуль дослідно-промислового ЕДУ

При вихідній концентрації води ($C_{\text{и}} = 70$ мг/л і $C_{\text{и}} = 300$ мг/л) і до одержання діалізату із заданою концентрацією ($C_{\text{д}} = 5$ мг/л) потрібно глибока демінералізація із кратністю опріснення:

$$\gamma_1 = \frac{C_{\text{и}}}{C_{\text{д}}} = \frac{70}{5} = 14; \quad \gamma_2 = \frac{C_{\text{и}}}{C_{\text{д}}} = \frac{300}{5} = 60. \quad (1)$$

Другий варіант передбачає опріснення морської води з концентрацією солі від 16 г/л (Чорноморський басейн) і до 35 г/л (Світовий океан). Окрім глибокої демінералізації потрібно враховувати те, що вона являє собою водний розчин

багатокомпонентних елементів, які є сильними електролітами і практично повністю дисоціюють на іони (за виключенням борної кислоти). Звичайно виділяють 11 головних компонентів суміші у морській воді [6], вказаних у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні компоненти морської води

№ п/п	Компоненти суміші	Хімічна формула	Відношення маси компоненту до загальної маси суміші
1.	Хлоридні іони	Cl^-	0,550145
2.	Сульфатні іони	SO_4^{2-}	0,077102
3.	Гідрокарбонатні іони	HCO_3^-	0,004048
4.	Бромідні іони	Br_2^-	0,001916
5.	Молекули борної кислоти	H_3BO_3	0,000727
6.	Фторидні іони	F^-	0,000037
7.	Іони натрію	Na^+	0,305963
8.	Іони магнію	Mg^{2+}	0,036789
9.	Іони кальцію	Ca^{2+}	0,011703
10.	Іони калію	K^+	0,011345
11.	Іони стронцію	St^{2+}	0,000226

Як видно з таблиці, в основному переважають іони хлору (Cl^-) і натрію (Na^+), що і визначає загальний солевміст ($NaCl$) морської води і в кількісному співвідношенні є переважаючим, складає 85,5% від суми всіх основних іонів розчинених солей. Під кількістю хлору та натрію у морській воді розуміють число грамів Cl^- і Na^+ , еквівалентне кількості галогенів, що містяться у морській воді. Загальний солевміст розраховується за допомогою таблиць Кнудсена по знайденій кількості хлору. Залежність між вмістом хлору і величиною солоності визначається співвідношенн:

$$S\% = 1,80655Cl \text{ (} \text{‰} \text{)}.$$

Солоність (S) є безрозмірною величиною і звичайно виражається в тисячних частках – проміле (‰) і в морській воді Світового океану різниться. Так у Чорному морі $15 \div 33 \text{ ‰}$, Балтійському $3 \div 20 \text{ ‰}$. Якщо не приймати до уваги солоність внутрішніх морів, то за незначним виключенням солоність Світового океану змінюється в межах від 16 до 38 ‰ .

Друга проблема при опрісненні морської води це висока жорсткість, яка в основному зумовлена вмістом в воді іонів кальцію Ca^{2+} і магнію Mg^{2+} . Загальну жорсткість води \mathcal{J} (мг·екв) можна розрахувати за формулою:

$$\mathcal{J} = \frac{Ca^{2+}}{20,04} + \frac{Mg^{2+}}{12,16},$$

де Ca^{2+} і Mg^{2+} – концентрація відповідно іонів Ca^{2+} і Mg^{2+} у морській воді, мг/л.

За величиною жорсткості природну воду поділяють на дуже м'яку – з жорсткістю до 1,5 мг·екв/л, м'яку – з жорсткістю від 1,5 до 4,0 мг·екв/л, середньої – з жорсткістю від 4,0 до 8,0 мг·екв/л, жорстку – з жорсткістю від 8,0 до 12,0 мг·екв/л і дуже жорстку – з жорсткістю більше 12,0 мг·екв/л. Але особливо великою жорсткістю володіють моря та океани. Так, загальна жорсткість води у Чорному морі складає 65 мг·екв/л, а в океанах – 130 мг·екв/л. Наприклад, згідно санітарних норм солоність і жорсткість води для господарсько-побутових питних потреб не повинна перевищувати 0,5 г/л і 7,0 мг·екв/л, відповідно.

Враховуючи, що кратність опріснення в обох випадках висока й залежить від вихідної концентрації води Нижне-Дніпровському басейні або морської води, необхідна розробка універсального модуля за допомогою яких можна нарощувати продуктивність ЕДУ й здобувати необхідну кратність опріснення, згідно санітарних норм на солоність і жорсткість води

Практика проектування ЕДУ виявила кілька розрахункових схем для глибокої демінералізації водних розчинів, вибір яких залежить від розрахункової концентрації і продуктивності електродіалізних установок. До них відносяться:

- циркуляційна (порційна), схема застосовується, як правило, в установках продуктивністю до $500 \text{ м}^3/\text{доб}$;

- прямооточна схема з прямооточією розсолу, що використовується при будь-якій продуктивності;

- прямооточна схема з протитечією розсолу, на відміну від попередньої схеми має більш рівномірне співвідношення концентрації розсолу та дилюату.

В практиці електродіалізного методу опріснення використовують ще кілька схем, але вони є похідними від трьох основних.

Для опріснення морської води була обрана прямооточна схема, яка має ряд переваг:

- простота використання прямооточних технологічних схем як з прямооточією, так і протитечією розсолу;

- можливість використання з заданою продуктивністю та концентрацією дилюату на виході тракту знесолення;

- використання схеми з протитечією розсолу можливо при відносно високому значенні відношення концентрації розсолу та дилюату, що характерно для опріснення морської води;

- відбір морської води та скид розсолу води не порушує екології навколишнього середовища.

Тому що вагогабаритні показники модуля ЕДУ не передбачені в технічному завданні, то вагогабарити модуля вибираємо виходячи з стандартних розмірів іонітових мембран марки МА-40 і МК-40 з урахуванням конструкції корпусної рамки, тобто:

$$l \times b \times h = (0,75 \times 0,35 \times 4 \cdot 10^{-3}) \text{ м},$$

де l – довжина, b – ширина, h – висота корпусних рамок і прийнята відповідно до товщини переривчастих ТП.

Активна площа іонообмінних мембран визначалася внутрішніми розмірами корпусної рамки ($l_a \times b_a$), тоді перетин робочих камер визначається через добуток $S_k = b_a \times h$, а еквівалентний діаметр по формулі:

$$d_e = 4S_k / \Pi,$$

де Π – внутрішній периметр корпусної рамки.

Якщо продуктивність по діалізату Q_d згідно технічного завдання відома, розрахункова швидкість протікання розчину в робочих каналах дорівнює:

$$v_{cp} = \frac{Q_d \varepsilon}{S_k},$$

де $\varepsilon = 1,2$ – коефіцієнт стиснення, на який збільшується швидкість розчину в каналі при введенні переривчастих ТП.

На підставі розрахункових даних отримана формула для визначення розрахункової концентрації в камері, що знесолує за однократний прохід розчину при наявності переривчастих ТП. При вихідній концентрації на вході камери, що знесолує, C_{in} ,

то розрахункова концентрація діалізату на виході, при однократному проході визначається по формулі:

$$C_p = C_u \rho_{cp}^{(k)} = C_u \rho_{cp} (\rho_{cp} \cdot \omega)^{k-1}, \quad (2)$$

де k і $k-1$ – кількість ділянок і турбулізаторів в робочому каналі відповідно.

Знаючи кратність опріснення при однократному проході діалізату через камеру, що знесолює, геометричні параметри робочого каналу й середньо витратну швидкість можна визначити продуктивність електродіалізного осередку універсального модуля:

$$Q_1 = \frac{b_a \cdot h \cdot \varepsilon \cdot v_{cp}}{m}, \quad (3)$$

Число пар каналів у модулі опріснювача можна визначити через відношення:

$$n = Q_D / Q_Y.$$

Вольт-амперні параметри ухвалювалися на підставі розрахункових і дослідних даних, які визначалися з закону Фарадея з урахуванням розрахункової концентрації C_p :

$$I = \frac{26,8 \cdot Q \cdot C}{S \cdot \eta \cdot n_p}, \quad (4)$$

де S – робоча площа іонітових мембран; η – коефіцієнт виходу по струму; n_p – число робочих каналів.

Напруга на електродах модуля ЕДУ залежить в основному від розрахункової щільності струму $j_p = I/s$ і визначається на підставі II-го закону Кирхгофа:

$$U = \Delta U_\varepsilon + nE_m + S \cdot n \cdot r_\varepsilon \cdot j_p,$$

де $\Delta U_\varepsilon = 3-4$ В, спадання напруги на електродах; E_m і r_ε – мембранний потенціал і опір осередку визначалися згідно вказівки з розрахунку й проектуванню ЕДУ.

Питомі витрати електроенергії на перенос 1 кг солі в процесі знесолення розчину складе:

$$W = \frac{U \cdot I_{np}}{Q \cdot (C_H - C_K)}, \text{ кВт/ч,}$$

де U – напруга на електродах модуля ЕДУ; Q – об'ємна витрата водного розчину; I_{np} – граничний струм, визначався за методикою Кауна-Брауна [7] й коректувався по зміні реакції розчину рН та виходу за струмом η .

Аналіз дослідних даних показує, що питома знімання солі в електродіалізному осередку опріснювача відповідає розрахунковим показникам і має оптимальне співвідношення для електродіалізу.

Висновки:

1. Електродіаліз – універсальний метод знесолення і зм'якшення солоної води аж до морської з концентрацією розчинених солей до 35 г/л.

2. Даний метод опріснення можна використовувати як для підживлення промислових і суднових енергоустановок, так і для виробництва прісної води на господарсько-побутові потреби екіпажу судна.

3. Із метою оптимізації процесу опріснення електродіаліз можна використовувати в комплексі зі зворотним осмосом, що підвищує ефективність процесу опріснення при глибокій демінералізації морської води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шевченко В. В. Анализ и оценка целесообразности внедрения мембранной технологии в судовой энергетике / В. В. Шевченко, А. Н. Филиппук, В. В. Покорный // Судовые энергетические установки : научно-технический сборник. – Одесса : ОНМА, 2006. – Вып. 16. – С. 24–31.
2. Pilat B.V. Electrodialysis concept in Desalination and New Units / B. V. Pilat // Membrane Technology for Wastewater Reclamation and Reuse. – Tel-Aviv, Israel, 9-13 September, 2002, p. 348-357.
3. Слесаренко В. Н. Опреснение морской воды. / В. Н. Слесаренко. – М. : Энергоатомиздат, 1991. – 278 с.
4. Гимпель Р. М. Совершенствование судовой системы автономного питьевого водоснабжения / [Р. М. Гимпель, Н. В. Чхеидзе, Е. М. Балавадзе, И. М. Цейтлин] // Збірник наук. праць НУК. – Миколаїв : НУК, 2005. – № 4 (403). – С. 106–112.
5. Зубрилов С. П. Охрана окружающей среды при эксплуатации судов / С. П. Зубрилов, Ю. Г. Ищук, В. И. Косовский. – Л. : Судостроение, 1989. – 256 с.
6. Каменкович В. М. Океанология: Физика океана. Т.1. Гидрофизика океана / Под ред. В. М. Каменковича, А. С. Моница. – М. : Наука, 1978. – 456 с.
7. Cowan D.A. Effect of turbulence on limiting current in electrodialysis cells. / D. A. Cowan, J. H. Brown. – Ind. Eng. Chem, 1959, vol.51, №12, pp. 1445–1448.

REFERENCES

1. Shevchenko V.V. *Analiz i ocnka celesoobraznosti vnedrenija membrannoj tehnologii v sudovoj jenergetike* [The analysis and an assessment of expediency of introduction of membrane technology in ship power of] / Shevchenko V.V., Filipshhuk A.N., Pokornyj V.V. // *Sudovye jenergeticheskie ustanovki: nauchno-tehnicheskij sbornik*. Vyp. 16. – Odessa: ONMA, 2006. – s. 24 – 31.
2. Pilat B.V. *Electrodialysis concept in Desalination and New Units* [Electrodialysis concept in Desalination and New Units] / Pilat B.V. // *Membrane Technology for Wastewater Reclamation and Reuse*. – Tel-Aviv, Israel, 9-13 September, 2002, p. 348-357.
3. Slesarenko V.N. *Opresnenie morskoy vody* [Desalting of sea water] / Slesarenko V.N. – M.: Jenergoatomizdat, 1991. – 278 s.
4. Gimpel' R.M. *Sovershenstvovanie sudovoj sistemy avtonomnogo pit'evogo vodosnabzhenija* [Improvement of ship system of autonomous drinking water supply] / Gimpel' R.M., Chheidze N.V., Balavadze E.M., Cejtlin I.M. // *Zb. nauk. prac' NUK*, – Mikolaïv: NUK, 2005. – № 4(403). – s.106-112.
5. Zubrilov S.P. *Ohrana okruzhajushhej sredy pri jekspluatacii sudov*. [Environmental protection at operation of vessels] / Zubrilov S.P., Ishhuk Ju.G., Kosovskij V.I. – L. : Sudostroenie, 1989. – 256 s.
6. Kamenkovich V. M. *Okeanologija: Fizika okeana. T.1. Gidrofizika okeana*. [Okeanologiya: Physics of the ocean. T.1. Ocean hydrophysics.] / Pod red. Kamenkovicha V.M., Monina A.S. – M. : Nauka, 1978. – 456 s.
7. Cowan D. A. *Effect of turbulence on limiting current in electrodialysis cells*. [Effect of turbulence on limiting current in electrodialysis cells] / Cowan D. A., Brown J.H. – Ind. Eng. Chem, 1959, vol.51, №12, pp. 1445 – 1448.

Политыкин Б. М., Шевченко В. В., Филиппук А. Н. ГЛУБОКАЯ ДЕМИНЕРАЛИЗАЦИЯ МОРСКОЙ ВОДЫ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Выбранный метод электродиализного опреснения относится к области мембранной технологии, которая является перспективной для глубокой деминерализации водных растворов с концентрацией соли в морской воде до 35 г/л и жёсткостью до 120 мг-экв/л (Мировой океан). Изучены два варианта глубокой деминерализации водных растворов, один из которых рассматривался как обессоливание и умягчение воды Нижне-Днепровского бассейна, для подпитки котлоагрегатов после капитального ремонта, а второй вариант предусматривал опреснение

морской воды с концентрацией соли от 16 г/л (Черноморский бассейн) и до 35 г/л (Мировой океан). Помимо глубокой деминерализации морской воды необходимо учитывать то, что она представляет собой водный раствор многокомпонентных элементов (выделяют 11 главных компонентов), которые являются концентрированными электролитами и практически полностью диссоциируют на ионы.

Рассмотрены три основные расчетные схемы для опреснения морской воды. С учетом глубокой деминерализации водных растворов выбрана прямоточная схема с прямотоком и противотоком рассола, которые технологически легко реализуются на морских судах и соответствуют требованиям Регистра. Использование прямоточной схемы возможно при относительно высоком отношении концентрации рассола к дилуату, что характерно для опреснения морской воды. С другой стороны отбор морской воды и сброс рассола не нарушает экологии морей и океанов.

Ключевые слова: электродиализ, деминерализация, турбулизатор, диализат, рассол, электродиализатор.

Politykin B. M., Shevchenko V. V., Filipshchuk O. M. DEEP DEMINERALIZATION OF SEA WATER BY THE ELECTRODIALYSIS METHOD

The chosen method of the electro dialysis desalting belongs to the area of membrane technology which is perspective for deep demineralization of water solutions with concentration of salts in sea water to 35 g/l and rigidity to 120 mg-ekv/l (World Ocean).

Two options of deep demineralization of water solutions were considered: one of which was considered as an desalination and softening of water of the Lower-Dneprovsky pool, for feed of package boilers after capital repairs was considered; the second option provides desalting of sea water with concentration of salt from 16 g/l (The Black Sea basin) and to 35 g/l (World Ocean). Besides the deep demineralization of sea water it is necessary to consider that it represents water solution of multicomponent elements (there are 11 main components), which are the concentrated electrolytes almost completely dissociate on ions.

Three main settlement schemes for desalting of sea water are considered. Taking into account deep demineralization of water solutions the direct-flow scheme with a direct-flow and countercurrent of brine solution which is technologically easily realized on sea vessels and is chosen to conform requirements of the Register. The use of the direct-flow scheme is possibly at rather high relation of concentration of brine solution to the dilute what is characteristic for desalting of sea water. From the other side selection of sea water and dumping of brine solution does not break ecology of seas and oceans.

Keywords: *electrodialysis, demineralization, energizer, dialysis, brine solution, desalting, electro dialysis.*

© Політикін Б. М., Шевченко В. В., Філіпшук О. М.

Статтю прийнято
до редакції 05.07.15

УДК 629.439

ГИБРИДНАЯ ПАРАДИГМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЯГОВОЙ СИЛЫ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА

Поляков В. А., к.т.н., старший научный сотрудник Института транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины (г. Днепр), E-mail: p_v_a_725@mail.ru;

Хачапуридзе Н. М., к.т.н., с.н.с., заместитель директора по научной работе Института транспортных систем и технологий Национальной академии наук Украины (г. Днепр), E-mail: itst@westa-inter.com.

Реализация тяги (РТ) двигателем магнитолевитирующего поезда (МЛП) происходит в процессе преобразования подводимой электрической энергии в кинетическую при взаимодействии магнитных полей индуктора и якоря. Исходя из этого, целью настоящего исследования является получение корректного описания такого энергопреобразования. На современном этапе, основным и наиболее универсальным инструментом анализа и синтеза процессов и систем является их математическое и, в частности, компьютерное моделирование. В то же время, радикальные преимущества этого инструмента делают ещё более важной прецизионность выбора конкретной методики проведения исследования. Особую актуальность это имеет по отношению к столь большим и сложным системам, какими являются МЛП. По этой причине, в работе особое внимание уделено аргументированному обоснованию выбора селективных особенностей исследовательской парадигмы. Результаты анализа существующих версий модели процесса РТ свидетельствуют о том, что каждая из них, наряду с преимуществами, обладает и существенными недостатками. В связи с этим, одним из основных результатов исследования должно быть построение математической модели указанного процесса, сохраняющей преимущества упомянутых версий, но свободной от их недостатков. В работе аргументировано обоснована рациональность применения для целей исследования РТ двигателя поезда гибридной парадигмы, ассимилирующей преимущества теорий электрических цепей и магнитного поля. Приоритетность создания такой парадигмы, а также соответствующей версии модели РТ составляют научную новизну исследования. Основным проявлением практической значимости работы является возможность, в случае использования её результатов, существенно повышения эффективности динамических исследований МЛП при одновременном неповышении их ресурсоёмкости.

Ключевые слова: магнитолевитирующий поезд, линейный синхронный двигатель, реализация тяги, гибридная холистическая парадигма исследования, математическая модель.

Введение. Во многих случаях для целей тяги магнитолевитирующих поездов (МЛП) целесообразно использовать линейные синхронные двигатели (ЛСД) [1, 12, 13]. Процессы, протекающие в их различных элементах, взаимосвязаны и являются частями единого суперпроцесса электромагнитно-механического энергопреобразования. Существенная сложность таких процессов побуждает исследователей к поиску путей сепаратного изучения их отдельных компонентов, ключевым из которых является электромагнитный. Его составляющие порознь с успехом могут изучаться [2, 14, 15] в рамках теорий электрических цепей, либо электромагнитного поля. Поэтому, различные версии математической модели (ММ) тяговой силы (ТС) ЛСД МЛП строились [3, 4, 16] исходя из указанных автономных парадигм его моделирования.

Актуальность исследования. Результаты анализа свойств имеющихся версий ММ ТС МЛП свидетельствуют о том, что каждая из них обладает как преимуществами, так и недостатками. Первая из упомянутых версий модели (построенная в рамках парадигмы теории электрических цепей) обладает достаточно широкими функциональными возможностями. Однако, её основным недостатком является наличие в её дифференциальных уравнениях коэффициентов (соответствующих собственным и взаимным индуктивностям контуров фаз якоря, а также взаимным индуктивностям таких контуров с контурами возбуждения), значения которых периодически изменяются в зависимости от положения муфтера (подвижных частей ЛСД). Это существенно затрудняет решение задач описываемой динамики [5], радикально снижая практическую ценность версии. Версия же ММ, исходящая из парадигмы теории поля, менее ресурсоёмка,

однако и менее практична. Последнее – следствие существенной ограниченности её общности, вызываемой недостаточной адекватностью исходных предпосылок, принятых при построении этой версии модели. Изложенные соображения выявляют [6] актуальность создания гибридной холистической парадигмы (ГХП) построения ММ ТС МЛП, ассимилирующей достоинства теорий цепей и поля и, в то же время, максимально свободной от их недостатков.

Постановка задачи. Создание такой ГХП, а также построение, в рамках этой парадигмы, ММ ТС МЛП являлось основной задачей настоящей работы.

Методика исследования. Тяга ЛСД является результатом взаимодействия, неподвижных друг относительно друга, магнитных полей токов его индуктора и якоря. Поэтому, при построении искомой ММ ТС, в качестве его паттерна должен быть принят элементарный акт такого взаимодействия, который может быть описан выражением закона Ампера [7]:

$$f_{\lambda\chi} = l_{\lambda\chi} \cdot i^{\lambda} \cdot B_{\lambda\chi} \cdot \sin \alpha_{\lambda\chi}, \quad (1)$$

где $f_{\lambda\chi}$ – сила, взаимодействия полей, создаваемых токами, текущими в цепях χ -го прямолинейного элемента λ -го контура индуктора двигателя и его якоря; $l_{\lambda\chi}, i^{\lambda}, B_{\lambda\chi}, \alpha_{\lambda\chi}$ – длина упомянутого элемента, ток в нём, индукция (условно однородного – в пределах элемента) магнитного поля, в котором элемент находится, а также угол между i^{λ} и $\overline{B_{\lambda\chi}}$.

Расчётные схемы обмоток возбуждения и якоря двигателя приняты, соответственно, в виде набора гальванически не связанных токопроводящих прямоугольных рамок, соответствующих контурам криомодулей, и трёхфазной электрической сети, каждой фазе которой соответствует отдельный контур. Тогда, в произвольный момент времени, тяга двигателя определима как векторная сумма величин $\overline{f_{\lambda\chi}} \forall \lambda \in [1, M], \chi \in [1, 4]$, каждая из которых, – это результат взаимодействия поля тока в одном из упомянутых прямолинейных элементов контуров возбуждения с полем, создаваемым токами якорной обмотки. В последнем выражении, N – число контуров возбуждения двигателя.

Электродинамика двигателя может быть описана уравнениями второго закона Кирхгофа [7]. Подсистема «контур возбуждения – якорная обмотка», как правило, вырождена [8] – ёмкостные показатели её элементов пренебрежимо низки. Потому, в инерциальной системе отсчёта $Q_i^v \forall v \in [A, B, C, M]$, указанным уравнениям может быть придан вид [7]:

$$u_{\rho} = L_{\rho} \cdot \frac{d}{dt} i^{\rho} + L_{\rho\mu} \cdot \frac{d}{dt} i^{\mu} + r_{\rho} \cdot i^{\rho} \forall \rho, \mu \in [A, B, C, M], \quad (2)$$

где $u_{\rho}, L_{\rho}, L_{\rho\mu}, r_{\rho} \forall \rho, \mu \in [A, B, C, M]$ – электродвижущие силы (э. д. с.) источников, собственные и взаимные индуктивности, а также омические сопротивления элементов описываемой парциальной подсистемы; $i^{\rho} \forall \rho \in [A, B, C, M]$ – токи в контурах якоря и возбуждения; A, B, C, M – индексы, соответствующие этим контурам; t – текущее время.

Поскольку муfter ЛСД движется относительно его статора, то многие из величин $L_{\rho\mu} \forall \rho, \mu \in [A, B, C, M]$ имеют переменные во времени значения. Это, в свою очередь, приводит к нестационарности коэффициентов уравнений (2) и, как отмечено, существенно снижает практическую ценность версии модели. С целью устранения указанного недостатка, ТС ЛСД следует рассматривать относительно координатной системы, в которой обмотки двигателя условно взаимно неподвижны. В таком качестве, удобнее

всього принять [5] отсчётную систему $C_\alpha \eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1,3}]$, жёстко связанную с α -тым контуром обмотки возбуждения двигателя. Инерциальной $C_\alpha \eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1,3}]$, в общем случае, не является. В то же время, весьма желательно [9], чтобы уравнения, описывающие динамику электрической подсистемы ЛСД в координатах $\eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1,3}]$, имели тензорный характер. Такие уравнения могут быть получены [10] из равенств типа (2) путём замены в них локальных производных $\frac{d}{dt}$ абсолютными $\frac{D}{dt}$, а также перехода в этих равенствах к координатам $\eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1,3}]$. По отношению к произвольному вектору η^β , соотношение между упомянутыми производными, как известно, имеет вид [10]:

$$\frac{D}{dt} \eta^\beta = \frac{d}{dt} \eta^\beta + e_{\beta\kappa\nu} \cdot \omega_\kappa \cdot \eta^\nu, \quad (3)$$

где $e_{\beta\kappa\nu}$, ω_κ – символ Леви-Чивита, а также вектор угловой скорости вращения $C_\alpha \eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1,3}]$.

После осуществления указанной замены производных, соотношения, полученные из (2), приобретают тензорный характер. Поэтому, в частности, их форма становится инвариантной по отношению к координатам, в которых они записаны. Переход же к координатам $\eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1,3}]$ выполняется согласно выражениям:

$$\eta^\lambda = \mathcal{G}_\rho^\lambda \cdot i^\rho \forall \rho \in [A, B, C, M]; \lambda \in [\overline{1,3}], \quad (4)$$

где \mathcal{G}_ρ^λ – матрица преобразования координат:

$$\mathcal{G}_\rho^\lambda = \frac{\partial \eta^\lambda}{\partial i^\rho} \forall \rho \in [A, B, C, M]; \lambda \in [\overline{1,3}]. \quad (5)$$

В свою очередь, выражения для связей вида:

$$\eta^\lambda = \eta^\lambda(i^\rho) \forall \rho \in [A, B, C, M]; \lambda \in [\overline{1,3}] \quad (6)$$

могут быть получены исходя из того, что [5], в процессе описываемого координатного преобразования, одним из его инвариантов являются, в частности, амплитудные значения токов, протекающих в рассматриваемых контурах.

С помощью же матрицы:

$$\mathcal{G}_\lambda^\rho = \frac{\partial i^\rho}{\partial \eta^\lambda} = (\mathcal{G}_\rho^\lambda)^T \forall \rho \in [A, B, C, M]; \lambda \in [\overline{1,3}], \quad (7)$$

осуществимо обратное преобразование:

$$i^\rho = \mathcal{G}_\lambda^\rho \cdot \eta^\lambda \forall \rho \in [A, B, C, M]; \lambda \in [\overline{1,3}]. \quad (8)$$

После описанных преобразований, уравнения (2) приобретают вид:

$$u_\lambda = L_\lambda \cdot \left(\frac{d}{dt} \eta^\lambda + e_{\lambda\alpha\nu} \cdot \omega_\alpha \cdot \eta^\nu \right) + L_{\lambda\zeta} \cdot \left(\frac{d}{dt} \eta^\zeta + e_{\zeta\alpha\sigma} \cdot \omega_\alpha \cdot \eta^\sigma \right) + r_\lambda \cdot \eta^\lambda; \quad (9)$$

$$\forall \lambda, \nu, \zeta, \sigma \in [\overline{1,3}].$$

Таким образом, уравнения (9) имеют постоянные коэффициенты, являются тензорными и описывают электродинамику ЛСД в координатах $\eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1,3}]$. После их (как правило – численного) разрешения относительно переменных $\eta^\lambda \forall \lambda \in [\overline{1,3}]$,

последние, с использованием соотношений (8), могут быть преобразованы в координаты $i^{\rho} \forall \rho \in [A, B, C, M]$, значения которых определяют реальные токи в контурах двигателя.

Магнитная цепь ЛСД предполагается ненасыщенной [3]. Поэтому она может считаться условно-линейной подсистемой и, следовательно, к ней применим принцип аддитивности. Исходя из этого, результирующее поле фазы якорной обмотки двигателя в любой точке геометрического пространства $O\Xi_{\chi} \forall \chi \in [1, 3]$, в котором реально движется муутер относительно статора, может описываться как сумма полей, создаваемых в этой точке отдельными катушками такой фазы:

$$B_{\alpha q} = B_{\alpha \kappa q} \cdot e^{\kappa}; e^{\kappa} = 1 \forall \kappa \in [1, n_p], q \in [1, 3], \quad (10)$$

где n_p – число прямоугольных катушек [1], включённых в каждую из фаз якоря; $B_{\alpha q}, B_{\alpha \kappa q} \forall \kappa \in [1, n_p]; q \in [1, 3]$ – пространственные компоненты индукции поля, создаваемого всей обмоткой фазы α якоря, а также её отдельными катушками в рассматриваемой точке этого пространства.

В свою очередь, величины $B_{\alpha \kappa q} \forall \kappa \in [1, n_p]; q \in [1, 3]$ определимы выражениями [11]:

$$B_{\alpha \kappa 1} = -\frac{i^*}{4 \cdot \pi} \cdot \left\{ \left[F_{12}(k_1', \varphi', \eta) + F_{12}(k_3', \varphi', \eta) \right]_{\varphi_1=x_0-l}^{\varphi_2=x_0-l+d} - \left[F_{12}(k_2', \psi', \eta) + F_{12}(k_4', \psi', \eta) \right]_{\psi_1=x_0+l}^{\psi_2=x_0+l+d} \right\}_{\eta_1=z_0+h}^{\eta_2=z_0-h};$$

$$B_{\alpha \kappa 2} = -\frac{i^*}{4 \cdot \pi} \cdot \left\{ \left[F_{12}(k_1, \varphi, \eta) + F_{12}(k_4, \varphi, \eta) \right]_{\varphi_1=x_0+l}^{\varphi_2=y_0+a+d} - \left[F_{12}(k_2, \psi, \eta) + F_{12}(k_3, \psi, \eta) \right]_{\psi_1=y_0+a}^{\psi_2=y_0+a+d} \right\}_{\eta_1=z_0+h}^{\eta_2=z_0-h};$$

$$\left\{ F_{12}(k, \varphi, \eta) \right\}_{\eta_1=z_0+h}^{\eta_2=z_0-h} = \left\{ \eta \cdot \arctg \frac{k \cdot \varphi - \eta^2}{\eta \cdot \sqrt{(k+\varphi)^2 + \varphi^2 + \eta^2}} - \varphi \cdot \operatorname{arsh} \frac{k+\varphi}{\sqrt{\varphi^2 + \eta^2}} - \frac{k}{\sqrt{2}} \cdot \operatorname{arsh} \frac{k+2 \cdot \varphi}{\sqrt{k^2 + 2 \cdot \eta^2}} \right\}_{\eta_1=z_0+h}^{\eta_2=z_0-h};$$

$$B_{\alpha \kappa 3} = -\frac{i^*}{4 \cdot \pi} \cdot \left\{ \left[f_3^0(k_1, \varphi, \eta) + f_3^0(k_4, \varphi, \eta) \right]_{\varphi_1=y_0-a}^{\varphi_2=y_0-a+d} - \left[f_3^0(k_2, \psi, \eta) + f_3^0(k_3, \psi, \eta) \right]_{\psi_1=y_0+a}^{\psi_2=y_0+a+d} + \right.$$

$$\left. + \left[f_{31}(k_1', \varphi', \eta) + f_{31}(k_3', \varphi', \eta) \right]_{\varphi_1=x_0-l}^{\varphi_2=x_0-l+d} - \left[f_{31}(k_2', \psi', \eta) + f_{31}(k_4', \psi', \eta) \right]_{\psi_1=x_0+l}^{\psi_2=x_0+l+d} \right\}_{\eta_1=z_0+h}^{\eta_2=z_0-h}$$

$$\forall \kappa \in [1, n_p];$$

$$f_{31}(k, \varphi, \eta) = -\eta \cdot \operatorname{arsh} \frac{k+\varphi}{\sqrt{\varphi^2 + \eta^2}} + \varphi \cdot \arctg \frac{(k+\varphi) \cdot \eta}{\varphi \cdot \sqrt{(k+\varphi)^2 + \varphi^2 + \eta^2}};$$

$$f_{32}(k, \varphi, \eta) = \sqrt{2} \cdot \eta \cdot \operatorname{arsh} \frac{k+2 \cdot \varphi}{\sqrt{k^2 + 2 \cdot \eta^2}} - k \cdot \arctg \frac{(k+2 \cdot \varphi) \cdot \eta}{k \cdot \sqrt{(k+\varphi)^2 + \varphi^2 + \eta^2}};$$

$$f_3^0(k, \varphi, \eta) = f_{31}(k, \varphi, \eta) + f_{32}(k, \varphi, \eta);$$

$$k_1' = -k_1 = [(y_0 - a) - (x_0 - l)]; k_2' = -k_2 = [(y_0 + a) - (x_0 + l)];$$

$$k_3' = k_3 = -[(y_0 + a) + (x_0 - l)]; k_4' = k_4 = -[(y_0 - a) + (x_0 + l)], \quad (11)$$

где i^* – плотность тока на единицу площади сечения обмотки катушки; $2 \cdot h, d$ – высота и толщина её обмотки; $2 \cdot l, 2 \cdot a$ – размеры её же внутреннего пространства; x_0, y_0, z_0 – координаты точки пространства, в которой описывается поле.

В выражениях (11), кроме того:

$$i^* = 0,5 \cdot i \cdot w \cdot (h \cdot d)^{(-1)}, \quad (12)$$

где w – число витков катушки.

Далее, в (12), вместо i , последовательно подставляются значения фазовых токов якоря $i^\rho \forall \rho \in [A, B, C]$ и, согласно (11) и (10), находятся компоненты $B_{\rho q} \forall \rho \in [A, B, C]$, $q \in [1, 3]$ индукции поля, создаваемого каждым из них.

Пространство системы $O\Xi_\chi \forall \chi \in [1, 3]$ – евклидово. Поэтому мгновенное значение модуля вектора полной индукции поля, создаваемого током ρ -ой фазы якоря, может быть определено выражением:

$$B_\rho = \sqrt{B_{\rho q}^{(2)} \cdot e^q}; \quad e^q = 1 \forall \rho \in [A, B, C], q \in [1, 3]. \quad (13)$$

Каждое из значений B_α пропорционально порождающему его i^α , изменяющемуся косинусоидально. Поэтому индукция полного поля якоря в целом изменяется [5] согласно закону

$$B_{res} = 1,5 \cdot B_{max} \cdot \exp(-j \cdot \omega \cdot t); \quad j^{(2)} = -1, \quad (14)$$

где B_{max}, ω – амплитуда и частота изменения индукции поля одного из токов $i^\rho \forall \rho \in [A, B, C]$.

Результат исследования, верифицирующий его корректность. На основании синтезированной ММ ТС ЛСД МЛП, была построена соответствующая компьютерная модель. В качестве примера результатов функционирования последней, на рис. 1 приведена полученная осциллограмма ТС двигателя в режиме разгона МЛП.

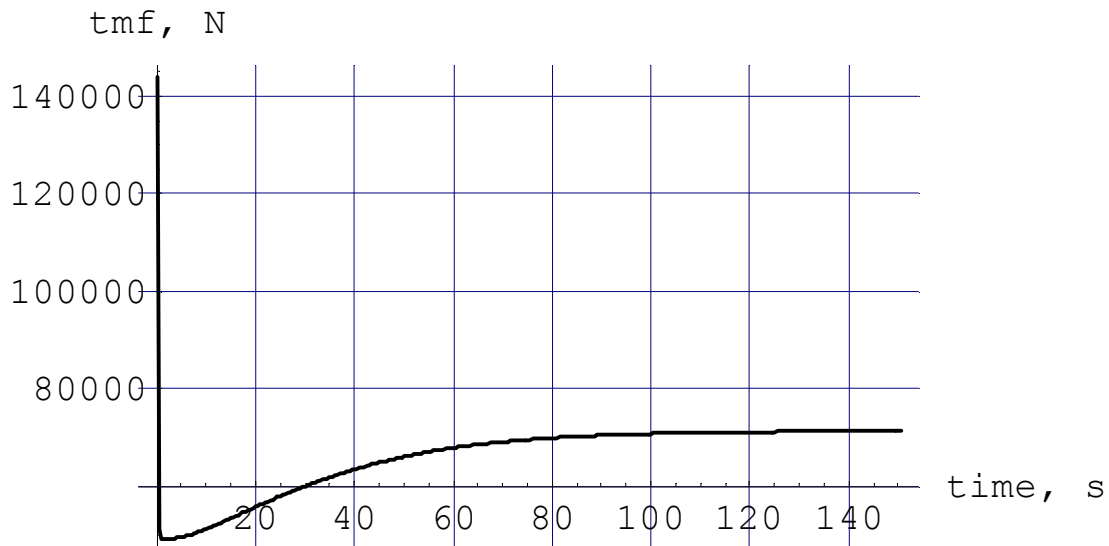


Рисунок 1 – Осциллограмма тяговой силы ЛСД МЛП

Научная новизна и практическая значимость исследования. Научная новизна исследования усматривается в приоритетности создания интегративной холистической парадигмы, ассимилирующей преимущества теорий электрических цепей и магнитного поля, а также соответствующей версии модели ТС двигателя.

Практическая значимость создания указанных парадигмы и модели состоит, очевидно, в возможности существенного повышения эффективности динамических исследований МЛП, на фоне неповышения их ресурсоёмкости, при использовании в их процессе созданных парадигмы и модели.

Выводы. Создана ГХП построения ММ ТС МЛП, ассимилирующая достоинства теорий цепей и поля и, в то же время, свободная от их недостатков. В рамках этой парадигмы, построена ММ ТС МЛП. Приведён иллюстративный пример её использования, анализ результатов которого свидетельствует о работоспособности созданных парадигмы и версии модели, а поэтому – об их пригодности, после верификации и необходимой адаптации к нуждам конкретных практических задач, для использования в процессе исследований динамики МЛП. Этим исчерпывающе решена задача настоящей части исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Высокоскоростной магнитный транспорт с электродинамической левитацией / [В. А. Дзензерский, В. И. Омеляненко, С. В. Васильев, В. И. Матин, С. А. Сергеев]. – К. : Наук. думка, 2001. – 479 с.
2. Вольдек А. И. Электрические машины / А. И. Вольдек – Л. : Энергия, 1984. – 832 с.
3. Поляков В. А. Динамика тяговой электромагнитной подсистемы магнитолевитирующего поезда / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління» – № 1015. Вип. 19 – Х., 2012. – С. 268–273.
4. Поляков В. А. Динамика тяговой подсистемы магнитолевитирующего поезда (полевая парадигма исследования) / В. А. Поляков, Н. М. Хачапуридзе // Науковий вісник Херсонської морської академії – 2013. – № 1 (8). – С. 258–266.
5. Электрические машины (специальный курс) / Г. А. Сипайлов, Е. В. Кононенко, К. А. Хорьков – М. : Высш. шк., 1987. – 287 с.
6. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин / И. П. Копылов – М. : Высш. шк., 2001. – 327 с.
7. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники : Электрические цепи / Л. А. Бессонов. – М. : Высш. шк., 1996. – 578 с.
8. Львович А. Ю. Электромеханические системы / А. Ю. Львович – Л. : Изд-во ЛГУ, 1989. – 296 с.
9. Крон Г. Применение тензорного анализа в электротехнике / Г. Крон – М., Л. : Госэнергоиздат, 1955. – 275 с.
10. Рашевский П. К. Риманова геометрия и тензорный анализ / П. К. Рашевский – М. : Наука, 1967. – 644 с.
11. Бирюков В. А. Магнитное поле прямоугольной катушки с током / В. А. Бирюков, В. А. Данилов // Журнал технической физики. – 1961. – Т. XXXI, № 4. – С. 428–435.
12. Azukizava T. Optimum linear synchronous motor design for high speed ground transportation // IEEE Trans. On Power Apparatus and Systems. – 1983. – V. Pas. 102, № 10. – P. 3306–3314.
13. Fujiwara S. Superconducting maglev and its electromagnetic characteristics // SAE Technical Paper Series. – 1995. – SAE 95-1922. – P. 1–6.

14. Lakhavani S. T., Davson G. E. Study of a liner synchronous motor for high speed transport applications // 34th Vehicular Technol. Conf. – Pittsburg, 1984. – P. 220–225.
15. Matsuoka K. Multi-phase current-fed inverter-driven linear motor and its application to the guided ground transportation system // The Proc. IPEC. – Tokyo, 1990. – V. 1. – P. 604–611.
16. Wang, Xudong, Yuan, Shiyong, Wang, Zhaoan Three Dimensional Electromagnetic Field Equations and General Problems with Definitive Solution in Linear Motor Anisotropic Media // Transacti. of China Electrotechn. Soc., Vol 21, No.6, 2006, pp. 59-64.

REFERENCES

1. Dzenzerskij V. A., Omel'janenko V. I., Vasil'ev S. V., V. I. Matin V. I., Sergee S. A. Vysokoskorostnoj magnitnyj transport s jelektrodinamicheskoy levitaciej [High-speed magnetic levitation transport with electrodynamic levitation]. Kiev, Naukova dumka Publ., 2001. 479 p.
2. Vol'dek A.I. Jelektricheskie mashiny [Electric machines]. Leningrad, Jenergija Publ., 1984. 832 p.
3. Poljakov V. A., Hachapuridze N. M. Visnyk Kharkivskogo nacionaljnogho universytetu imeni V. N. Karazina. Serija «Matematychni modeljuvannja. Informacijni tekhnologhiji. Avtomatyzovani systemy upravlinnja» – Journal of University of Kharkiv. The series «Mathematical modeling. Information Technology. Automated control systems». 2012, vol. 19, no. 1015, pp. 268 - 273.
4. Poljakov V. A., Hachapuridze N. M. Naukovyj visnyk Khersonskoji morskoji akademiji – Scientific Bulletin of Kherson Maritime Academy. 2013, no. 1 (8), pp. 258 – 266.
5. Sipajlov G. A., Kononenko E. V., Hor'kov K. A. Jelektricheskie mashiny (special'nyj kurs) [Electric machines (special course)]. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 1987. 287 p.
6. Kopylov I. P. Matematicheskoe modelirovanie jelektricheskij mashin [Mathematical modeling of electrical machines]. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 2001. 327 p.
7. Bessonov L.A. Teoreticheskie osnovy jelektrotehniki: Jelektricheskie cepi [Theoretical Foundations of Electrical Engineering: Electrical circuits]. Moscow, Vysshaja shkola Publ., 1996. 578 p.
8. L'vovich A. Ju. Jelektromehaničeskie sistemy [Electromechanical systems]. Leningrad, LSU Publ., 1989. 296 p.
9. Kron G. Primenenie tenzornogo analiza v jelektrotehnike [The use of tensor analysis in electrical engineering]. Moscow, Leningrad, Gostehizdat Publ., 1955. 275 p.
10. Rashevskij P. K. Rimanova geometrija i tenzornyj analiz [Riemann geometry and tensor analysis]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 644 p.
11. Birjukov V. A., V. A. Danilov V. A. Zhurnal tehničeskoi fiziki – Technical Physics 1961, vol. XXXI, no. 4, pp. 428 - 435.
12. Azukizava T. IEEE Trans. On Power Apparatus and Systems. 1983, – vol. Pas-102, no. 10, pp. 3306 - 3314.
13. Fujiwara S. SAE Technical Paper Series. 1995. SAE 95-1922, pp. 1 - 6.
14. Lakhavani S. T., Davson G. E. 34th Vehicular Technol. Conf. Pittsburg, 1984, pp. 220 - 225.
15. Matsuoka K. Proc. IPEC. Tokyo, 1990, vol. 1, pp. 604 – 611.
16. Wang, Xudong, Yuan, Shiyong, Wang, Zhaoan. Transacti. of China Electrotechn. 2006, Soc., vol. 21, no. 6, , pp. 59-64.

Поляков В. О., Хачапуридзе М. М. ГІБРИДНА ПАРАДИГМА МОДЕЛЮВАННЯ ТЯГОВОЇ СИЛИ МАГНІТОЛЕВІТИРУЮЩЕГО ПОЇЗДА

Реалізація тяги (РТ) двигуном магнітолевітуючого поїзда (МЛП) відбувається у процесі перетворення електричної енергії, що подається, в кінетичну при взаємодії магнітних полів індуктора й якоря. Виходячи з цього, **метою дослідження** є одержання коректного опису такого енергоперетворення. На сучасному етапі, основним і найбільш універсальним інструментом аналізу і синтезу процесів та систем є їхнє математичне й, зокрема, комп'ютерне моделювання. У той же час, радикальні переваги цього інструмента роблять ще більш важливою прецизійність вибору конкретної **методики проведення дослідження**. Особливу актуальність це має стосовно настільки великих і складних систем, якими є МЛП. Із цієї причини, у роботі особлива увага приділена аргументованому обґрунтуванню вибору селективних особливостей дослідницької парадигми. Результати аналізу існуючих версій моделі процесу РТ свідчать про те, що кожна з них, поряд із перевагами, має й істотні недоліки. У зв'язку із цим, одним з основних **результатів** цього **дослідження** повинна бути побудова математичної моделі зазначеного процесу, що зберігає переваги згаданих версій, але вільної від їхніх недоліків. У роботі аргументовано обґрунтована раціональність застосування, для цілей дослідження РТ двигуна поїзда, гібридної холистичної парадигми, що асимілює переваги теорій електричних ланцюгів і магнітного поля. Пріоритетність створення такої парадигми, а також відповідної версії моделі РТ становлять **наукову новизну дослідження**. Основним проявом **практичної значимості роботи** є можливість, у випадку використання її результатів, істотного підвищення ефективності динамічних досліджень МЛП при одночасному непідвищенні їхньої ресурсоемності.

Ключові слова: магнітолевітуючий поїзд, лінійний синхронний двигун, реалізація тяги, гібридна холистична парадигма дослідження, математична модель.

Polyakov V. A., Khachapuridze N. M. HYBRID PARADIGM OF MAGNETICALLY LEVITATED TRAIN'S TRACTION FORCE'S MODELING

Magnetically levitated train's (MLT) motor's traction force realization (TFR) occurs in the process of electromechanical energy transformation by inductor's and armature's magnetic fields interaction. Accordingly, **the aim of this study** is to obtain a correct description of such energy transformation. At the present stage, a mathematical and, in particular, computer simulation is the main and most universal tool of processes and system's analysis and synthesis. At the same time, a radical advantage of this tool makes it even more important precision selecting a particular **methodology of the study**. Especially important it is for such a large and complex system, which is an MLT. Therefore the special attention in the work is given to the reasoned choice and substantiation of research paradigm's selective features. The results of analysis of existing versions of TFR process model indicate that each of these versions possesses both advantages and disadvantages. Therefore, one of the main **results of this study** should be the creation of a mentioned process's mathematical model's new version. The created version of the model should preserve the advantages of previous versions, but to be free of their disadvantages. The rationality of application, for the purposes of motor's TFR process research, of the hybrid holistic modeling paradigm was convincingly proved in the work. The priority of creation of such paradigm and corresponding version of the TFR process model constitute the **scientific novelty of research**. The main manifestation of **practical value of this research** in the opportunity, in case of use of its results, of a significant increasing of efficiency of MLT's dynamic investigations, on the condition that their generalized costs will not increase.

Keywords: magnetically levitated train, linear synchronous motor, traction realization, hybrid holistic research paradigm, mathematical model.

© Поляков В. О., Хачапуридзе М. М.

Статтю прийнято
до редакції 20.07.16

УДК 62-327

КУЛЬОВИЙ МЕХАНІЗМ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА

Самарін О. Є., к.т.н., доц., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії,
E-mail: samarin06@yandex.ru

Розроблено кульовий механізм газорозподілу поршневого двигуна, що складається з органу газорозподілу та приводу, розташованих у кришці циліндра. Орган газорозподілу виконано у вигляді запірної кулі з отвором, встановленої у сідельних кільцях з отворами, з приводом від приводного валу, що має зубчасте зачеплення з розподільним валом. Отвір запірної кулі та отвори сідельних кілець виконано у вигляді овалу, більша вісь якого розташована уздовж валу. Сідельні кільця притискаються до запірної кулі за допомогою пружного елемента, наприклад тарілчастої пружини. Сідельні кільця та запірна куля виконані з жаростійкого матеріалу. Між запірною кулею та кришкою циліндра є порожнина для проходження охолоджувальної рідини. Приводний вал встановлено в антифрикційних втулках, а на його кінці виконано шліць, який входить у шліцьовий паз запірної кулі. Частота обертання приводного валу двотактного двигуна у два рази, а чотиритактного у чотири рази менша за частоту обертання колінчастого валу.

Крутний момент з розподільного валу через зубчасте зачеплення передається на приводний вал, який через шліць і шліцьовий паз передає його на запірну кулю. Запірна куля разом з отвором обертається у сідельних кільцях. При збіганні отвору запірної кулі з отворами у сідельних кільцях гази вільно проходять через них, а при перекритті запірною кулею отворів у сідельних кільцях прохід газів припиняється. Отвір запірної кулі один раз збігається з отворами у сідельних кільцях за один оберт колінчастого валу двотактного двигуна і за два оберти колінчастого валу чотиритактного двигуна, забезпечуючи вільний прохід газів, що відповідає робочому циклу. Зношування запірної кулі компенсується притисканням її до сідельних кілець пружним елементом, наприклад тарілчастою пружиною. Застосування винаходу дозволить встановити на поршневій двигун простий та надійний механізм газорозподілу, що працює без ударних та інерційних навантажень з щільно прилеглими робочими поверхнями.

Ключові слова: механізм газорозподілу, запірна куля, сідельне кільце, приводний вал, зубчасте зачеплення.

Вступ. Механізм газорозподілу служить для керування процесами впуску повітря в циліндр і випуску відпрацьованих газів [1]. Він складається з впускних і випускних органів газорозподілу та їх приводів.

Найуразливішими елементами механізму є впускні та випускні клапани, що випробовують високі механічні та теплові навантаження. Найбільшу небезпеку становлять теплові навантаження, що визначаються умовами роботи клапанів у зоні високих температур газів, які їх омивають. Втрата щільності клапанів відбувається по ряду причин:

- ерозійне зношування посадкового конуса тарілки клапана і його сідла;
- відкладення коксу та золи на тарілці;
- деформація клапана;
- порушення центрування осі клапана у напрямній;
- прогорання посадкової поверхні;
- низькотемпературна корозія.

Враховуючи масове використання поршневих двигунів внутрішнього згорання, проблема підвищення надійності механізму газорозподілу та строку його служби набуває практичної значущості.

Аналіз умов роботи клапанного механізму. У чотиритактних дизелях застосовують клапанне газорозподілення (рис.1). Органами газорозподілу є впускні і випускні клапани 10 з клапанними пружинами 9, а привід включає в себе клапанні важелі 8, що встановлені на осях 6 кронштейнів 7, штанги 4, штовхач 5 з роликками 2, кулачкові шайби 1 розподільного валу і привід від колінчастого валу до розподільного.

У двотактних дизелях з прямоточно-клапанною продувкою застосовують клапанно-щілинний газорозподіл. Для впуску повітря в циліндр служать продувні вікна

у втулці, які відкриваються і закриваються поршнем, а клапанний механізм керується випуском газів. У нових конструкціях застосований гідравлічний привід.

Механічні навантаження викликаються силами тиску газів P_T на тарілку клапана 11, силами інерції рухомих частин P_j , пружності клапанних пружин $10 P_n$ і зусиллям з боку штовхача-штанги $3 P_T$, що є нормальною складовою від сили тиску кулака 1 на штовхач.

Клапанні пружини відчувають знакозмінні навантаження і їх матеріал працює на втому. Під час роботи пружини її температура зростає на $40...50^{\circ}\text{C}$, а при збігу частоти власних коливань з частотою вимушених коливань може виникнути резонанс, що приводить до її поломки. Високі термічні навантаження газорозподільних клапанів обумовлені їх зіткненням з гарячими газами. Найбільш напруженим є вихлопний клапан. Він сприймає теплоту через площину тарілки від газів в циліндрі (близько 80 %) і через поверхню переходу від тарілки до штоку від випускних газів (15 %).

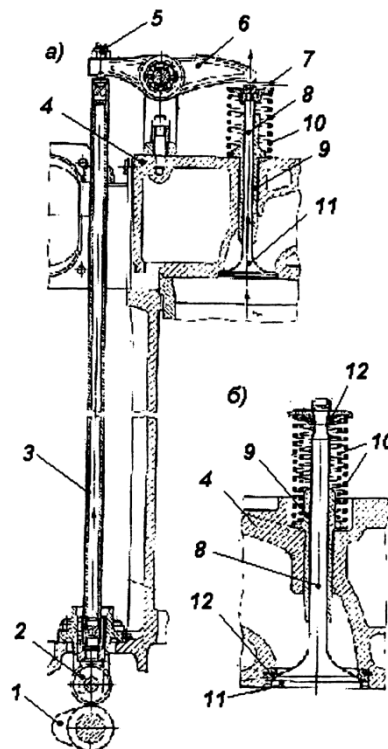


Рисунок 1 – Механічний привід клапана [1]:

а – привід клапана; б – клапан; 1 – кулачок; 2 – ролик; 3 – штанга; 4 – кришка циліндра; 5 – гвинт регулювання теплового зазору; 6 – коромисло; 7 – тепловий зазор; 8 – шток клапана; 9 – напрямна втулка; 10 – пружини клапана; 11 – тарілка клапана; 12 – сідло клапана

Високі температури погіршують механічні властивості матеріалу, викликають високотемпературну корозію, ерозію, викривлення і нещільне прилягання клапана до сідла, збільшують небезпеку заїдання штока клапана у напрямній, а іноді призводять до прогорання тарілки.

До конструкції деталей механізму газорозподілу висуваються наступні основні вимоги: газорозподільні клапани повинні мати великі прохідні перетини (для поліпшення очищення циліндра від газів і наповнення його повітрям), менші температури і масу (для зменшення сил інерції); матеріал клапанів повинен бути жаротривким, зносостійким, в'язким і не повинен гартуватися на повітрі (для запобігання утворення гартівних тріщин).

Через наявність теплового зазору в приводі клапана його рух починається і закінчується ударом, що викликає додаткові напруження у сідлі і тарілці, пружині і на поверхнях контакту клапанного механізму. Для забезпечення безударної роботи і зниження шуму в МОД з прямоточно-клапанною продувкою застосовують гідравлічний привід клапанів.

Гідравлічний привід сприяє також зменшенню маси рухомих частин і сил інерції клапанного приводу, підвищує надійності роботи.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Недоліком проаналізованого газорозподільного механізму є те, що клапанний механізм працює з ударним та інерційним навантаженням, викликаним зворотно-поступальним рухом клапана і дією пружини. Наявність клапана на шляху вихлопних газів призводить до утворення опору для їх руху, що сприяє неповному очищенню циліндрів. На прилеглих поверхнях клапана та сідла з часом накопичується осад, що порушує щільність прилягання поверхонь та розрегулює роботу двигуна. Механізм має складну конструкцію, деталі якого виконують зворотно-поступальний та коливальний рух, і вимагає точного регулювання теплового зазору.

Мета та задачі проведення досліджень. Розробити такий механізм газорозподілу поршневого двигуна, у якому відсутні ударні та інерційні навантаження, а також не виникають умови для порушення щільності прилягання робочих поверхонь.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз конструкції існуючих механізмів газорозподілу та встановити причини виникнення недоліків.

Рішення поставленої задачі. Запропонований кульовий механізм газорозподілу складається з органу газорозподілу 1 та приводу 2, розташованих у кришці циліндра 3 (рис. 2).

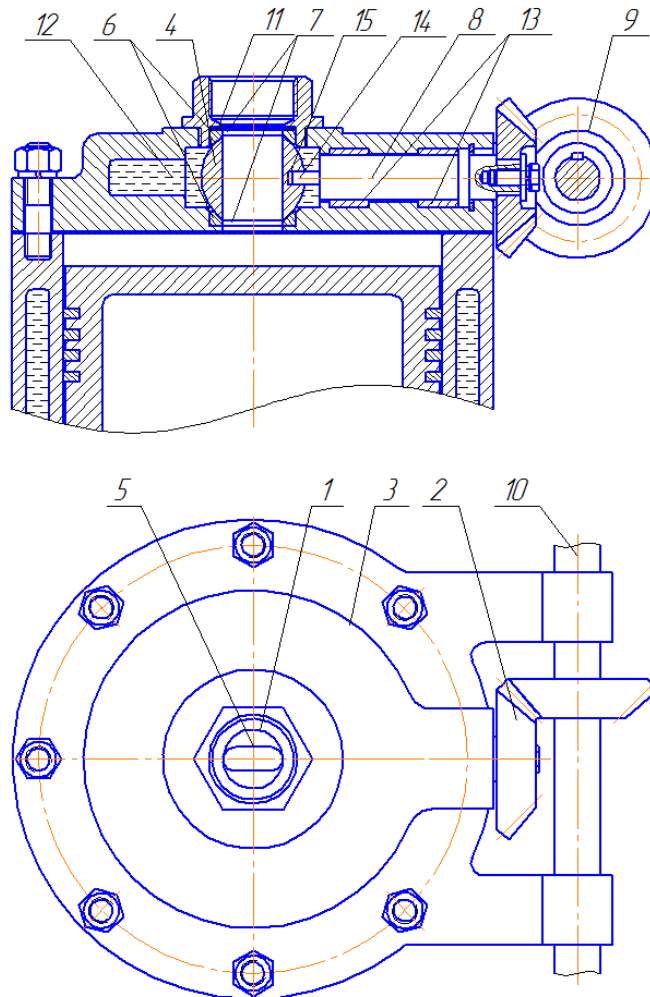


Рисунок 2 – Механізм газорозподілу поршневого двигуна з кульовим клапаном:
 1 – орган газорозподілу; 2 – привід; 3 – кришка циліндра; 4 – запірна куля; 5 – отвір; 6 – сідельні кільця; 7 – отвір; 8 – привідний вал; 9 – зубчасте зачеплення; 10 – розподільний вал; 11 – пружний елемент (наприклад тарілчаста пружина); 12 – порожнина; 13 – антифрикційні втулки; 14 – шліц; 15 – шліцьовий паз

Орган газорозподілу 1 виконано у вигляді запірної кулі 4 з отвором 5, встановленої у сідельних кільцях 6 з отворами 7, з приводом 2 від приводного валу 8, що має зубчасте зачеплення 9 з розподільним валом 10.

Отвір 5 запірної кулі 4 та отвори 7 сідельних кілець 6 виконано у вигляді овалу, більша вісь якого розташована уздовж валу 8.

Сідельні кільця 6 притискаються до запірної кулі 4 за допомогою пружного елемента 11, наприклад тарілчастої пружини.

Сідельні кільця 6 та запірна куля 4 виконані з жаростійкого матеріалу.

Між запірною кулею 4 та кришкою циліндра 3 є порожнина 12 для проходження охолоджувальної рідини. Приводний вал 8 встановлено в антифрикційних втулках 13, а на його кінці виконано шліц 14, який входить у шліцьовий паз 15 запірної кулі 4.

Частота обертання приводного валу двотактного двигуна у два рази, а чотиритактного у чотири рази менша за частоту обертання колінчастого валу.

Кульовий газорозподільний механізм працює наступним чином. Крутний момент із розподільного валу 10 через зубчасте зачеплення 9 передається на приводний вал 8, який через шліц 14 і шліцьовий паз 15 передає його на запірну кулю 4. Запірна куля 4 разом з отвором 5 обертається у сідельних кільцях 6. При збіганні отвору 5 запірної кулі 4 з отворами 7 у сідельних кільцях 6 гази вільно проходять через них, а при перекритті запірною кулею 4 отворів 7 у сідельних кільцях 6 прохід газів припиняється.

У двотактних двигунах отвір 5 запірної кулі 4 один раз збігається з отворами 7 у сідельних кільцях за один оберт колінчастого валу. У чотиритактних двигунах отвір 5 запірної кулі 4 один раз збігається з отворами 7 у сідельних кільцях за два оберти колінчастого валу. Це забезпечує вільний прохід газів, що відповідає робочому циклу двигуна. Зношування запірної кулі 4 компенсується притисканням її до сідельних кілець 6 пружним елементом 11, наприклад тарілчастою пружиною.

Висновки та рекомендації. Виконання органу газорозподілу у вигляді запірної кулі з отвором, встановленої у сідельних кільцях з отворами, з приводом від валу, що має зубчасте зачеплення з розподільним валом дозволяє забезпечити обертальний рух запірної кулі замість зворотного-поступального руху клапана з пружиною і коливального руху важільного механізму. При цьому запірна куля, що ковзає по напрямних кільцях, самоочищується від осаду.

Виконання отвору запірної кулі й отворів сідельних кілець у вигляді овалу, більша вісь якого розташована уздовж валу дозволяє забезпечити необхідний кут випередження відкриття та запізнення закриття запірної кулі. Необхідне прохідне січення забезпечується шириною та довжиною овального отвору.

Притискання сідельних кілець до запірної кулі за допомогою пружного елемента, наприклад тарілчастої пружини, що забезпечує щільний контакт між запірною кулею та сідельними кільцями й запобігає проникненню вихлопних газів у охолоджувальну рідину. Виконано сідельних кілець та запірної кулі з жаростійкого матеріалу забезпечує їх роботу у середовищі підвищеної температури.

Наявність між запірною кулею та кришкою циліндра порожнини для проходження охолоджувальної рідини забезпечує надійне охолодження запірної кулі та напрямних кілець. Встановлення приводного валу в антифрикційних втулках зменшує силу тертя та збільшує строк служби валу.

Виконання на кінці приводного валу шліца, який входить у шліцьовий паз запірної кулі забезпечує передавання крутного моменту з приводного валу на запірну втулку.

Забезпечення частоти обертання приводного валу двотактного двигуна у два рази, а чотиритактного у чотири рази менше за частоту обертання колінчастого валу дозволяє узгодити періодичність відкривання та закривання запірної кулі.

Застосування винаходу дозволить встановити на поршневий двигун простий та надійний механізм газорозподілу, що працює без ударних та інерційних навантажень із щільно прилеглими робочими поверхнями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том.1 / И. В. Возницкий. – М. : Моркнига, 2008. – 282 с.
2. Гуревич Д. Ф. Трубопроводная арматура : справочное пособие. – Л. : Машиностроение, 1981. – 368 с.

Самарин А. Е. ШАРОВОЙ МЕХАНИЗМ ГАЗОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ
Разработан шаровой механизм газораспределения поршневого двигателя, состоящий из органа газораспределения и привода, расположенных в крышке цилиндра. Орган газораспределения выполнен в виде запорного шара с отверстием, установленного в седельных кольцах с отверстиями, с приводом от приводного вала, который имеет зубчатое зацепление с распределительным валом. Отверстие запорного шара и отверстия седельных колец выполнены в виде овала, большая ось которого расположена вдоль вала. Седельные кольца прижимаются к запорному шару с помощью упругого элемента, например тарельчатой пружины. Седельные кольца и запорный шар выполнены из жаростойкого материала. Между запорным шаром и крышкой цилиндра имеется полость для прохождения охлаждающей жидкости. Приводной вал установлен в антифрикционных втулках, а на его конце выполнен шлиц, который входит в шлицевой паз запорного шара. Частота вращения приводного вала двухтактного двигателя в два раза, а четырехтактного в четыре раза меньше частоты вращения коленчатого вала. Крутящий момент с распределительного вала через зубчатое зацепление передается на приводной вал, который через шлиц и шлицевой паз передает его на запорный шар. Запорный шар вместе с отверстием вращается в седельных кольцах. При совпадении отверстия запорного шара с отверстиями в седельных кольцах газы свободно проходят через них, а при перекрытии запорным шаром отверстий в седельных кольцах проход газов прекращается. Отверстие запорного шара один раз совпадает с отверстиями в седельных кольцах за один оборот коленчатого вала двухтактного двигателя и за два оборота коленчатого вала четырехтактного двигателя, обеспечивая свободный проход газов, соответствующей рабочему циклу. Износ запорного шара компенсируется прижатием его к седельным кольцам упругим элементом, например тарельчатой пружины. Применение изобретения позволит установить на поршневой двигатель простой и надежный механизм газораспределения, работающий без ударных и инерционных нагрузок с плотно прилегающими рабочими поверхностями.

Ключевые слова: механизм газораспределения, запорный шар, седельное кольцо, приводной вал, зубчатое зацепление.

Samarin O. E. THE BALL PISTON ENGINE TIMING MECHANISM

Ball valve mechanism designed piston engine, consisting of a valve body and actuator disposed in the cylinder cover. Organ valve is designed as a locking ball with a hole installed in the saddle rings with holes, with a drive from the drive shaft, which has a gearing with a camshaft. Ball and hole locking holes saddle rings are in the form of an oval, the major axis of which is located along the shaft. Tractor the locking ring are pressed against the ball by an elastic member, such as a plate spring. Tractor locking ring and ball are made of heat-resistant material. Between the locking ball and the cylinder cover has a cavity for the passage of coolant. The drive shaft is mounted in antifriction bushings, and at its end is formed a slot, which is included in the locking groove ball spline. drive shaft speed two-stroke engine twice and four stroke four times lower than the frequency of crankshaft rotation. The torque from the camshaft via the gear teeth is transmitted to the drive shaft, which through the slot and spline groove transmits it to the shut-off ball. The locking ball is rotated together with the opening in the seat ring. When opening the shut-off ball match with the holes in the seat ring gases pass freely through them, and at overlapping locking ball holes in the seat ring gas passage ceases. The opening of the locking ball once coincide with the holes in the seat ring in one revolution of the crankshaft two-stroke engine and two revolutions of the crankshaft four-stroke engine, allowing free passage of gases, corresponding to the working cycle. Worn locking ball is offset by pressure it to the seat ring elastic element, such as a plate spring. The use of the invention allows to install on the piston engine simple and reliable timing mechanism working without shock and inertia loads with close fitting surfaces robochem.

Keywords: timing mechanism, the locking ball, saddle ring, drive shaft, gear teeth.

© Самарин О. Е.

Статтю прийнято
до редакції 28.08.16

ТУРБОКОМПРЕСОР З ВАРІАТОРОМ

Самарін О. Є., к.т.н., доц., доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок Херсонської державної морської академії,
E-mail: samarin06@yandex.ru

Розроблено турбокомпресор, що складається з газової турбіни або механічного приводу та відцентрового компресора, який відрізняється тим, що між газовою турбіною або механічним приводом та відцентровим компресором встановлено варіатор, наприклад з ремінною передачею, ведучий шків з рухомим диском якого закріплено на газовій турбіні або механічній передачі, а ведений шків з рухомим диском і пружиною стискування закріплено на відцентровому компресорі. На газовій турбіні або механічному приводі встановлено обертовий гідроциліндр, зв'язаний з рухомим диском ведучого шківів та масляною системою варіатора, у складі якої є електромагнітні клапани, масляний насос та масляна ванна, а на відцентровому компресорі встановлено датчик частоти обертання, зв'язаний з пультом управління. Встановлення між газовою турбіною або механічним приводом та відцентровим компресором варіатора, наприклад з ремінною передачею, ведучий шківом з рухомим диском якого закріплено на газовій турбіні або механічному приводі, а ведений шків з рухомим диском і пружиною стискування закріплено на відцентровому компресорі дозволяє забезпечити регулювання необхідної частоти обертання відцентрового компресора. Встановлення на газовій турбіні або механічному приводі обертового гідроциліндра, зв'язаного з рухомим диском ведучого шківів та масляною системою варіатора, у складі якої є електромагнітні клапани, масляний насос та масляна ванна, а на відцентровому компресорі встановлення датчика частоти обертання, зв'язаного з пультом управління дозволяє забезпечити автоматичне регулювання необхідної частоти обертання відцентрового компресора. Запропоноване технічне рішення дозволить автоматично встановлювати оптимальну частоту обертання відцентрового компресора, що підвищить якість утворення паливної суміші у двигуні.

Ключові слова: турбокомпресор, варіатор, газова турбіна, механічний привід.

Вступ. В основі роботи дизеля лежить перетворення енергії спалюваного палива в механічну роботу, тому, чим більше спалено палива, тим більшу роботу зможе розвинути двигун. Але кількість палива, яке може ефективно згоріти в циліндрах заданого розміру, лімітується масою розміщеного в них заряду повітря. Для збільшення маси заряду повітря потрібно збільшити його щільність [1].

Технічне рішення, яке дозволяє підвищити агрегатну потужність двигуна за рахунок збільшення циклової подачі палива і заряду повітря при практично незмінному коефіцієнті надлишку повітря, називається наддувом.

У якості наддувних агрегатів використовуються газотурбокомпресори, що складаються з відцентрового компресора і газової турбіни, встановлених на одному валу. Порушення у роботі турбокомпресора, особливо на режимах часткового навантаження, помпаж призводять до збоїв у роботі двигуна та зменшення його потужності

Враховуючи широке застосування двигунів з турбонаддувом, високі витрати на технічне обслуговування та ремонт турбокомпресорів, проблема автоматичного пристосування їх роботи до всіх режимів експлуатації двигуна, а також підвищення строку служби набуває практичного значення.

Підвищення ефективності наддуву на часткових навантаженнях. При переході двигуна на режими знижених навантажень енергії газів виявляється недостатньо і це негативно відбивається на повітропостачанні двигуна. Щоб поліпшити ситуацію клапан байпаса закривається і весь потік газів направляється на ГТК. Це збільшує його продуктивність, крива видаткової характеристики піднімається вгору (рис. 1) і оскільки при тій же подачі повітря ступінь підвищення тиску наддувного повітря збільшується, то повітропостачання двигуна, природно, поліпшується.

Із метою поліпшення умов згорання палива в робочих циліндрах також вдаються до підвищення температури повітря, що поступає в циліндри, шляхом відключення його охолодження за ГТК, більше того здійснюють його підігрів до 60...85°C.

Другий шлях полягає у зміні соплового апарату ГТК таким чином, щоб зона оптимальних ккд перейшла з області повних навантажень в область знижених

навантажень. На продуктивності ГТК на повних потужностях це практично не позначиться, оскільки тут є великий запас енергії, а вигаш на малих навантаженнях очевидний (рис. 1).

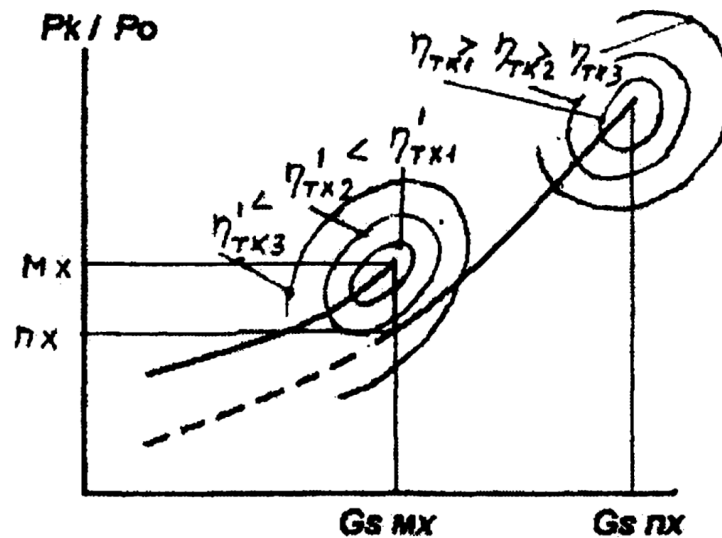


Рисунок 1 – Покращення постачання повітря на малих навантаженнях шляхом оптимізації соплового апарату [1]

Фірма «Катерпіллар-МАК» застосувала оригінальне рішення – вона виготовляє два варіанти соплових апаратів – один оптимізований для режимів повних навантажень, а другий для малих. Перехід з одного варіанта на другий виконується без зупинки двигуна.

У 2007 році фірма «MAN Diesel» з метою підвищення ефективності ГТК на всьому діапазоні робочих режимів, включаючи і режими малих навантажень, розробила ГТК із змінним сопловим апаратом (Variable Turbine Area). У цій турбіні в сопловому кільці встановлені направляючі лопатки, які можуть повертатися навколо своєї осі за допомогою важелів, що приводяться в дію двома позиційними електродвигунами. Із переходом двигуна на знижені навантаження лопатки розвертаються в бік зменшення кроку, опір прохідного перетину між ними збільшується і це тягне за собою зростання опору виходу газів із вихлопного колектора. Тиск і температура газів у ньому підвищуються, відповідно зростає енергія газів, які надходять на турбіну, що у свою чергу, тягне за собою зростання продуктивності компресора і заряду повітря в робочих циліндрах. Збільшенню заряду, певною мірою, сприяє і зниження втрат повітря на продувку циліндрів, яке обумовлене збільшенням опору виходу повітря з циліндрів (зростання тисків у вихлопному колекторі).

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. У багатьох сучасних двотактних дизелів з ізобаричним газотурбінним наддувом енергія газів виявляється недостатньою для приводу компресора і подачі необхідної маси повітря при заданому тиску в широкому діапазоні режимів роботи дизеля. Недолік повітря відчувається при роботі на малих навантаженнях і пускових режимах. Для подачі повітря в ресивер на таких режимах використовують електропривідні компресори (повітродувки). У той же час на максимальних режимах навантаження відзначається надлишок повітря, що компенсується встановленням байпасних клапанів.

Мета та задачі проведення досліджень. Створити такий турбокомпресор, у якому частота обертання відцентрового компресора не залежить від частоти обертання газової турбіни або механічного приводу й автоматично підтримується в оптимальному режимі на всьому діапазоні роботи двигуна. При цьому необхідно провести аналіз роботи існуючих турбокомпресорів і визначити шляхи вдосконалення.

Рішення поставленої задачі. Для забезпечення рішення поставленої задачі у турбокомпресорі між газовою турбіною або механічним приводом та відцентровим

компресором встановлено варіатор, наприклад з ремінною передачею, ведучий шків з рухомим диском якого закріплено на газовій турбіні або механічній передачі, а ведений шків з рухомим диском і пружиною стискання закріплено на відцентровому компресорі (рис. 2).

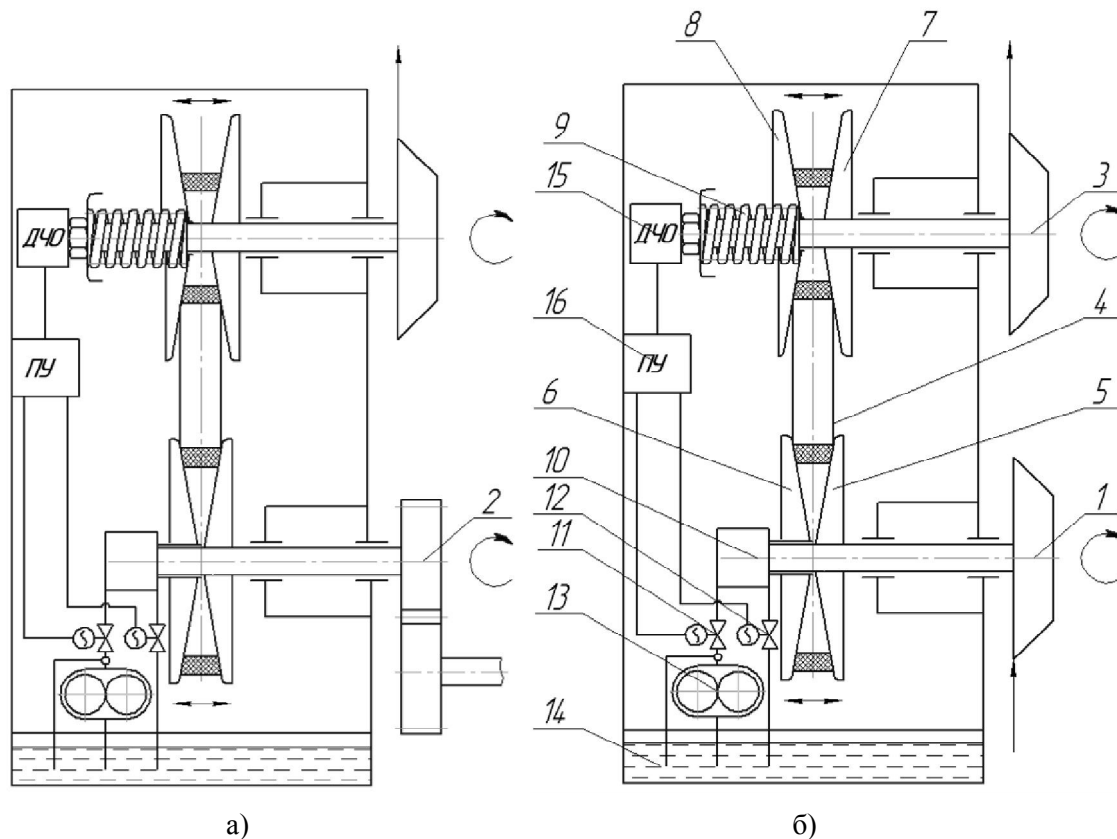


Рисунок 2 – Турбокомпресор з газовою турбіною (а) та механічним приводом (б):
 1 – газова турбіна; 2 – механічний привод; 3 – відцентровий компресор; 4 – ремінна передача; 5 – ведучий шків; 6, 8 – рухомий диск; 7 – ведений шків; 9 – пружина стискання; 10 – обертовий гідроциліндр; 11, 12 – електромагнітний клапан; 13 – масляний насос; 14 – масляна ванна; 15 – датчик частоти обертання; 16 – пульт управління

На газовій турбіні або механічному приводі встановлено обертовий гідроциліндр, зв'язаний з рухомим диском ведучого шківів та масляною системою варіатора, у складі якої є електромагнітні клапани, масляний насос та масляна ванна, а на відцентровому компресорі встановлено датчик частоти обертання, зв'язаний з пультом управління.

Встановлення між газовою турбіною або механічним приводом і відцентровим компресором варіатора, наприклад із ремінною передачею, ведучий шківом із рухомим диском якого закріплено на газовій турбіні або механічному приводі, а ведений шків із рухомим диском і пружиною стискання закріплено на відцентровому компресорі дозволяє забезпечити регулювання необхідної частоти обертання відцентрового компресора.

Встановлення на газовій турбіні або механічному приводі обертового гідроциліндра, зв'язаного з рухомим диском ведучого шківів та масляною системою варіатора, у складі якої є електромагнітні клапани, масляний насос і масляна ванна, а на відцентровому компресорі встановлення датчика частоти обертання, зв'язаного з пультом управління дозволяє забезпечити автоматичне регулювання необхідної частоти обертання відцентрового компресора.

Турбокомпресор складається з газової турбіни 1 або механічного приводу 2 та відцентрового компресора 3. Між газовою турбіною 1 або механічним приводом 2 та відцентровим компресором 3 встановлено варіатор, наприклад з ремінною передачею 4, ведучий шків 5 з рухомим диском 6 якого закріплено на газовій турбіні 1 або на

механічному приводі 2, а ведений шків 7 з рухомим диском 8 і пружиною стискання 9 закріплено на відцентровому компресорі 3.

На газовій турбіні 1 або механічному приводі 2 встановлено обертовий гідроциліндр 10, зв'язаний з рухомим диском 6 ведучого шківів 5 та масляною системою варіатора, у складі якої є електромагнітні клапани 11 і 12, масляний насос 13 та масляна ванна 14, а на відцентровому компресорі 3 встановлено датчик частоти обертання 15, зв'язаний з пультом управління 16.

Турбокомпресор працює наступним чином. Газова турбіна 1 або механічний привід 2 приводять до обертання ведучий шківів 5 варіатора. Крутний момент з ведучого шківів 5 через ремінну передачу 4 передається на ведений шків 7 та призводить до обертання відцентровий компресор 3, який усмоктує повітря та подає його у двигун.

При обертанні відцентрового компресора 3 датчик числа обертів 15 знімає показники і порівнює їх із заданими значеннями. При задовільній частоті обертання відцентрового компресора 3 сигнал з датчика числа обертів 15 на пульт управління 16 не поступає, електромагнітні клапани 11 та 12 лишаються закритими і масляний насос 13 перекачує масло у масляну ванну 14.

При зменшенні частоти обертання відцентрового компресора 3 відповідний сигнал з датчика частоти обертання 15 поступає на пульт управління 16, а з нього на електромагнітний клапан 11, який відкривається і масло з масляної ванни 14 через масляний насос 13 поступає до обертового гідроциліндру 10, який переміщує рухомий диск 6 ведучого шківів 5 вправо. Активний діаметр ведучого шківів 5 збільшується і натяг ремінної передачі 4 зростає. При цьому ремінна передача 4 діє на рухомий диск 8 веденого шківів 7, який долає зусилля пружини стискання 9 та переміщується вліво. Активний діаметр веденого шківів 7 зменшується. Таким чином, передавальне число варіатора збільшується і частота обертання газової турбіни зростає. Після досягнення встановленого значення частоти обертання сигнал із датчика частоти обертання 15 поступає на пульт управління 16, а з нього на електромагнітний клапан 11, який закривається і масло з масляного насоса 13 поступає у масляну ванну 14.

При збільшенні частоти обертання відцентрового компресора 3 відповідний сигнал з датчика частоти обертання 15 поступає на пульт управління 16, а з нього на електромагнітний клапан 12, який відкривається і масло з обертового гідроциліндру 10 скидається у масляну ванну 14. При цьому обертовий гідроциліндр 10 переміщує рухомий диск 6 ведучого шківів 5 вліво. Активний діаметр ведучого шківів 5 зменшується і натяг ременя 3 знижується. При цьому пружина стискання 9 розпрямляється і переміщує рухомий диск 8 веденого шківів 7 вправо. Активний діаметр веденого шківів 7 збільшується. Таким чином, передавальне число варіатора зменшується і частота обертання відцентрового компресора 3 знижується. Після досягнення встановленого значення частоти обертання сигнал з датчика частоти обертання 15 поступає на пульт управління 16, а з нього на електромагнітний клапан 12, який закривається.

За потреби, регулювання частоти обертання відцентрового компресора 3 можна виконати у ручному режимі.

Виходячи з того, що в існуючих турбокомпресорах газової турбіни і компресор встановлені на одному валу, забезпечується кінематична рівність їх частоти обертання, тобто $n_m = n_k$.

Запропонована схема турбокомпресора дозволяє регулювання частоти обертання турбіни у широкому діапазоні згідно з виразом:

$$n_m = n_k \frac{D_k}{D_m},$$

де n_m – частота обертання турбіни, хв.⁻¹; n_k – частота обертання турбіни, хв.⁻¹; D_k – активний діаметр приводного шківів компресора, мм; D_m – активний діаметр приводного шківів турбіни, мм.

Висновки та рекомендації. Застосування корисної моделі дозволить автоматично встановлювати оптимальну частоту обертання відцентрового компресора, що підвищить якість утворення паливної суміші у двигуні.

Основна перевага при застосуванні варіатора полягає в ефективному використанні компресора на різних режимах роботи двигуна за рахунок оптимального узгодження навантаження на двигун з оборотами колінчастого валу. Тим самим досягається висока паливна економічність та безперервна зміна крутного моменту.

З усього різноманіття різних видів варіаторів на сьогоднішній день можна рекомендувати клиноремінний, клиноланцюговий і тороїдний варіатори.

При застосуванні клиноремінного варіатора рекомендується використовувати гнучкий металевий ремінь, який виготовляють з декількох (10–12) полос сталі та пов'язаних із нею фасонних частин у вигляді метелика. Передача обертання здійснюється за рахунок сил тертя між шківками і бічною поверхнею ремня. Реміні даної конструкції мають високу міцність, довговічність, гнучкість (мінімальний радіус вигину 30мм), низький рівень шуму. Ремінь виготовляється з металевих пластин конічної форми.

Клиноланцюговий варіатор складається з пластин з'єднаних осями. Така конструкція забезпечує кращу гнучкість (радіус вигину 25мм). На відміну від клиноремінного варіатора крутний момент передається торцевою поверхнею ланцюга при її точковому контакті з конічними дисками. У місцях контакту виникають високі напруги, які компенсуються за рахунок виготовлення конічних дисків з високоміцної (підшипникової) сталі. Клиноланцюговий варіатор має найменші втрати при передачі крутного моменту і найвищий коефіцієнт корисної дії.

Тороїдний варіатор включає два співвісних вала зі сферичною (тороїдний) поверхнею, між якими затиснуті ролики. Зміна передавального числа в тороїдний варіаторе виробляється за рахунок зміни положення роликів, а передача крутного моменту за рахунок сил тертя між робочими поверхнями коліс і роликів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Возницький І. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том.1 / И. В. Возницкий. – М. : Моркнига, 2008. – 282 с.
2. Патент на корисну модель UA 91980U, МПК 2014.01. Дизельний двигун з наддувом / Альохін С. О., Салтовський В. В. та інші, заявник та патентовласник ДП «Харківське конструкторське бюро з двигунобудування». – опубл. 25.07.2014.

REFERENCES

1. Voznickiy I. V. Sudovihe dvigateli vnutrennego sgoraniya. Tom.1 / I. V. Voznickiy. – M. : Morkniga, 2008. – 282 s.
2. Patent na korisnu modelj UA 91980U, MPK 2014.01. Dizeljniy dvigun z nadduvom / Aljokhin S. O., Saltovskiy V. V. ta inshi, zayavnik ta patentovlasnik DP «Kharkivskije konstruktorsjke byuro z dvigunobuduvannya». – opubl. 25.07.2014.

Самарин А. Е. ТУРБОКОМПРЕССОР С ВАРИАТОРОМ

Разработан турбокомпрессор, состоящий из газовой турбины или механического привода и центробежного компрессора, который отличается тем, что между газовой турбиной или механическим приводом и центробежным компрессором установлен вариатор, например с ременной передачей, ведущий шкив с подвижным диском которого закреплён на газовой турбине или механической передаче, а ведомый шкив с подвижным диском и пружины сжатия закреплён на центробежном компрессоре. На газовой турбине или механическом приводе установлен вращающийся гидроцилиндр, связанный с подвижным диском ведущего шкива и масляной системой вариатора, в составе которой имеются электромагнитные клапаны, масляный насос и масляная ванна, а на центробежном компрессоре установлен датчик частоты вращения, связанный с пультом управления. Установка между газовой турбиной или механическим приводом и центробежным компрессором вариатора, например с ременной передачей, ведущий шкив с подвижным диском которого закреплён на газовой турбине или механическом приводе, а ведомый

шків с подвижным диском и пружиной сжатия закреплён на центробежном компрессоре позволяет обеспечить регулирование необходимой частоты вращения центробежного компрессора. Установка на газовой турбине или механическом приводе вращающегося цилиндра, связанного с подвижным диском ведущего шкива и масляной системой вариатора, в составе которой имеются электромагнитные клапаны, масляный насос и масляная ванна, а на центробежном компрессоре установка датчика частоты вращения, связанного с пультом управления позволяет обеспечить автоматическое регулирование необходимой частоты вращения центробежного компрессора. Предложенное техническое решение позволит автоматически устанавливать оптимальную частоту вращения центробежного компрессора и повысить качество горения газа в двигателе.

Ключевые слова: турбокомпрессор, вариатор, газовая турбина, механический привод.

Samarin O. E. TURBOKOMPRESSOR WITH VARIATOR

Developed turbokompressor consisting of a gas turbine or mechanical drive and a centrifugal compressor, characterized in that between the gas turbine or driven and centrifugal compressors installed variator, such as a belt drive, driving pulley movable disk is attached to a gas turbine or mechanical transmission and driven pulley movable disk compression spring and mounted on a centrifugal compressor. In gas turbine mechanical drive or set rotating cylinder associated with moving drive driving pulley and variator oil system, which is composed of solenoid valves, oil pump and oil bath, and the centrifugal compressor installed sensor speed, coupled with remote control management. Installation between a gas turbine or a mechanical drive and a centrifugal compressor variator, such as a belt drive, driving pulley with moving drive is attached to a gas turbine or mechanical drive and driven pulley movable disk and spring compression mounted on a centrifugal compressor allows for adjusting the required rotational speed centrifugal compressor. Installation on a gas turbine or driven rotating cylinder linked to a moving drive driving pulley and variator oil system, which is composed of solenoid valves, oil pump and oil bath, and the centrifugal compressor installation of sensors speed, linked with remote control Management enables automatic adjustment required rotational speed centrifugal compressor. The proposed technical solution will automatically set the optimum speed centrifugal compressor, which will improve the quality of education fuel mixture in the engine.

Keywords: turbocharger, variator, gasturbine, mechanical drive.

© Самарін О. Є.

Статтю прийнято
до редакції 03.07.16

ЕЛЕКТРОПРИВОД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З ВИГОТОВЛЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЛАСТИН

Сєліверстова С. Р., к.т.н., доцент кафедри суднового електрообладнання та засобів автоматики Херсонської державної морської академії, E-mail: ussr-72@yandex.ru

Фролов О. М., к.т.н., доцент Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, E-mail: ecezakaf@gmail.com;

Борисова В. А., завідувач лабораторії кафедри суднового електрообладнання та засобів автоматики Херсонської державної морської академії, E-mail: ecezakaf@gmail.com

У роботі розглянуто використання 4-х фазного безконтактного двигуна постійного струму, розробленого для приводу технологічного електроустаткування з виробництва підкладок для компонентів електронної техніки. На базі аналізу сучасних електричних двигунів і огляду існуючих технологічних особливостей процесу різання кремнієвих пластин, запропоновано конструкцію та відображено принцип дії 4-х фазного безконтактного двигуна постійного струму. Дана розробка дає можливість регулювання швидкості обертання та моменту на валу з високою точністю, їх відновлення та підтримку в плинні одного оберту двигуна при різкому зміні навантаження.

Ключові слова: 4-х фазний безконтактний двигун постійного струму, електропривод, технологічне електрообладнання.

Постановка завдання. У сучасній техніці з електроприводами все більше уваги приділяється електроприводам з більшим діапазоном швидкості обертання та з високою стабільністю цієї швидкості. Наряду з цим, електродвигуни повинні бути довговічними, надійними, мати порівняно малу собівартість виробництва.

Для устаткування різки кремнієвих пластин на кристали в виробництві електронної техніки використовують декілька методів: різка алмазними різцями, різка лазерним променем, різка алмазними дисками. Всі ці методи мають як переваги, так і недоліки. Найбільш сучасним методом є різка пластин алмазними дисками. В цьому випадку для того щоб отримати необхідну якість поверхні та зменшення зносу інструмента та обладнання необхідна висока стабільність швидкості обертання валу двигуна [1].

Аналіз типів двигунів, постановка завдання. Промисловість випускає велику кількість різних видів і типів електродвигунів. Також відома безліч способів регулювання швидкості обертання валу двигунів [2].

Найбільше поширення одержали асинхронні електродвигуни змінного струму, тому що собівартість їхнього виробництва (особливо двигунів з короткозамкненим ротором) одна з найнижчих. Однак, застосовувані способи регулювання швидкості у своїй більшості дозволяють регулювати швидкість обертання східчасто, у той час як у сучасній техніці та пристроях автоматики необхідне регулювання швидкості навіть у частки відсотка. Асинхронні двигуни з фазним ротором мають більшу собівартість, чим з короткозамкненим ротором, і менш надійні через застосування механічного контакту із щітками для передачі струму в ротор. Через цей механічний контакт і його стирання згодом асинхронні двигуни з фазним ротором мають зменшену надійність [3].

Синхронні двигуни змінного струму дозволяють підтримувати швидкість обертання навіть при різкій зміні навантаження, але не дозволяють змінювати або задавати цю швидкість, якщо того вимагає технологічний процес. Крім того синхронні двигуни також мають третю частину – механічний контакт для передачі струму ротору. Через більш складну конструкцію синхронні двигуни мають одну із самих найбільших собівартостей виробництва.

Колекторні електродвигуни постійного струму задовольняють багатьом вимогам, які поставлені в даній роботі. По-перше, вони можуть працювати в широкому діапазоні швидкості обертання двигуна. По-друге, вони дозволяють використовувати схеми

з плавним регулюванням швидкості. Крім того, мають невелику собівартість виробництва. Однак через наявність щітково-колекторного контакту надійність таких двигунів досить мала. Також, через можливість появи іскріння, такі двигуни створюють радіоперешкоди й можуть давати коловий вогонь по колекторі, що може стати причиною пожежі.

Для побудови електропривода з високою стабільністю швидкості обертання найбільше підходять безколекторні (безконтактні) двигуни постійного струму. Вони мають електронну комутацію струмів у фазах замість щітково-колекторного вузла, а швидкість обертання двигуна визначається величиною струму в котушках фаз. Спочатку такі двигуни застосовувалися в пристроях запису та відтворення інформації, у тому числі у відеотехніці, у звукотехніці, в обчислювальній техніці. Вони могли бути двох або трифазними. Останнім часом такі двигуни знаходять все більше застосування й у пристроях автоматики та промислового устаткування [4]. Тому розробка безколекторних двигунів і систем керування двигунами має важливе значення для багатьох галузей виробництва.

Метою роботи є розробка електропривода для устаткування різки кремнієвих пластин на кристали, у якому можна задати будь-яку швидкість обертання, та у якому при зміні навантаження задана швидкість та момент на валу підтримується з високою точністю і відновлюється в плинні одного оберту двигуна.

Особливості технологічного процесу. Для різки напівпровідникових пластин на кристали в електронному виробництві використовують декілька методів [5]:

- різка алмазними різцями (скрайберами);
- різка лазерним променем;
- різка алмазними дисками.

Усі ці методи мають як переваги, так і недоліки.

Розглянемо різку алмазними дисками. Необхідність у підвищенні швидкості різання й у зменшенні відходів і собівартості у даній технологічній операції привела до пошуку більш продуктивних та економічних методів. В якості ріжучого інструменту почали використовувати диски з зовнішньою та внутрішньою ріжучою кромкою, яка армірована штучними або природними алмазами.

Спочатку процес був використаний тільки для різки злитків напівпровідникових матеріалів на пластини, дисками з внутрішньою ріжучою кромкою. По мірі розвитку технології виробництва дисків та зменшення їхньої товщини, почалося використання дисків з зовнішньою алмазною кромкою для розрізання напівпровідникових пластин на кристали.

Існують два способи різання напівпровідникових пластин на кристали. Перший спосіб використовують для різання пластин з різним розміром кристалів. В ньому використовують один диск, а столик з пластиною робить зворотньо-поступові рухи по кількості стовпців кристалів на пластині, а після повороту на 90° ще по кількості стовпців в перпендикулярному напрямку. Другий спосіб використовують, якщо треба проводити різку багатої кількості однакових пластин з однаковим розміром кристалів. При цьому способі виготовляють набір алмазних дисків з загальною товщиною до 150 мм. Між дисками ставлять спеціальні кільця з товщиною, яка потрібна для отримання необхідних розмірів кристалів [5, 6].

Різання напівпровідникових пластин на кристали за допомогою алмазного різця проводять на станках типу ЭМ-295, який має наступні технічні данні.

Діаметр робочої поверхні	– 150 мм;
Переміщення стола	– 150 мм;
Швидкість обертання дисків	– до 1500 об/хв ;
Шаг стола	– 0,01-19,99 мм;
Кількість двигунів	– 2;
Потужність двигуна дисків	– 60 Вт;
Потужність двигуна руху столика	– 50 Вт;

Із метою зменшення кількості бракованих кристалів необхідно визначати режими різки пластин на кристали, в тому числі швидкість обертання дисків, та швидкість руху робочого столика. Ці швидкості повинні бути стабілізованими, тому що навіть при незначному відхиленні швидкостей від номінальних різання приводить до появи тріщин та сколів на пластинах.

Таким чином, головна умова отримання високої якості проведення процесу – це отримання високого ступеню стабілізації частоти обертання двигунів, наряду зі зменшенням собівартості, отриманням довговічності та високої надійності.

Пластини з кристалами у процесі виробництва проходять значну кількість термічних операцій при високих температурах (більш 1150 °С), що викликає вигинання пластин. При заданій глибині прорізання канавок в пластинах по діаметру пластини момент опору та навантаження змінюються [5]. Це викликає зміну частоти обертання двигуна, тому що використовуються двигуни з невеликою потужністю [4].

Крім того на різку подають пластини різних типів приладів (діодів, транзисторів, інтегральних мікросхем), які виготовляються з різною товщиною та діаметром, з різним типом підкладки, які мають різні механічні характеристики. Це вимагає змінювати режими різання, тобто регулювати швидкості двигунів у площині однієї робочої зміни. Додатковою перевагою є менший знос інструменту та деталей станка, що зазнають тертя. Усе це приводить до зменшення собівартості виготовляємої продукції.

Будова чотирифазного безконтактного двигуна постійного струму та принцип його дії. Незважаючи на різноманітність форми та розмірів безколекторних двигунів постійного струму, основні елементи та принцип роботи двигунів у всіх них однаковий.

Будову безколекторного (безконтактного) чотирифазного двигуна постійного струму показано на рис. 1.

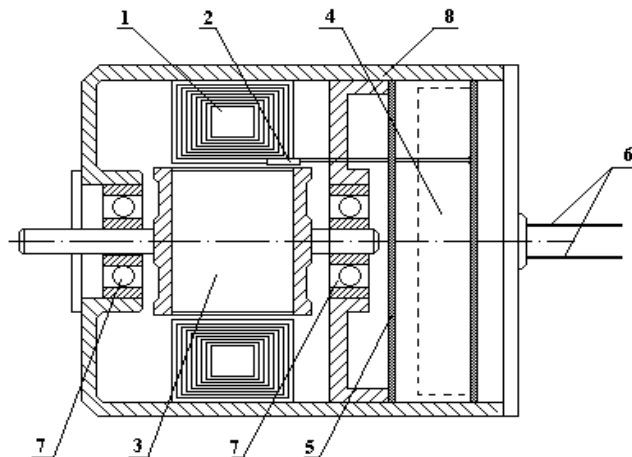


Рисунок 1 – Конструкція безконтактного двигуна постійного струму

У спеціальних пазах полюсних наконечників 1 сердечників статора (рис. 1) розташовують датчики Холла 2. Постійний магніт 3 не має центрального отвору для посадки на вал, він заставляється в спеціальну тонкостінну гільзу та закривається фланцями з обох півосей, що приварюються. Така конструкція ротора дозволяє уникнути виконання центрального отвору в постійному магніті, тому що це часто є причиною появи браку – тріщин і відколів на постійному магніті.

Схема керування із блоком комутаторів виконуються на платах і розташовуються в об'ємі 4. Схеми керування звичайно відділені від механічної частини двигуна перегородкою 5 і закриті металевим ковпаком – екраном. Приведені елементи містяться в корпусі 8.

Стабілізований по швидкості двигун повинен мати три складові частини: сам двигун з силовими обмотками, датчик швидкості та датчик положення ротора [2].

Для керування таким двигуном застосовують датчики Холла та комутатор із чотирма потужними вихідними транзисторами, які по черзі перемикають електричний струм в обмотках.

Чотири обмотки (фази) двигуна розташовуються на явно виражених полюсах сердечника якоря. Датчики Холла встановлюються в пазах полюсних наконечників двох суміжних полюсів. Потужні вихідні транзистори комутатора працюють у ключовому (релейному) режимі. Сигнали на відкриття потрібного транзистора надходять від датчиків Холла, а живлення датчиків Холла здійснюється від джерела живлення з постійною напругою V_{cc2} .

Кожна обмотка (фаза) виконана із двох котушок, розташованих на полюсах сердечника статора та з'єднаних послідовно.

Якщо на якусь з обмоток (фаз) статора проходить струм від початку (Н1-Н4) до кінця обмотки (К1-К4), то полюси сердечника статора здобувають полярність, відповідно S і N.

При положенні ротора, показаному на рис. 2, у зоні магнітного полюса перебуває датчик Холла DX1.

Датчик DX1 виробляє сигнали, по яких транзистор VT(B) переходить у відкритий стан. Тому в обмотці статора W_2 (фаза B) з'явиться струм i_2 , що протікає від Н2 до К2. При цьому полюси статора 2 і 4 здобувають полярність S і N, як показано на рис. 2а. У результаті взаємодії магнітного поля статора, що наводиться струмом, який протікає, і магнітного поля ротора, який наводиться постійним магнітом, з'являється електромагнітний момент M , що обертає ротор.

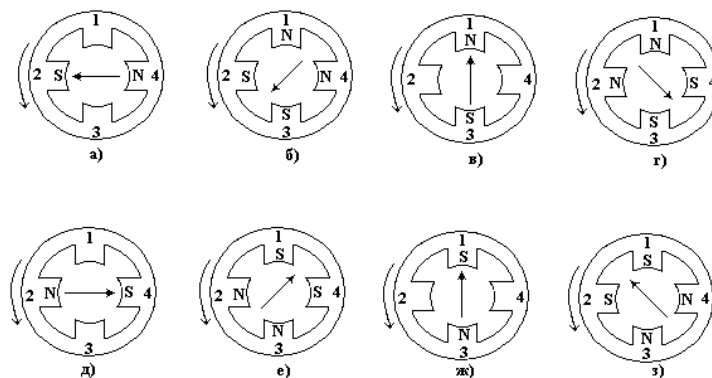


Рисунок 2 – Зміна магнітного поля статора в чотирифазному (чотириполюсному) безколекторному двигуні постійного струму

Після повороту ротора щодо осі полюсів статора 1–3 на деякий кут α проти годинникової стрілки в зоні магнітного полюса ротора S, виявиться датчик Холла DX2. По його сигналах у відкритий стан перемикається транзистор VT(3) і в обмотці W_3 (фаза 3) з'явиться струм i_3 , а полюси 3 і 1 здобувають полярність S і N. При цьому магнітний потік статора буде створюватися спільною дією МДС обмоток W_2 і W_3 . Вектор цього потоку буде повернений щодо осі 2–4 на кут 45° , як показано на рис. 2б.

Ротор, продовжуючи обертання, займає положення по осі полюсів статора 2–4. При цьому датчик Холла DX1 попадає в міжполюсний простір ротора, а датчик Холла DX2 залишається ще в зоні дії магнітного поля полюса S ротора. У результаті транзистор VT(B) закривається і струм через нього вже не протікає, а транзистор VT(C) залишається відкритим і магнітним потоком, створюваний МРС обмотки фази C, повертається щодо осі полюсів 2–4 ще на 45° , як показано на рис. 2в.

Після того, як вісь обертового ротора перетне вісь полюсів статора 2–4, датчики Холла DX1 і DX2 виявляться в зоні дії магнітного поля полюса S ротора, що приводить до перемикання у відкритий стан транзистора VT(D). У результаті в обмотці W_4 (фаза D) з'явиться струм i_4 , а полюси 2 і 4 здобувають полярність N і S. При цьому магнітний потік

статора буде створюватися спільною дією МРС обмоток W_3 і W_4 . Вектор цього потоку буде повернений щодо осі 1–3 на кут 45° , як показано на рисунку 2г.

Ротор, продовжуючи обертання, займає положення по осі полюсів статора 3–1. При цьому датчик Холла DX2 попадає в міжполюсний простір ротора, а датчик Холла DX1 буде в зоні дії магнітного поля полюса S ротора. У результаті транзистор VT(C) закривається і струм через нього вже не протікає, а транзистор VT(D) залишається відкритим і магнітним потоком, створюваний МРС обмотки фази D, повертається щодо осі полюсів 3–1 ще на 45° , як показано на рис. 2д.

Схема керування безколекторним (безконтактним) чотирифазним двигуном постійного струму наведена на рис. 3.

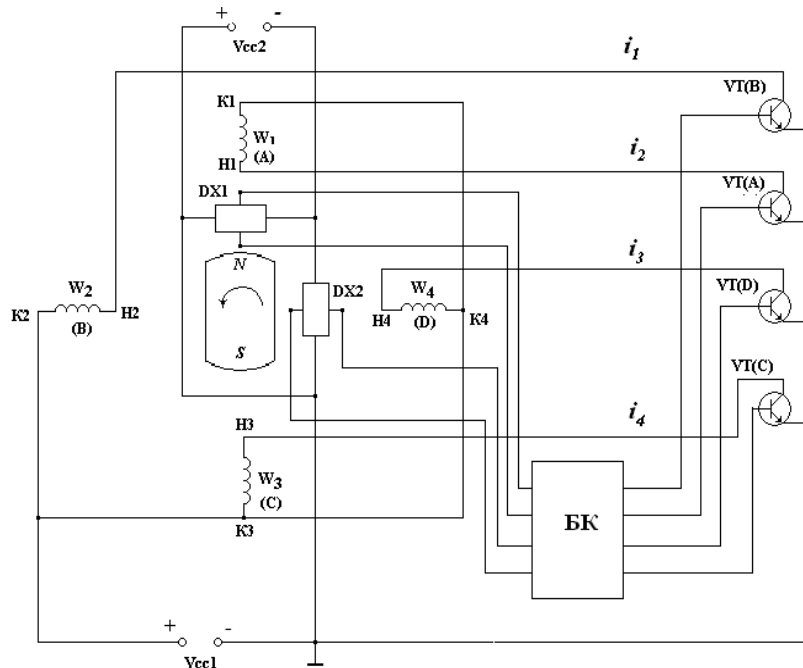


Рисунок 3 – Схема керування безколекторним (безконтактним) чотирифазним двигуном постійного струму

Після повороту ротора щодо осі полюсів статора 3–1 на деякий кут α проти годинникової стрілки в зоні магнітного полюса ротора S, виявиться датчик Холла DX2. По його сигналах у відкритий стан перемикається транзистор VT(A) і в обмотці W_1 (фаза A) з'явиться струм i_1 , а полюси 4 і 2 здобувають полярність S і N. При цьому магнітний потік статора буде створюватися спільною дією МРС обмоток W_4 і W_1 . Вектор цього потоку буде повернений щодо осі 4–2 на кут 45° , як показано на рис. 2е.

Ротор, продовжуючи обертання, займає положення по осі полюсів статора 4–2. При цьому датчик Холла DX1 попадає в міжполюсний простір ротора, а датчик Холла DX2 залишається ще в зоні дії магнітного поля полюса S ротора. У результаті транзистор VT(D) закривається й струм через нього вже не протікає, а транзистор VT(A) залишається відкритим і магнітним потоком, створюваний МРС обмотки фази A, повертається щодо осі полюсів 4–2 ще на 45° , як показано на рис. 2ж.

Після того, як вісь обертового ротора перетне вісь полюсів статора 4–2, датчики Хола DX1 і DX2 виявляться в зоні дії магнітного поля полюса S ротора, що приводить до перемикання у відкритий стан транзистора VT(B). У результаті в обмотці W_2 (фаза B) з'явиться струм i_2 , а полюси 2 і 4 здобувають полярність S і N. При цьому магнітний потік статора буде створюватися спільною дією МРС обмоток W_1 і W_2 . Вектор цього потоку буде повернений щодо осі 1–3 на кут 45° , як показано на рис. 2з. На цьому один оберт ротора закінчується і для наступного оберту обертання двигуна процес перемикання транзисторів та зміни магнітного поля повторюється спочатку.

Зміна напрямку обертання (реверс) двигуна здійснюється зміною полярності напруги живлення датчиків Холла Vcc2. Змінювати полярність напруги на вході двигуна Vcc1 або полярність напруги живлення блоку комутаторів неприпустимо, тому що транзистори обраного типу провідності не зможуть працювати.

Коефіцієнт корисної дії такого двигуна в порівнянні з колекторними двигунами постійного струму вище, що пояснюється відсутністю щітково-колекторного вузла. Тому спостерігається менше електричних втрат у щітковому контакті, а також менше механічних втрат на подолання сили тертя в колекторі.

Висновки. На базі аналізу сучасних електричних двигунів і огляду існуючих технологічних особливостей процесу різання кремнієвих пластин, запропоновано конструкцію та відображено принцип дії та схему керування 4-х фазного безконтактного двигуна постійного струму. Застосування чотирьох фаз дозволяє спростити систему комутації і керування двигуном, тому що в цьому випадку можна використовувати як аналогові, так і досить прості логічні схеми. Дана розробка дає можливість регулювання швидкості обертання та моменту на валу з високою точністю, їх відновлення та підтримку в плинні одного оберту двигуна при різкому зміні навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: навч.посібник / [Попович М. Г., Лозинський О. Ю., Клепкіков В. Б. та ін.]; за ред. Поповича М. Г., Лозинського О. Ю. – К, 2005. – 680 с.
2. Кацман М. М. Електричні машини / Кацман М. М. – М. : Вища школа, 1990. – 394 с.
3. Теория автоматизированного электропривода : [уч.пособие для вузов]. / М. Г. Чиликин, В. И.Ключев, А. С. Сандлер. – М. : Энергия, 2009. – 616 с.
4. Михайлов О. П. Автоматизированный электропривод станков и промышленных роботов : учебник для вузов. / О. П. Михайлов – М. : Машиностроение, 1990. – 304 с.
5. Семенов Ю. Г. Технология.полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники : уч. пособие для вузов. / Ю. Г. Семенов. – М. : Высшая школа, 1990. – 354 с.
6. Никифорова-Денисова С. Н. Технология.полупроводниковых приборов и изделий микроэлектроники : уч.пособие для вузов. / Никифорова-Денисова С. Н. – М. : Высшая школа, 1990. – 298 с.
7. Селіверстова С. Р. Система керування 4-фазним безконтактним двигуном постійного струму / С. Р. Селіверстова, О. М. Фролов // Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні енергетичні установки на транспорті, технології та обладнання для їх обслуговування» (22-23 вересня 2016 г., г. Херсон). – Херсон : ХДМА, 2016. – С. 83–85.

REFERENCES

1. 1. *Elektromekhanichni systemy avtomatychnoho keruvannia ta elektropryvody: navch.posibnyk* / [Popovych M.H., Lozynskiy O.Yu., Klepkikov V.B. ta in.]; za red. Popovycha M.H., Lozynskoho O.Yu.– K, 2005. – 680 s.
2. Katsman M.M. *Elektrychni mashyny* / Katsman M.M. – M.: Vyshcha shkola 1990. – 394 s.
3. *Teoryia avtomatyzyrovannoho elektropryvoda* : [uch.posobyie dlia vuzov]. / M.H. Chylykyn, V.Y.Kliuchev, A.S Sandler. – M.; Yenerhyia, 2009. – 616 s.
4. Mykhailov O.P. *Avtomatyzyrovannyyi elektropryvod stankov y promyshlennykh robotov* : [uchebnyk dlia vuzov]. / Mykhailov O.P. – M.: Mashynostroenye, 1990. – 304 s.

5. Semenov Yu.H. *Tekhnolohyia.poluprovodnykovyikh pryborov y yzdelyi mykrotlektronyky*. [uch.posobye dlia vuzov]. / Semenov Yu.H. - M. : Vyisshaia shkola, 1990. – 354s.

6. Nykyforova-Denysova S.N. *Tekhnolohyia poluprovodnykovykh pryborov y yzdelyi mykroelektronyky*. [uch.posobye dlia vuzov]. / Nykyforova-Denysova S.N. - M. : Vysshaia shkola, 1990. – 298s.

7. Sieliverstova S.R. *Systema keruvannia 4-faznym bezkontaktym dvyhunom postiinoho strumu* / Sieliverstova S.R., Frolov O.M. // VII Mizhnarodna naukovo-praktychna konferentsiia «Suchasni enerhetychni ustanovky na transporti, tekhnolohii ta obladnannia dlia yikh obsluhovuvannia», 22-23 veresnia 2016 h. – Kherson : KhDMA – s.83-85.

Селиверстова С. Р., Фролов А. Н., Борисова В. А. ЭЛЕКТРОПРИВОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПЛАСТИН

В работе рассмотрено использование 4-х фазного бесконтактного двигателя постоянного тока, разработанного для привода технологического электрооборудования по производству подложек для компонентов электронной техники. На основе анализа современных электрических двигателей и обзора существующих технологических особенностей процесса резки кремниевых пластин, предложена конструкция и принцип действия 4-х фазного бесконтактного двигателя постоянного тока. Данная разработка дает возможность регулирования скорости вращения и момента на валу с высокой точностью, их восстановление и поддержание в течении одного оборота двигателя при резком изменении нагрузки.

Ключевые слова: 4-х фазный бесконтактный двигатель постоянного тока, электропривод, технологическое электрооборудование.

Syliverstova S. R., Frolov O. M., Borisova V. A. ELECTRICAL ENGINEERING EQUIPMENT FOR THE PRODUCTION OF SEMICONDUCTOR PLATES

The article describes the use of 4-phase contactless DC motor designed for an electric drive of technological equipment for the production of electronic equipment components' mounts. Based on the analysis and review of modern electric motors and existing technological features of silicon wafers cutting the design and the operating principle of the 4-phase contactless DC motor have been proposed. This development enables adjusting the high-precision torque and rotational speed, their restoration and maintenance during one engine rotation at the sharp load change.

Keywords: 4-phase contactless DC motor, electric drive, technological electrical equipment.

© Селіверстова С. Р., Фролов О. М., Борисова В. А.

Статтю прийнято
до редакції 22.10.16

УДК 629.12.066(076)

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ ВАЖКИХ ПАЛИВ

Сіманенков А. Л., аспірант кафедри суднового електрообладнання та засобів автоматизації Херсонської державної морської академії, E-mail: symon2007@ukr.net;

Рожков С. О., д.т.н., професор, завідувач кафедри суднового електрообладнання та засобів автоматизації Херсонської державної морської академії, E-mail: ecezakaf@gmail.com;

Тимофєєв К. В., к.т.н., доцент кафедри суднового електрообладнання та засобів автоматизації Херсонської державної морської академії, E-mail: ecezakaf@gmail.com

У статті досліджується математична модель паро-підігрівача, де визначаються оптимальні параметри налаштування ПІ-регулятора подачі пари, за характеристиками замкненої системи на межі стійкості. Розглянуто особливості роботи системи регулювання в'язкості важких палив за динамічною моделлю трубчастого парового теплообмінника у підсистемах головного суднового двигуна внутрішнього згорання. В якості об'єкту дослідження використано трубчастий паровий підігрівач фірми Alfa-Laval. При аналізі передавальної функції здійснено ряд припущень, стосовно перенесення тепла, параметрів потоку та термічного опору стінок труб парового підігрівача.

За результатами дослідження виявлено, що для експериментального визначення коефіцієнта посилення і граничного періоду коливань достатньо провести декілька вимірів, а за дискретною згасання першої отриманої кривої можна визначити близькість коефіцієнта посилення до критичного значення.

Ключові слова: паливopідготовка, моделювання систем автоматизації, паливо, парові теплообмінники, контроль температури.

Аналіз проблеми. Багатопаливні системи потребують визначеного режиму роботи з різними сортами палив. Оптимальна робота системи підготовки палива або мастила має свої особливості, котрі істотно впливають на ефективність та довговічність експлуатації суднових двигунів внутрішнього згорання (СДВЗ) [1, 2]. Неефективна експлуатація таких систем призводить до значних порушень в роботі головної суднової енергетичної установки та знижує ефективність роботи енергетичної системи в цілому[3].

Для цього повинна бути виконана підготовка палива, за такими основними параметрами, як в'язкість (cSt) та температура ($^{\circ}C$). Оскільки характеристики палива, що поставляється на судна торговельного флоту, як правило не відповідають вказаним у відповідних сертифікатах на нього, ефективна автоматична робота системи паливо підготовки стає неможливою. Тому сьогодні такі системи потребують нових алгоритмів та законів роботи.

Мета статті: аналіз і моделювання теплообмінних процесів у парових теплообмінниках, що призначені для нагрівання важких видів палива, а також визначення критичного коефіцієнта посилення і граничного періоду коливань ПІ-регулятора подачі пари.

Аналіз останніх публікацій. Дослідження процесів теплообміну та моделювання дозволяє вивчати енергетичні процеси та витрати енергії на системи паливopідготовки при роботі СДВЗ на паливах, які відповідають актуальним вимогам ІМО. В роботах [4, 5, 6,] показано особливості роботи ПІ-регуляторів у об'єктах зі значним транспортним запізнюванням, а також моделювання систем паливо підготовки та вивчення їх характеристик роботи.

Основна частина. Динамічні характеристики парових теплообмінників.

У парових теплообмінниках на зовнішній поверхні труб конденсується пара, унаслідок чого температура їх стінок являється постійною. Ця обставина істотно полегшує аналіз динамічних властивостей таких підігрівачів. На (рис. 1) зображено трубчастий паровий підігрівач палива, в якого по трубках протікає мазут, а на зовнішній поверхні відбувається конденсація пари. Температура палива на виході підігрівача

залежить від витрати палива (збурююча дія) і тиску гріючої пари в підігрівачі, відкриття парорегулюючого клапана, що визначається мірою (регулююча дія). Якщо в парі не міститься домішки газів, що не конденсуються, то температура конденсації однозначно визначається тиском насиченої пари [7, 8].

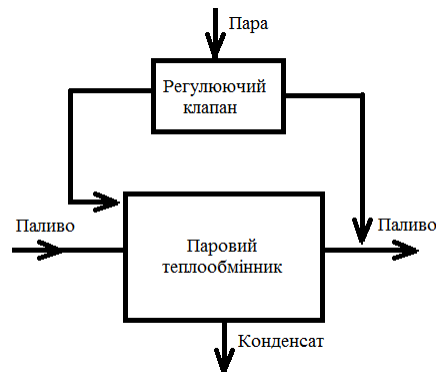


Рисунок 1 – Функціональна схема паро рідинного теплообмінника

Пристаюючи до виведення передавальної функції, що характеризує динаміку температури палива на виході підігрівача, зробимо наступні допущення:

- перенесення тепла в аксіальному напрямі відсутнє;
- усі параметри потоку середовища (палива), що обігрівается, на вході в підігрівач незмінні;
- термічним опором стінок труб, а також тепловою ємкістю плівки конденсату можна знехтувати.

Рівняння теплового балансу для потоку палива на елементарній ділянці труби має вигляд:

$$c_T M_T \frac{\partial \theta}{\partial t} dl + c_T B \frac{\partial \theta}{\partial l} dl = K_1 F_1 (\theta_{CT} - \theta) dl ,$$

або

$$T_1 \frac{\partial \theta}{\partial t} + v T_1 \frac{\partial \theta}{\partial l} dl = \theta_{CT} - \theta . \quad (1)$$

Тут $T_1 = \frac{c_T M_T}{K_1 F_1}$ – постійна часу, с; c_T – питома теплоємність палива, кДж/(кг·°С);

M_T – маса палива на одиницю довжини трубки, кг/м; K_1 – коефіцієнт теплопередачі на внутрішній поверхні трубки, кДж/(м²·с·°С); F_1 – площа внутрішньої поверхні теплообмінника, м²/м; $v = \frac{B}{M_T}$ – швидкість рідини, м/с.

Рівняння теплового балансу для стінки:

$$c_{CT} M_{CT} \frac{\partial \theta_{CT}}{\partial t} dl = K_2 F_2 (\theta_{II} - \theta_{CT}) dl - K_1 F_1 (\theta_{CT} - \theta) dl ,$$

або

$$T_2 \frac{\partial \theta_{CT}}{\partial t} = (\theta_{II} - \theta_{CT}) - \frac{T_2}{T_{1,2}} (\theta_{CT} - \theta) , \quad (2)$$

де $T_2 = \frac{c_{CT} M_{CT}}{K_2 F_2}$ – постійна часу, с; $T_{1,2} = \frac{c_{CT} M_{CT}}{K_1 F_1}$ – постійна часу, с; c_{CT} – питома теплоємність металу стінки, кДж/(кг·°C); M_{CT} – маса трубки на одиницю довжини, кг/м; K_2 – коефіцієнт теплопередачі на зовнішній поверхні труби, кДж/(м²·с·°C); F_2 – площа зовнішньої поверхні, м²/м.

Для вирішення системи рівнянь (1–2,) у часткових похідних скористаємося методами операційного числення. Вводячи в ці рівняння перетворення Лапласа-Карсона відносно незалежної змінної, отримуємо систему звичайних лінійних диференціальованих рівнянь відносно змінної:

$$\left. \begin{aligned} sT_1 \Theta + \nu T_1 \frac{d\Theta}{dl} &= \Theta_{CT} - \Theta; \\ sT_2 \Theta_{CT} &= \Theta_{II} - \Theta_{CT} - \frac{T_2}{T_{1,2}} (\Theta_{CT} - \Theta) \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Виключивши температуру стінки трубки, отримуємо диференціальне рівняння першого порядку:

$$\frac{\nu}{A(s)} \frac{\partial \Theta}{\partial t} + \Theta = \frac{B(s)}{A(s)} \Theta_{II}, \quad (4)$$

у якому

$$\left. \begin{aligned} A(s) &= \frac{(sT_1 + 1)(sT_1 T_{1,2} + T_2 + T_{1,2}) - T_2}{T_1 (sT_2 T_{1,2} + T_2 + T_{1,2})}; \\ B(s) &= \frac{1}{s^2 T_1 T_2 + \left(T_1 + T_2 + \frac{T_1 T_2}{T_{1,2}} \right) s + 1}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Вирішення рівняння (3) для граничної умови:

$$l = 0; \quad \Theta(s, 0) = 0. \quad (6)$$

(відхилення температури палива відлічуються від її постійного значення на вході в підігрівач) представляє собою реакцію ланки першого порядку на ступінчасте збурення:

$$\frac{\Theta(s, l)}{\Theta_{II}(s, l)} = \frac{B(s)}{A(s)} \left\{ 1 - \exp \left[-A(s) \frac{l}{\nu} \right] \right\}. \quad (7)$$

Відношення $\frac{l}{\nu}$ – час проходження палива через підігрівач (транспортне запізнювання z), тому:

$$W_T(s) = \frac{\Theta(s)}{\Theta_{II}(s)} = \frac{B(s)}{A(s)} \{ 1 - \exp[-zA(s)] \}. \quad (8)$$

Моделювання автоматичної системи контролю температури важкого палива.

На борту судна встановлений паровий нагрівач фірми Alfa Laval. Такий тип нагрівача моделюється тому, що легше моделювати пристрої, в яких не відбувається зміна фази. Паливо нагрівається за допомогою трубчастого теплообмінника. Завдання полягає в досягненні стабільної температури мазуту, крім збурень, які виникають при зміні температури або витрати рідкого палива на вході в теплообмінник.

На (рис. 2) зображено схему моделювання системи у середовищі Matlab [9, 10, 11, 12].

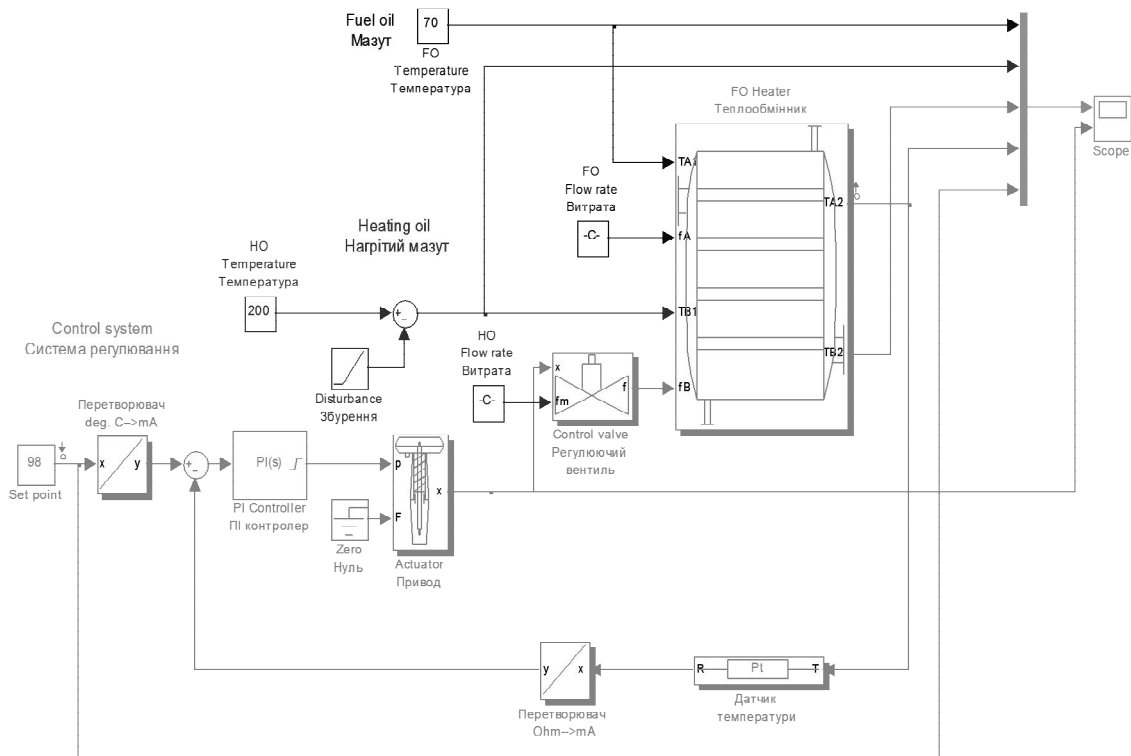


Рисунок 2 – Схема моделювання системи контролю температури мазуту у середовищі Matlab

Система складається з:

– двох лінійних датчиків. Один датчик перетворює задане значення до поточного значення в мА. Другий датчик перетворює поточне значення електричного опору датчика температури в мА, та має передавальну функцію:

$$y(x) = ax + b, \tag{9}$$

де y – вихідний сигнал; x – вхідний сигнал;

$$a = \frac{y_r - y_o}{x_r - x_o}; \quad b = ax_o + y_o,$$

– ПІ контролера. Що має наступну модель:

$$\begin{cases} e(t) = y_o(t) - y(t) \\ u(t) = k_p \left(e(t) + \frac{1}{\tau_c} \int_0^t e(\theta) d\theta + f(t) \right), \\ \tau \frac{df(t)}{dt} + f(t) = \tau_d \frac{de(t)}{dt} \end{cases} \tag{10}$$

де e – сигнал помилки; y_o – величина уставки; y – регульований параметр; u – керуючий вихід; θ – допоміжна змінна часу для інтегруючого елементу; f – допоміжна функція для диференціюючого елементу; k_p – коефіцієнт посилення.

Або у спрощеному вигляді:

$$H_{PID}(s) = kp \left(1 + \frac{1}{\tau_c s} + \frac{\tau_d s}{\tau s + 1} \right). \quad (11)$$

В залежності від величини помилки сигналу він посилає сигнал тиску до приводу. Сигнал помилки неузгодженості в поточних одиницях, між уставкою і фактичним значенням температури мазуту. Тиск сигналу, що посилається з контролера, перетворюється на зміщення штока, який діє на регулюючий клапан:

– привода для керування клапаном. Пристрій регулює значення об'ємної витрати мазуту на вході в теплообмінник, та має модель:

$$m \frac{d^2 x(t)}{dt^2} + b \frac{dx(t)}{dt} + cx(t) + F_f(x(t)) + F_e(t) = A[p(t) - p_{\min}], \quad (12)$$

де $p[Pa]$ – підведений тиск повітря; $x[m]$ – зміщення пари; $F_f[N]$ – сила статичного тертя між парою та паро-спрямовувачем; $F_e[N]$ – зовнішня сила; $A[m^2]$ – ефективна площа поверхні діафрагми; $m[kg]$ – рухаюча маса; $b[\frac{kg}{s}]$ – коефіцієнт демпфірування;

$c = \frac{A(p_{\max} - p_{\min})}{x_{\max}} [\frac{N}{m}]$ – постійна пружини.

– обігрівача-теплообмінника (Fuel oil heater). У цьому пристрої мазут нагрівають до необхідного значення 128-138°C:

$$\begin{cases} p_A c_A V_A * \frac{dT_A(t)}{dt} = p_A c_A * f_A(t) [T_{A1}(t) - T_{A2}(t)] + h_A A_A * [T_w(t) - T_A(t)] \\ p_w c_w V_w * \frac{dT_A(t)}{dt} = h_B A_B * [T_B(t) - T_w(t)] - h_A A_A * [T_w(t) - T_A(t)] \\ p_B c_B V_B * \frac{dT_B(t)}{dt} = h_B A_B * f_B(t) [T_{B1}(t) - T_{B2}(t)] - h_B A_B * [T_B(t) - T_w(t)] \end{cases}, \quad (13)$$

– датчика температури, за допомогою якого температура мазуту на виході з теплообмінника перетворюється в електричний опір:

$$R(T) = kT + R(0^\circ C), \quad (14)$$

де R – опір сенсора; T – температура сенсора;

$$k = \begin{cases} 0.3546 \frac{\Omega}{^\circ C}, \text{ for Pt100} \\ 1.933 \frac{\Omega}{^\circ C}, \text{ for Pt500} \\ 3.866 \frac{\Omega}{^\circ C}, \text{ for Pt1000} \end{cases} \text{ – коефіцієнт посилення;}$$

$$R(0^\circ C) = \begin{cases} 100\Omega, \text{ for Pt100} \\ 500\Omega, \text{ for Pt500} \\ 1000\Omega, \text{ for Pt1000} \end{cases} \text{ – опір при } (0^\circ C).$$

Результати моделювання системи показано на рис. 3.

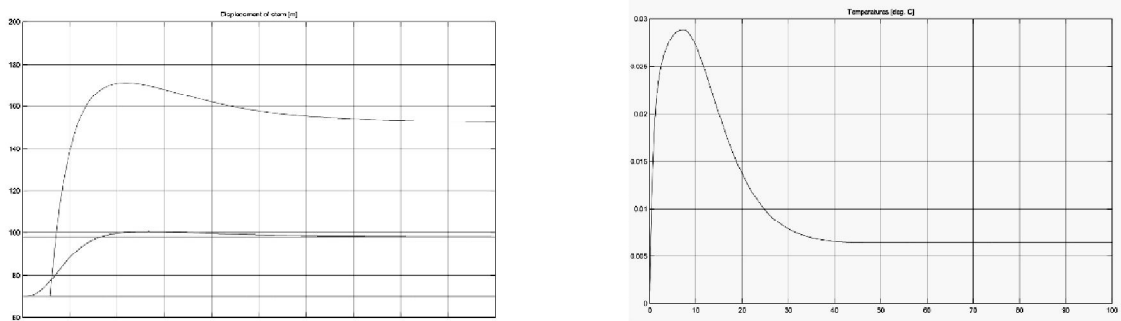


Рисунок 3 – Результати моделювання системи контролю температури мазуту:
а) перехідна характеристика; б) похибка регулювання

Окрім методів налаштування регулятора по характеристиках розімкненої системи існують методи налаштування регуляторів по характеристиках замкнутої системи [13, 14]. Існують два методи розрахунку оптимальних параметрів налаштування, засновані на характеристиках перехідних процесів або у формі незгасаючих коливань (при $K_R/K_R \cdot kp = 1$), або при дискременті загасання 0,25. Розроблений також експрес-метод оцінки параметрів налаштування в замкнутому контурі по величині запізнювання.

Для визначення оптимальних параметрів налаштування САР в'язкості палива по методу незгасаючих коливань перш за все встановлюють час інтеграції регулятора рівним нескінченності [15, 16]. Далі, поступово збільшуючи коефіцієнт посилення регулятора, погіршують стійкість системи, добиваючись її виходу в режим незгасаючих коливань. Досягши цих умов, фіксується значення коефіцієнта посилення $K_R \cdot kp$ і період коливань T_{nn} . Тоді оптимальні настроювальні параметри визначаються $K_R = 0,45 \cdot K_R \cdot kp$; $T_I = 0,83 \cdot T_{nn}$. У даному випадку вихідний сигнал (тиск Р) знімається на виході з регулятора.

Висновки. Якщо в замкненій системі виникають сталі коливання на межі стійкості, то частота їх буде однаковою на виході будь-якої з ланок системи: об'єкту, сервоприводу, вимірювача, регулятора. Тому аналіз амплітудно-фазних коливань проводять там, де амплітуда добре виявляється.

Для експериментального визначення значень критичного коефіцієнта посилення $K_R \cdot kp$ і граничного періоду коливань T_{np} , враховуючи тиск на виході з регулятора, досить провести декілька вимірів. За дискрементом загасання першої отриманої кривої перехідного процесу можна судити про те, наскільки коефіцієнт посилення близький до критичного значення. В експерименті, при режимі незгасаючих коливань, було зафіксовано $K_R \cdot kp = 12,5$ і $T_{nn} = 4$ хв. Таким чином, оптимальними параметрами налаштування регулятора будуть $K_R = 0,45 \cdot K_R \cdot kp = 0,45 \cdot 12,5 = 5,63$; $T_I = 0,83 \cdot T_{nn} = 0,83 \cdot 4 = 3,3$ хв.

Отримані розрахункові дані дають змогу продовжити розробку системи паливопідготовки для головних СДВЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сіманенков А. Л. Ефективність роботи підсистем регулювання температури суднового двигуна внутрішнього згорання. / А. Л. Сіманенков, С. О. Рожков // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених з автоматичного управління / Під ред. В. В. Марасанова та ін. – Херсон : ХНТУ, 2016. – С. 180–183.
2. Константинов В. Н. Системы и устройства автоматизации судовых электроэнергетических установок / В. Н. Константинов. – 1988. – 312 с.

3. Пахомов Ю. А. Судовые электроэнергетические установки с двигателями внутреннего сгорания : учебник. – М. : ТрансЛит, 2007. - 528 с.
4. Беляев И. Г. Автоматизация процессов в судовой энергетике : учебник для студентов высших учебных заведений. / [И. Г. Беляев, Н. Г. Курзенков, В. И. Седых, В. Н. Слесаренко] – Владивосток, 1999. - 414 с.
5. Добровольский В. В. Подготовка в'язких топлив судових малооборотних двигателей. / В. В. Добровольский, С. А. Ханмамедов // Судовые энергетические установки/ – 2010/ – № 26. – С. 46–55.
6. Bimal K. Bose. Power electronics and variable frequency drives: technology and applications / edited by Bimal K. Bose // p.cm. Includes bibliographic references and index, 1997. - 659 p.
7. Michalski L. Temperature Measurement / L. Michalski, K. Eckersdorf and J. McGhee // Includes bibliographic references and index, 1991. - 496 p.
8. Hall, Dennis T. Practical Marine Electrical Knowledge. Second edition. – London, 1999. – 225 p.
9. Mateusz Blonski. Marine fuel heating system. Marine Systems Simulator (MSS), 2010.
10. Flexible dual fuel combustion by SAACKE Marine Systems for M/S Viking Grace. <http://www.saacke.com/ru/novosti-i-rekomendacii/novosti/flexible-dual-fuel-combustion-by-saacke-marine-systems-for-ms-viking-grace/>
11. Alva Laval: Documentation of FOPX Separation Systems and Modules. GMPSE Edition, book No. 1817254-02 V1
12. http://faculty.ksu.edu.sa/Alhumaizi/Documents/GE501-Alhumaizi/CHAP02_ff.doc
13. Czemplik, A. Modele dynamiki ukiadow fizycznych dla inżynierow. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
14. Hobler, T.: Ruch ciepła i wymienniki. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 1979.
15. Сыромятников В. Ф. Наладка автоматики судових энергетических установок : справочник. – Л. : Судостроение, 1989. – 352 с.
16. Ісаєв Є. О. Аналіз систем нечіткого керування судновими енергетичними комплексами на прикладі автоматичних регуляторів температури. / Є. О. Ісаєв, А. Л. Сіманенков // Науковий вісник Херсонської державної морської академії : Науковий журнал. – Херсон : Видавництво ХДМА, 2015. - № 1 (12). – С. 35–41.

REFERENCES

1. Simanenkov A. L., (2016). Efektivnist robotu pidsistem regulyuvannya temperatury sudnovogo dvugyna vnytrishneogo zgoryannya. / A. L. Simanenkov, S. O. Rogkov // Materialu IV Vseykrainskoi naukovo-praktichnoi konferencii studentiv, aspirantiv ta molodux vchenux z avtomatichnogo upravlinnya / Pid red. V.V. Marasanova ta in. – Kherson: HNTU. - 232 s., 180 - 183 ss.
2. Konstantinov V. N. Sistemih i ustroystva avtomatizacii sudovihkh ehlektroehnergeticheskikh ustanovok. – 312 s. il. ISBN 5-7355-0068-6
3. Pakhomov Yu. A., (2007). Sudovihe ehlektroehnergeticheskie ustanovki s dvigatelyami vnutrennego sgoraniya. Uchebnik. – M.: TransLit. - 528 s. il. ISBN 978-5-9476-644-6
4. Belyaev I. G., (1999). Avtomatizaciya procesov v sudovoyj ehnergetike / I. G. Belyaev, N. G. Kurzenkov, V. I. Sedihkh, V. N. Slesarenko // Uchebnik dlya studentov vihsshikh uchebnykh zavedeniyj. –Vladivostok. - 414 s.
5. Dobrovoljskiyj V. V. (2010). Podgotovka vyazkikh topliv sudovihkh malooborotnykh dvigatelej. / V. V. Dobrovoljskiyj, S. A. Khanmamedov // Sudovihe ehnergeticheskie ustanovki (№26), - 202 s. –ss. 46-55.

6. Bimal K. Bose., (1997) Power electronics and variable frequency drives: technology and applications / edited by Bimal K. Bose // p.cm. Includes bibliographic references and index. - 659 p. ISBN 0-7803-1084-5
7. Michalski L., (1991) Temperature Measurement / L. Michalski, K. Eckersdorf and J. McGhee // Includes bibliographic references and index. - 496 p. ISBN 0-471-86779-9
8. Hall, Dennis T., (1999) Practical Marine Electrical Knowledge. Second edition. – London. – 225 p. ISBN 1-85609-182-1
9. Mateusz Blonski. (2010). Marine fuel heating system. Marine Systems Simulator (MSS).
10. Flexible dual fuel combustion by SAACKE Marine Systems for M/S Viking Grace. <http://www.saacke.com/ru/novosti-i-rekomendacii/novosti/flexible-dual-fuel-combustion-by-saacke-marine-systems-for-ms-viking-grace/>
11. Alva Laval: Documentation of FOPX Separation Systems and Modules. GMPSE Edition, book No. 1817254-02 V1
12. http://faculty.ksu.edu.sa/Alhumaizi/Documents/GE501-Alhumaizi/CHAP02_ff.doc
13. Czemplik, A., (2008): Modele dynamiki ukiadow fizycznych dla inżynierow. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
14. Hobler, T. (1979): Ruch ciepła i wymienniki. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
15. Sihromyatnikov V. F., (1989). Naladka avtomatiki sudovihkh ehnergeticheskikh ustanovok: Spravochnik. – L.: Sudostroenie. – 352 s. il. ISBN 5-7355-0084-8
16. Isaev E. O., (2013). Analiz sistem nechitkogo keryvannya sydnovumi electro-energetichnumu kompleksamu na prukladi sydnovux avtomatuchnux regylyatoriv temperatury. / E. O. Isaev, A. L. Simanenkova // Naykovuy visnuk Khersonskoi dergavnoi morskoi akademii : Naykovuy gyrnal : Vudavnuctvo HDMA №2 (9), - 300s., 35 - 41 ss.

Симаненков А. Л., Рожков С. А., Тимофеев К. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЯЗКОСТИ ТЯЖЕЛЫХ ТОПЛИВ

Статья рассматривает особенности работы системы регулирования вязкости тяжелых топлив по динамической модели трубчатого парового теплообменника в подсистемах главного судового двигателя внутреннего сгорания.

Объектом исследования взят трубчатый паровой подогреватель фирмы Alfa-Laval. Задачей исследования является достижение стабильной температуры тяжелого топлива на выходе из теплообменника.

Исследуется математическая модель пароподогревателя, где определяются оптимальные параметры настройки ПИ-регулятора подачи пара, по характеристикам замкнутой системы на границе устойчивости. При выводе передаточной функции осуществлен ряд допущений, о передаче тепла, параметров потока и термического сопротивления стенок труб парового подогревателя.

По результатам исследования выявлено, что для экспериментального определения коэффициента усиления и предельного периода колебаний достаточно провести несколько измерений, а по дискрименте угасания первой полученной кривой можно предположить близость коэффициента усиления до критического значения.

Ключевые слова: *топливоподготовка, моделирование систем автоматики, топливо, паровые теплообменники, контроль температуры.*

Simanenkova A. L., Rozhkov S. O., Tumofeev K. V. HEAVY FUELS VISCOSITY ADJUSTING SYSTEM MODELING

The article briefly considers the peculiarities of viscosity control systems on heavy fuel dynamic model of the tubular steam heat exchanger in the sub-systems of the main marine internal combustion engine.

In the analysis of the problem becomes apparent that the characteristics of the fuel delivered to ships and the characteristics specified in the certificate for it are different, thus automatic operation of the fuel preparation system becomes impossible. On this basis, a number of contemporary scholars are engaged in the studying of heat transfer processes in heavy fuel viscosity control systems. Their scientific works presented in [5, 7, 9].

In the main part of the paper an analysis of the dynamic properties of tubular steam heat exchangers is presented, as well as the derived transfer function of such heat exchanger.

For simulation of the fuel heating system in MatLab, the steam tube heat exchanger Alfa Laval manufacturer was taken as a basis.

Simulation results show that if in a closed system steady oscillations occur at the interface resistance, they will be the same frequency at the output of any unit of the system. For the experimental determination of the critical values of coefficients gain and the boundary of the oscillation period to conduct several measurements is sufficient.

During the experiment, in a mode of continuous wave was recorded: $K_R \cdot kp = 12,5$ and $Tnn = 4$ min. Thus obtained optimal controller settings was detected.

Keywords: *fuel preparation, modeling automation systems, fuel, steam heat exchangers, temperature control.*

© Сіманенков А. Л., Рожков С. О., Тимофеев К. В.

Статтю прийнято
до редакції 20.10.16

УДК 629.5.03:681.5

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Худяков И. В., аспирант кафедры эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики Херсонской государственной морской академии, e-mail: igor.khudiakov@mail.ru, ORCID: 0000-0002-8900-7879;

Амелин М. Ю., аспирант кафедры эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматики Херсонской государственной морской академии, e-mail: igor.khudiakov@mail.ru;

Рудакова А. В., д.т.н., профессор заведующая кафедрой Херсонского национального технического университета, e-mail: rudakovaanna25@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8053-4218

В статье рассматривается возможность оптимизации процессов управления дизельной энергетической установкой с целью обеспечения должного качества работы судовых объектов. Проведен анализ условий движения судна, режимов работы оборудования, современных средств автоматизированного управления скоростью морских судов. Обоснована необходимость проведения ряда исследований для разработки адаптивной системы дистанционного автоматизированного управления дизельной энергетической установкой в ходовых режимах.

Ключевые слова: дизельная энергетическая установка, оптимальный режим работы, оперативное управление, скорость судна, судовый двигатель.

Введение. Дизельные энергетические установки (ДЭУ) современных морских судов характеризуются высокой мощностью и имеют в своем составе большое число двигателей, механизмов и систем. Они обеспечивают движение судна с требуемой скоростью, снабжают электрической и тепловой энергией различных потребителей при условии обеспечения высокой эргономичности, надежности и длительности работы отдельных агрегатов и судовой энергетической установки в соответствии с правилами технической эксплуатации. Повышение эффективности эксплуатации ДЭУ возможно за счет оптимизации процессов управления ДЭУ в ходовых режимах и обеспечения должного качества работы, как судовых объектов, так и средств автоматизации [1].

Актуальность исследований. Дизельные двигатели обычно используются на большинстве судов в качестве главных и/или вспомогательных двигателей. Наиболее распространенным типом судовых энергетических установок являются дизельные установки с прямой передачей (рис. 1) [2].

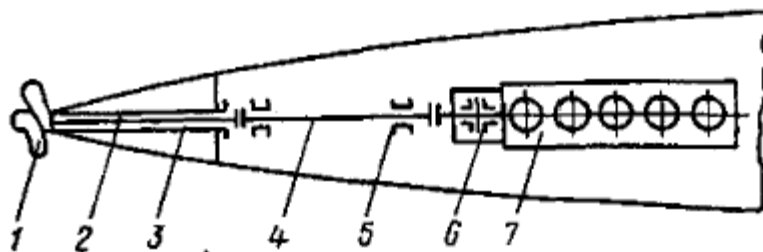


Рисунок 1 – Схема дизельной установки с прямой передачей:

- 1 – движитель (гребной винт); 2 – гребной вал; 3 – дейдвудная труба; 4 – промежуточный вал;
5 – опорные подшипники; 6 – упорные подшипники; 7 – главный двигатель

Судовые двигатели предназначены для работы на различных эксплуатационных режимах в широком диапазоне изменения мощностей и угловой скорости вала. При этом должны обеспечиваться требуемые технико-экономические характеристики двигателей в соответствии с техническими условиями.

Обеспечение этих характеристик на расчетных режимах не вызывает больших трудностей [3]. Однако в сложных навигационных и климатических условиях обеспечить

должную работоспособность ДЭУ при предельных мощностях и угловых скоростях вала главных двигателе зачастую не получается. В случае работы с максимальной мощностью двигатель может испытывать перегрузки по крутящему моменту, которые могут значительно превышать номинальное значение. Вследствие максимальной топливоподачи двигатель работает с тепловыми перегрузками. В ходовых режимах важной задачей является поддержание заданной угловой скорости вала двигателя для обеспечения движения судна с требуемой скоростью.

На большей части современных судов, соответствующих классу автоматизации А2 (А1), согласно требованиям Регистра, предусмотрено наличие интегрированной системы автоматизированного управления (ИСАУ) скоростью судна, которая по сути является совокупностью трех систем: дистанционного автоматизированного управления главным двигателем (СДАУ ГД), обеспечения целостности (СОЦ), адаптации к условиям эксплуатации (СА). СДАУ ГД предназначена для выполнения задаваемых с мостика команд по управлению работой главного двигателя (пуска, изменения режимов, остановки, поддержания назначенных режимов). СОЦ осуществляет операции мониторинга работы, обнаружения неполадок, диагностики неисправностей, защиты от поломок, восстановления целостности, аварийно-предупредительной сигнализации. СА предназначена для оптимизации рабочих процессов главного двигателя и его вспомогательных подсистем с учетом заданных критериев эффективности. Обобщенная структурная схема ИСАУ скоростью судна показана на рис. 2 [4].

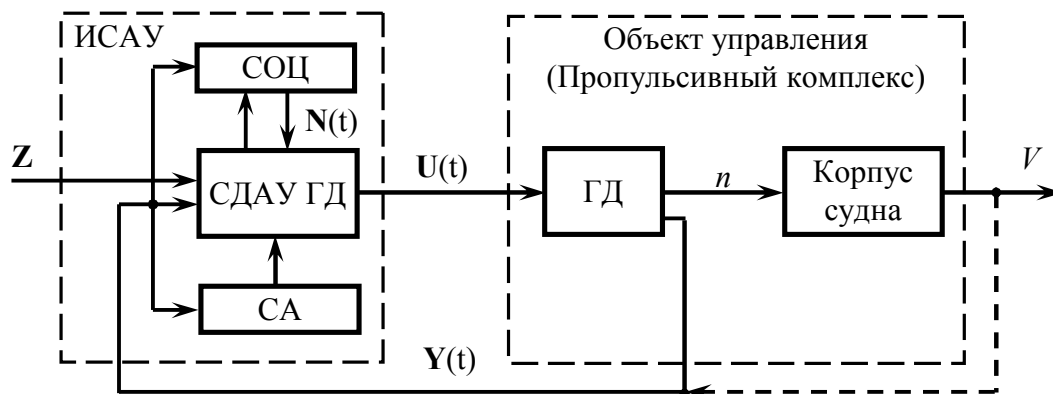


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема ИСАУ скоростью судна:

Z – задание (программа работы) системы; $U(t)$ – вектор управления главной движительной установкой; $N(t)$ – вектор воздействий, связанных с обеспечением целостности; $Y(t)$ – вектор параметров состояния ГДУ; n – частота вращения гребного винта; V – скорость хода

Процесс управления выполняется оператором и сводится к изменению заданий или программ работы автоматизированного оборудования. Параметры управляющего вектора $U(t)$ находятся по заданию системы Z и вектору состояния главной движительной установки (ГДУ) $Y(t)$, который непосредственно зависит от задания Z и от функций, выполняемых СОЦ, то есть от $N(t)$. Автоматические регуляторы обеспечивают поддержание наиболее важных параметров функционирования главных двигателей и вспомогательных механизмов. На главном двигателе для стабилизации его работы установлены регуляторы угловой скорости вала, температуры охлаждающей воды и масла, вязкости топлива, температуры продувочного воздуха. Однако не всегда оказывается возможным обеспечить высокое качество процессов управления главным двигателем, несмотря на использование в системе управления ДЭУ современных автоматических регуляторов [5].

Актуальной задачей является разработка и внедрение новых методов и технических средств для судовых систем дистанционного автоматизированного управления, которые

позволят повысить эффективность работы ДЭУ за счет использования методов адаптивного управления, что может привести к уменьшению топливотребления и повышению надежности и безопасности эксплуатации оборудования.

Постановка задачи. Целью исследований является анализ возможностей оптимизации процессов оперативного управления ДЭУ для повышения эффективности эксплуатации в динамических режимах работы судна с учетом навигационных и климатических условий.

Результаты исследований. Условия движения судна, работы главных двигателей и вспомогательных механизмов не остаются постоянными в связи с изменением состояния моря и погоды, фарватера и районов плавания, производственных заданий и рабочих режимов.

Режимы работы ДЭУ характеризуются совокупностью многих параметров, определяющих эффективную мощность N_e и эффективный удельных расход топлива g_e (экономичность) или эффективный коэффициент полезного действия η_e . К числу этих параметров относятся: крутящий момент M , угловая скорость вала ω , расход топлива G или положение органа топливоподачи h , давление наддува p_n , температура охлаждающей воды T и др. При исследовании двигателя, как объекта системы автоматического регулирования, управляющими воздействиями является количество подаваемого топлива, а в качестве возмущающих рассматривается момент сопротивления, приложенный к валу [6].

Динамические режимы работы двигателя определяются дифференциальным уравнением вида:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_e - M_c, \quad M_e = f(\omega, h), \quad M_c = f(\omega, \lambda_p), \quad (1)$$

где J – приведенный к оси вала момент инерции всех движущихся элементов двигателя, редуктора, валопровода и гребного винта с присоединенными массами воды. В реальных условиях статические характеристики эффективной мощности имеют вид, представленный на рис. 3. Уравнение (1) является нелинейным, так как в правой части находятся нелинейные зависимости.

В процессе управления ДЭУ при перемещении топливрегулирующего органа с целью увеличения топливоподачи ($h_1 > h_2 > h_3$) статистические характеристики смещаются вверх.

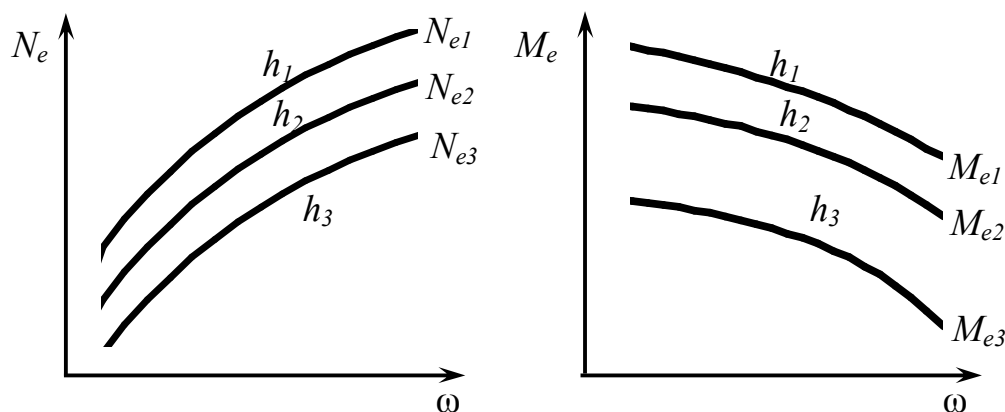


Рисунок 3 – Статические характеристики:

а) – эффективная мощность

б) – эффективный крутящий момент

Момент сопротивления вращению гребного винта (винтовые характеристики) соответствуют квадратичному закону:

$$M_c = K_M \omega^2, \quad (2)$$

где ω – угловая скорость вала (гребного винта).

Винтовые характеристики мощности сопротивления пропорциональны кубическому закону:

$$N_c = K_N \omega^3. \quad (3)$$

В зависимости от положения регулирующих органов и условий плавания, характеристики (2) – (3) могут изменяться, как показано на рис. 4. При ухудшении условий плавания (встречный ветер, обрастание поверхности корпуса и винта и т.п.) момент сопротивления вращению M_c возрастает.

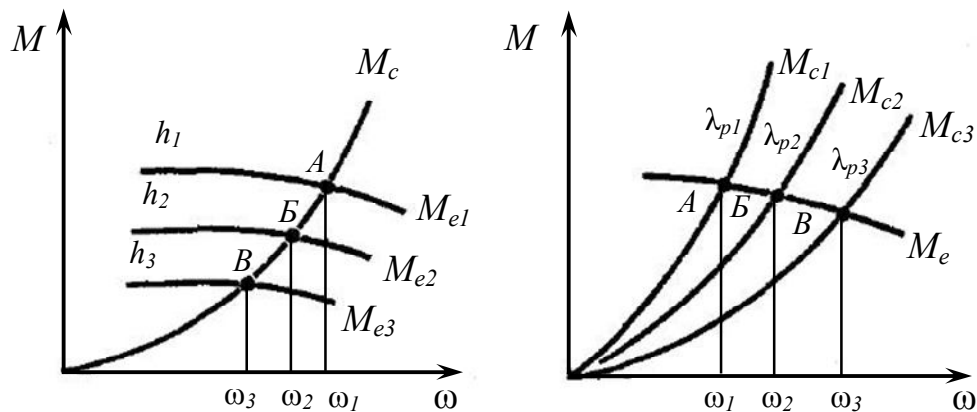


Рисунок 4 – Установившиеся режимы работы двигателя:

а) – при различной топливоподаче; б) – при различных условиях плавания

В реальных условиях работы ДЭУ могут происходить одновременные изменения положений статических характеристик эффективной мощности и мощности сопротивления. На рис. 5 показано область возможных рабочих режимов работы, которая ограничивается предельными графиками статических характеристик максимальной $N_{e1} = f(h_{\max})$ и минимальной эффективной мощности $N_{e2} = f(h_{\min})$, минимальной мощности сопротивления $N_{c2} = f(\lambda_{p_{\max}})$ и граничными значениями минимальной и максимальной частоты вращения. Область возможных режимов работы на рис. 5 показана в заштрихованном виде.

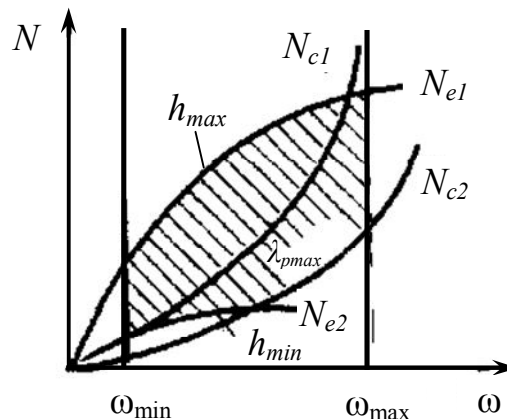


Рисунок 5 – Область возможных режимов работы ДЭУ

Винтовые характеристики (2) являются характеристиками нагрузки для судового двигателя, работающего на гребной винт, и зависят от условий движения судна и гребного винта (силы или направления ветра, степени волнения моря или глубины фарватера, состояния поверхности корпуса судна или винта, осадки судна и других факторов) [1]. При ухудшении условий плавания (встречный ветер, обрастание поверхности корпуса и винта и т.д.) момент сопротивления вращению M_c возрастает, при этом изменяются и скорость судна, и относительная поступь винта:

$$\lambda_p = \frac{2\pi v_c}{\omega_b D}, \quad (4)$$

где v_c – скорость судна; ω_b – угловая скорость гребного винта; D – диаметр гребного винта.

Возмущающие воздействия по нагрузке могут возникать, например, при оголении винта или перекладке лопастей винта регулируемого шага, повороте рулей, изменении глубины под килем или силы действующего на корпус судна ветра, волнения и других факторов. Все это инициирует возникновение динамических режимов, в результате которых двигатель испытывает избыток или недостаток количества энергии.

Наиболее важными параметрами, которые в большей степени характеризуют динамический режим работы, являются угловая скорость вала и температура охлаждающей воды двигателя. В маневренных режимах из-за вероятного возникновения тепловых перегрузок область возможных рабочих режимов значительно сужается и надежность ДЭУ существенно зависит от эффективности работы вспомогательных подсистем.

Одним из основных путей повышения эффективности работы судна является эксплуатация энергетической установки на оптимальных режимах работы. Минимизация удельного расхода топлива является целью оптимизации в ходовых режимах, а в маневренных – обеспечение заданной траектории движения судна.

Автоматические регуляторы способны поддерживать заданную угловую скорость вала двигателя путем воздействия на его топливорегулирующий орган, однако коэффициенты их настройки определяются для заранее известных статических характеристик для эффективной мощности, эффективного крутящего момента, винтовых характеристик, а регулирование осуществляется по предельным значениям в области возможных режимов. При стохастично изменяющихся внешних условиях плавания наблюдается отклонение от оптимальных режимов работы.

Для разработки надлежащих методов и средств оперативного управления судовой ДЭУ необходимо осуществить исследования в следующей последовательности: 1) исследование влияния различных факторов на эффективность работы ДЭУ; 2) разработка и усовершенствование математических моделей, описывающих процесс функционирования пропульсивного комплекса; 3) формулировка функционала цели и задачи оптимального управления ДЭУ; 4) обоснование структуры и состава подсистемы мониторинга для измерения параметров режима работы ДЭУ (внутренних и внешних); 5) разработка адаптивную систему для управления ДЭУ в изменяющихся условиях; 6) создание и усовершенствование аппаратных и программных средств для оперативного управления пропульсивным комплексом и их апробация путем экспериментальных исследований.

Выводы. Эффективная работа ДЭУ при использовании автоматизированной системы дистанционного управления возможна путем усовершенствования работы верхнего уровня управления. Усовершенствование системы управления ДЭУ должно сопровождаться внедрением современных подсистем мониторинга, обеспечивающих постоянный контроль параметров внешних условий, состояния объекта и состояния оборудования. Применение интегрированной автоматизированной системы для оперативного управления ДЭУ с использованием методов адаптивного управления обуславливает гарантированную поддержку рациональных условий функционирования элементов ДЭУ, а также экономичное использование различных ресурсов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ланчуковский В. И. Автоматизированные системы управления судовых дизельных и газотурбинных установок : учебник / В.И. Ланчуковский, А. В. Кузьминых. – М. : Транспорт, 1983. – 320 с.
2. Пахомов Ю. А. Судовые энергетические установки с двигателями внутреннего сгорания : учебник. / Ю. А. Пахомов. – М. : ТрансЛит, 2007. – 528 с.
3. Автоматизация процессов в судовой энергетике : учебник для вузов. / И. Г. Беляев, Н. Г. Курзенков, В. И. Седых, В. Н. Слесаренко. – Владивосток, 1999. – 453 с.
4. Вагущенко Л. Л. Системы автоматического управления движением судна / Л. Л. Вагущенко, Н. Н. Цымбал – Одесса : Фенікс, 2007. – 328 с.
5. Woodward Electronic Controls for Engines. [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://www.woodward.com/electroniccontrolsengine.aspx>.
6. Токарев Л. Н. Системы автоматического регулирования. Примеры схем и структур, статические и динамические характеристики, математические модели, элементы теории регулирования / Л. Н. Токарев – СПб. : «Нотабене», 2001. – 192 с.

REFERENCES

1. Lanchukovskyi, V.I. & Kuzmynikh, A.V. (1983) Avtomatyzyrovannyye systemy upravleniya sudovykh dyzelnykh y hazoturbynykh ustanovok. Moskva: Transport.
2. Pakhomov, Yu.A. (2007) Sudovye enerhetycheskiye ustanovky s dvyhateliamy vnuhrenneho shoraniya. Moskva: TransLyt.
3. Beliaev, Y.H., Kurzenkov, N.H., Sedykh, V.Y., Slesarenko, V.N. (1999) Avtomatyzatsiya protsessov v sudovoi enerhetyke: uchebnyk dlia vuzov. Vladyvostok.
4. Vahushchenko, L.L., Tsymbal, N.N. (2007) Systemy avtomatycheskoho upravleniya dvyzhenyem sudna. Odessa: Feniks.
5. Woodward Electronic Controls for Engines. [www.woodward.com](http://www.woodward.com/electroniccontrolsengine.aspx). – Retrieved from <http://www.woodward.com/electroniccontrolsengine.aspx>.
6. Tokarev, L.N. (2001) Systemy avtomatycheskoho rehulyrovaniya. Prymery skhem i struktur, statycheskiye y dynamycheskiye kharakterystyky, matematycheskiye modely, elementy teoryu rehulirovaniya. SPb.: «Notabene».

Худяков І. В., Амелін М. Ю., Рудакова Г. В. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ ДИЗЕЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

У статті розглядається можливість оптимізації процесів управління дизельної енергетичної установкою з метою забезпечення належної якості роботи суднових об'єктів. Проведено аналіз умов руху судна, режимів роботи обладнання, сучасних засобів автоматизованого управління швидкістю морських суден. Обґрунтовано необхідність проведення ряду досліджень для розробки адаптивної системи дистанційного автоматизованого управління дизельної енергетичної установкою в ходових режимах.

Ключові слова: дизельна енергетична установка, оптимальний режим роботи, оперативне управління, швидкість судна, судновий двигун.

Khudiakov I. V., Amelin M. Y., Rudakova A. V. IMPROVING THE EFFICIENCY OF SHIP DIESEL POWER PLANTS

The possibility of optimizing the management process of the diesel power plant in order to ensure proper quality of marine facilities. Analysis of the conditions for movement of the vessel, equipment operation modes, advanced automated management tools of speed ships are spented. The necessity of carrying out a series of studies for the development of an adaptive system of remote automated control of the diesel power plant in the running mode.

Keywords: diesel power plant, the optimal mode of operation, operational management, speed of the vessel, the ship's engine.

© Худяков І. В., Амелін М. Ю., Рудакова Г. В.

Статтю прийнято
до редакції 07.11.16

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Шепель Л. С., преподаватель Морского колледжа Херсонской государственной морской академии;

Попенко Т. В., преподаватель Херсонского политехнического колледжа Одесского национального политехнического института

Режимы работы судна и главного двигателя, а также тип систем утилизации, во многом определяют эффективность энергосбережения. Структура судовой электроэнергетической системы, должна улучшать показатели энергосбережения, повышать комфортность, надёжность, маневренность, рентабельность судна. В статье представлены и проанализированы структурные схемы судовых электроэнергетических систем с точки зрения эффективности применения их на судах различных типов и наличия элементов энергосбережения.

Ключевые слова: судовые системы электроснабжения, энергосбережение, дизель электрические установки.

Вступление. Одной из важных задач транспортного и энергетического машиностроения сегодня является экономия энергетических ресурсов. Создание высокоэкономичных двигателей с эффективными энергосберегающими системами – путь к решению этой задачи.

В настоящее время основными двигателями судов морского транспортного флота являются малооборотные дизели. Для экономии энергетических ресурсов на судах разработаны комплексные системы, использующие теплоту отработавших газов, наддувочного воздуха и пресной воды, охлаждающей втулки цилиндров. Такие системы включают в себя дорогостоящие утилизационные котлы, паровые турбины, дополнительное теплообменное оборудование и системы автоматики. На современных судах устанавливают также валогенераторные, турбокомпаундные и комбинированные (валогенератор-турбокомпаунд) системы, которые используют вторичные энергоресурсы для выработки тепловой и электрической энергии.

Эффективность энергосбережения на судне во многом определяется как типом систем утилизации, так и реальными условиями эксплуатации, такими как: режимы работы судна и главного двигателя, а также параметры окружающей среды. Важным вопросом так же является правильный выбор судовой электроэнергетической системы, которая позволяет улучшить не только показатели энергосбережения, но и повысить комфортность, надёжность, маневренность, рентабельность судна в целом.

Целью написания статьи является краткий обзор конфигураций дизель-электрических силовых установок, анализ их достоинств и недостатков.

Основная часть. Одной из «классических» конфигураций электрической двигательной установки является установка порома RoPax. Она состоит из высокоскоростных электродвигателей (900, 1200 оборотов в минуту), зубчатой передачи, преобразователей частоты и трансформаторов.

В качестве преимуществ такой системы следует отметить: отработанные технологии монтажа и технической эксплуатации, а к недостаткам большие массогабаритные размеры.

Особенностью эксплуатации морских «офшорных» судов, таких типов как платформы, суда снабжения (PSV), буксиры для обработки якорей, суда морского строительства (НРЦ), водолазные (DSV), является потребность в динамическом позиционировании и сохранении способности удерживаться в одном положении. Такие суда чаще всего имеют гибридную дизель-механическую и дизель-электрическую силовую установку. В схемах судовой электроэнергетической системы используют преобразователи частоты с 6-импульсной конфигурацией по активному фронту.

Это даёт преимущество в использовании пространства для электроагрегата, так как можно избавиться от тяжелых и громоздких питающих трансформаторов.

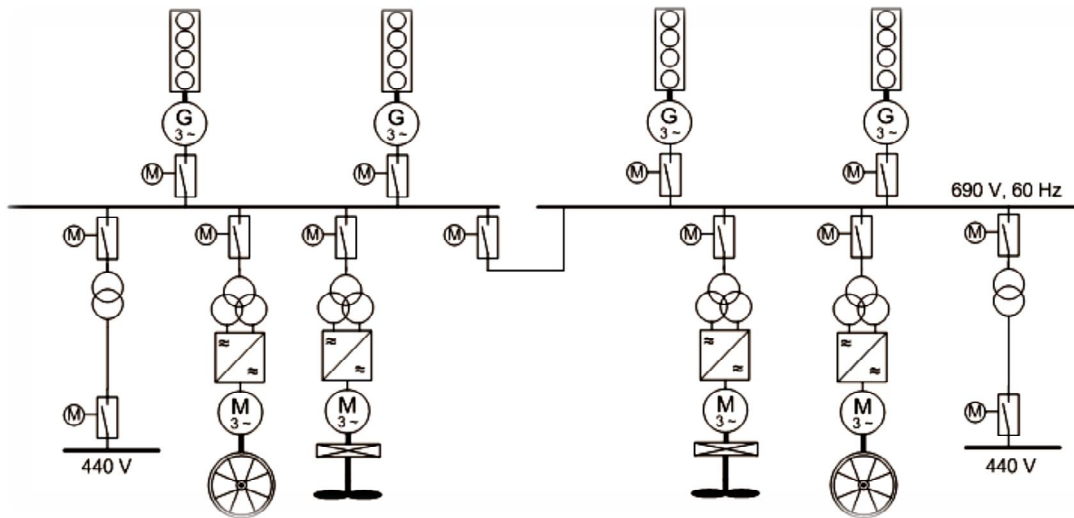


Рисунок 1 – Конфигурация СЕЕС парома RoPax

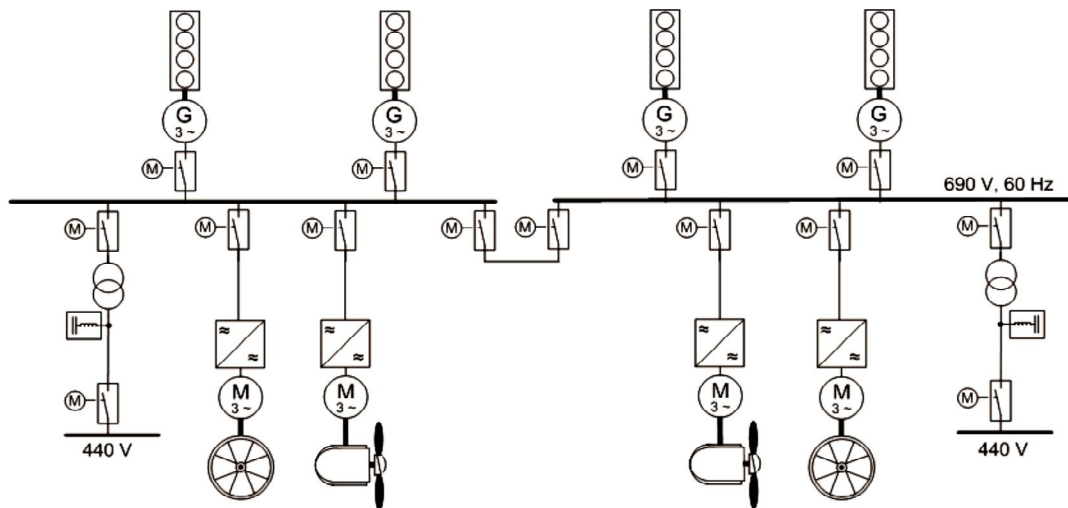


Рисунок 2 – Дизель электрическая-конфигурация СЭЭС судов типа платформы и судна снабжения PSV

Оптимальной конфигурацией электроэнергетической установки для танкеров и газовозов можно считать установку с двумя высокоскоростными электродвигателями (например, 600–750 об/мин) и редуктором. Такая установка обычно имеет установленную мощность генераторов переменного тока около 40 МВт. В качестве главных двигателей здесь используются синхронные двигатели с высокой тяговой мощностью и более высокой производительностью. Недостатком такой установки является сложность и громоздкость системы в целом. Такая конфигурация СЭЭС также является надежным решением для ледоколов и большегрузных танкеров.

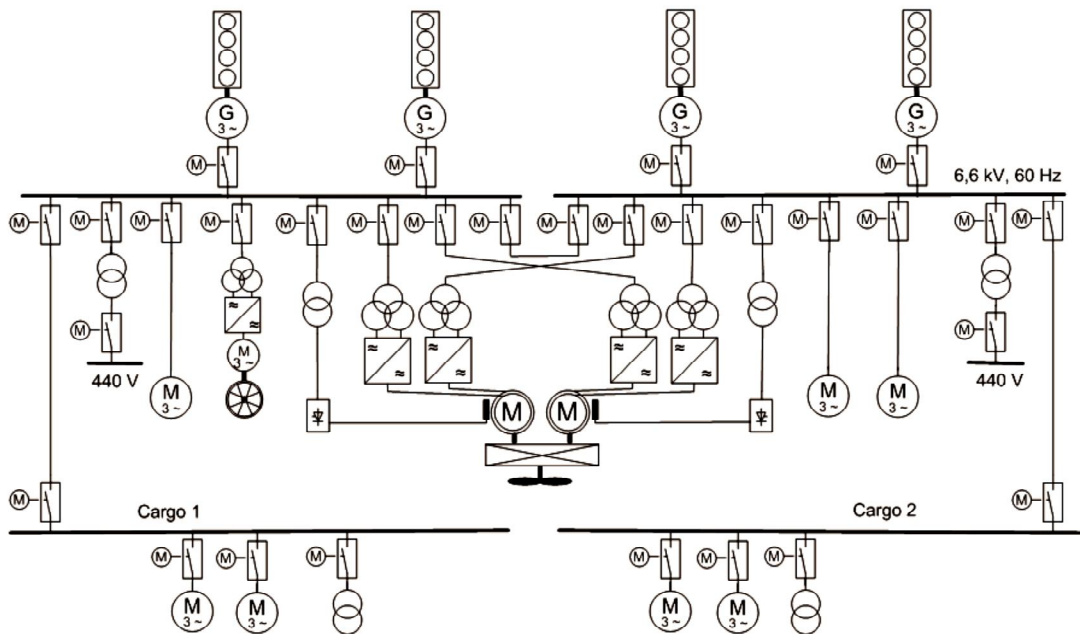


Рисунок 3 – Конфигурация дизель электрической установки танкера для перевозки СПГ с зубчатой передачей, одинарным винтом регулируемого шага.

Пассажирские круизные суда и паромы должны быть безопасны и комфортабельны, иметь повышенную маневренность в акватории порта, высокую надежность и избыточный запас электроэнергии, а также низкий уровень шума и вибрации от машин и механизмов судна. В качестве главных двигателей в схеме используют электродвигатели, что обеспечивает уменьшение шума и вибрации, а также повышает экологичность установки. Для бесперебойного электроснабжения предусмотрено питание от двух независимых секций главного шинопровода.

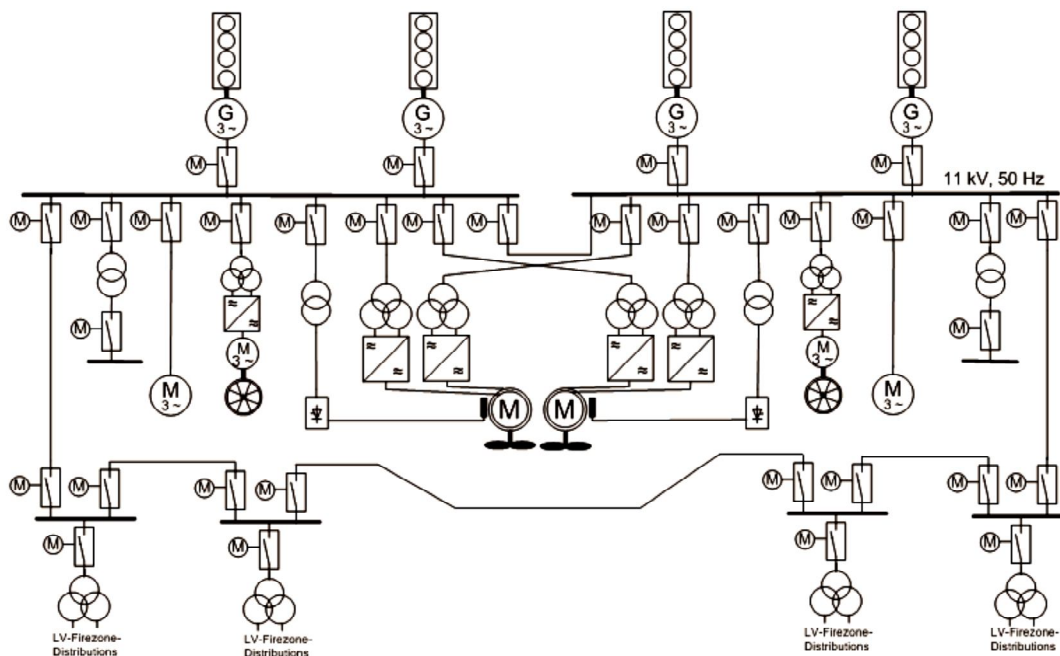


Рисунок 4 – Конфигурация дизель-генераторной установки на круизном лайнере, двухвинтовой с зубчатой передачей

Современные разработки характерны внедрением интеллектуальных решений, таких как комбинация гребного электродвигателя, работающие на двух постоянных скоростях (средняя, высокая) и винтом регулируемого шага. Такую конфигурацию

электроэнергетической системы целесообразно устанавливать на судах с горизонтальной погрузкой типа RoRo. Система обеспечивает высокую надежность, компактность и низкие электрические потери.

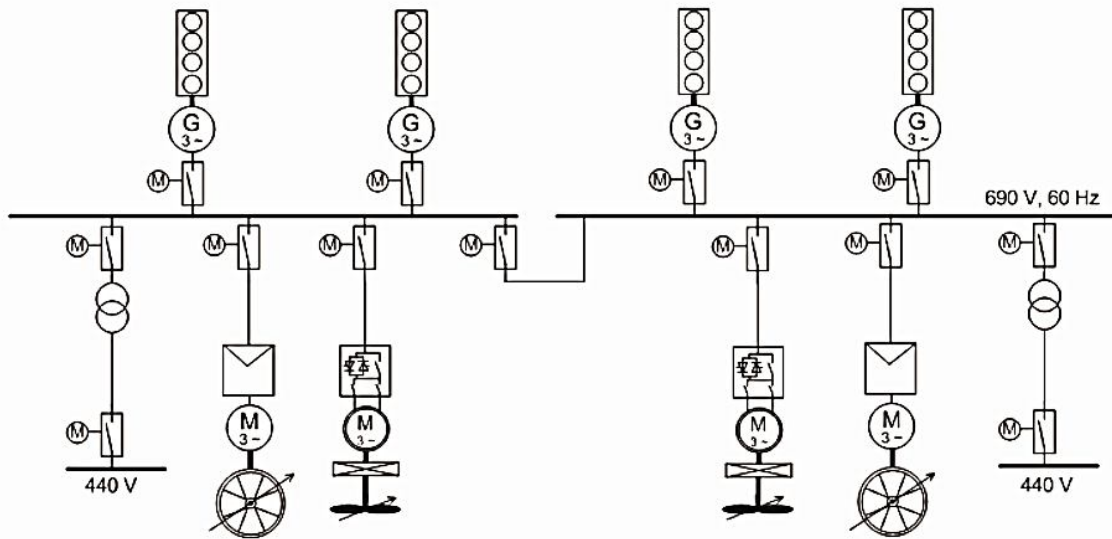


Рисунок 5 – Конфигурация дизель электрической системы Конфигурации СЭЭС судна типа RoRo, с двухвинтовой, зубчатой передачей

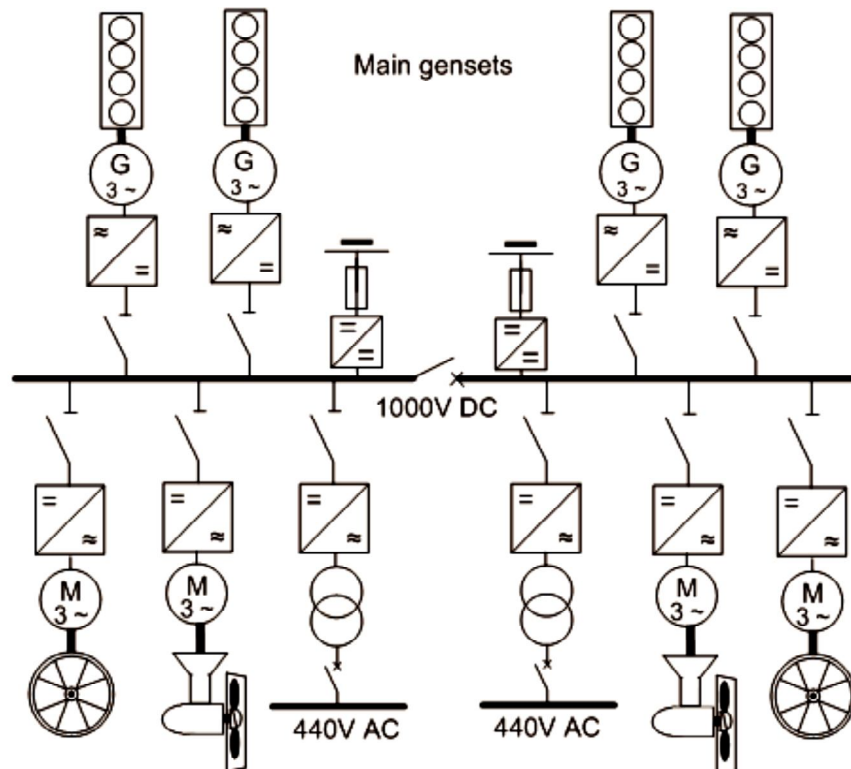


Рисунок 6 – Конфигурация энергосберегающей электрической двигательной системы с переменной скоростью

Последние разработки в области дизель-электрических двигательных установок – это электрические системы, где дизельный двигатель может работать на переменной скорости, что дает огромный потенциал в экономии топлива. Применение дизель-генераторов с частотно-регулируемыми приводами дает возможность корректировать скорость вращения ротора генератора в зависимости от нагрузки системы. Такие системы

снабжены аккумуляторными батареями, которые используют как накопители электроэнергии при перераспределении нагрузки и дополнительные источники электричества. Реализация такой системы на судне позволяет сократить энергопотребление до 30 %.

Выводы. Анализ представленного материала позволяет сделать вывод о том, что вопрос разработки и выбора конфигурации судовой электроэнергетической системы является одним из ключевых факторов энергосбережения на судах. А многообразие вариантов конфигураций систем позволяет обеспечить надежность, экологичность и экономичность энергосберегающей системы для судов с разнообразными условиями эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Румб В. К. Судовые энергетические установки. Судовые дизельные энергетические установки / В. К. Румб – СПб. : РИЦ СПбГМТУ, 2007. – 616 с.
2. Ваншейдт В. А. Учебник для вузов / Ваншейдт В. А. – Л. : Судостроение, 1978. – 392 с.
3. Камкин С. В. Эксплуатация судовых дизельных энергетических установок. : учебное пособие для вузов / С. В. Камкин – М. : Транспорт, 1985. – 288 с.
4. Даниловский А. Г. Автоматизированное проектирование судовых валопроводов / А. Г. Даниловский. – Л. : ЛКИ, 1985. – 309 с.
5. Лемин Л. А. Эксплуатация судовых систем электроснабжения : учебное пособие / Л. А. Лемин, А. В. Пруссаков – СПб. : ГМА им. С.О. Макарова, 2003. – 132 с.
6. Системы судовых энергетических установок : учебное пособие. – Л. : Судостроение, 1990. – 376 с.
7. Даниловский, А. Г. Судовая энергетическая установка как подсистема транспортного судна / А. Г. Даниловский // Материалы международной НТК. – СПбУВК, 2009. – С. 329–336.
8. Андронов Д. А. Перспективы развития модульной энергетики / Д. А. Андронов, А. Г. Даниловский // Труды СПбГМТУ – 2005. – С. 112–117.
9. Сайт для предприятий и объектов теплоэнергетики «Экономия топлива для кораблей». – [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://est-m.ru/potrebityam/19-ekonomiya-topлива-dlya-korabley.html>
10. КНДЗ 31.2.002.07-96. Министерство транспорта Украины. – Государственный департамент морского и речного транспорта, 1996. – 112 с.

REFERENCES

1. Rumb, V. K. (2007). *Sudovye energeticheskie ustanovki*. SPb: RIZ SPbMTU.
2. Vansheydt V.A. (1978). *Uchebnik dlja vuzov*. Leningrad: Cudoctroenie.
3. Kamkin, S. V. (1985). *Ekspluatatsija sudovykh dizel'nykh elektroucnovok. Uchebnoe pocobie dlja vuzov*. Moskva: Transport.
4. Danilovskiy A.G. (1985) *Avnjmatizirovanoe proektirovanie sudovykh valoprovodov. Uchebnoe pocobie*. Leningrad: LKI.
5. Lemин L.A., & Prussakov A.V (2003) *Ekspluatatsiya sudovyih sistem elektrosnabzheniya: Uchebnoe posobie*. SPb.: GMA im. S.O. Makarova.
6. Sistemy sudovykh energiticheskykh ustanovok. *Uchebnoe pocobie* (1990). Leningrad: Cudoctroenie
7. Danilovskiy, A.G. (2009) *Sudovaya energeticheskaya ustanovka kak podсистема transportnogo sudna/ A.G. Danilovskiy// Materialyi mezhdunarodnoy NTK. SPGUVK, 329–336*
8. Andronov D.A. Danilovskiy A.G. (2005). *Perspektivy razvitiya modulnoy energetiki. Trudy SPGMTU, 112–117*

9. Sait dlya predpriyatiy i ob'ektov teploenergetiki «Ekonomiya topliva dlya korabley». *est-m.ru/potrebitelyam/19-ekonomiya-topliva-dlya-korabley.html*. Retrieved from <http://est-m.ru/potrebitelyam/19-ekonomiya-topliva-dlya-korabley.html>

10. KNDZ 31.2.002.07-96. *Ministerstvo transporta Ukrainyi. Gosudarstvenniy departament morskogo i rechnogo transporta.*(1996) Ukrainy – 112.

Шепель Л. С., Попенко Т. В. ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СУДНОВИХ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Режими роботи судна і головного двигуна, а також тип систем утилізації, багато в чому визначають ефективність енергозбереження. Структура суднової електроенергетичної системи, повинна покращувати показники енергозбереження, підвищувати комфортність, надійність, маневреність, рентабельність судна. У статті представлено та проаналізовано структурні схеми суднових електроенергетичних систем с точки зору ефективності застосування їх на судах різноманітних типів та наявності елементів енергозбереження.

Ключові слова: суднові системи електропостачання, енергозбереження, дизель-електричні установки.

Shepel L. S., Popenko T. V. INVESTIGATION OF MODERN SHIP ENERGY SAVING POWER SUPPLY SYSTEMS

The operating modes of the ship and the main engine, as well as the type of utilization systems, largely determine the efficiency of energy saving. The structure of the ship electric power system should improve the energy saving indicators, increase the comfort, reliability, maneuverability, profitability of the ship. In the article presented and analyzed the structural scheme of ship electric power systems in terms of efficiency of their application in the courts of different types and the availability of energy saving elements.

Key words: ship power systems, energosberezhenie, electrical design.

© Шепель Л. С., Попенко Т. В.

Статтю прийнято
до редакції 09.11.16

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК

А

Амелін М. Ю., 152

Б

Безлуцька О. П., 66

Борисова В. А., 136

В

Вільський Г. Б., 71

Г

Габрук Р. А., 4

Годованюк С. П., 10

Горбов В. М., 98

Є

Євдокимова В. А., 78

З

Завальнюк О. П., 88

І

Ісмаїлов А. Р., 20

Ісмаїлов Н. Ш., 20

К

Колебанов О. К., 25

Кондратьєва Л. Ю., 32

М

Мамедов Е. Д., 20

Маменко П. П., 39

Мітенкова В. С., 98

Михалишин Б. Є., 71

Мітрохіна О. О., 66

Н

Нестеренко В. Б., 88

П

Паламарчук І.В., 48

Петров І. М., 57

Політикін Б. М., 110

Поляков В. О., 117

Попенко Т. В., 158

Р

Радін В.К., 48

Рожков С. О., 143

Рудакова Г. В., 152

С

Самарін О. Є., 125, 130

Селіванов С. Є., 10, 39

Селіверстова С. Р., 136

Сіманенков А. Л., 143

Т

Тимофєєв К. В., 143

Товстокорій О. М., 88

Ф

Філіпщук О. М., 110

Фролов О. М., 136

Х

Хаєт Л. Г., 78

Хачапуридзе Н. М., 117

Худяков І. В., 152

Ч

Чаусовський Г. О., 25

Ш

Шевченко В. В., 110

Шепель Л. С., 158

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

До друку приймаються статті з результатами власних оригінальних досліджень, що мають наукову і практичну значущість і не публікувалися досі. До друку **не приймаються суто оглядові статті**. Відповідальність за зміст статті несе автор.

Згідно з вимогами п. 3 Постанови Президії Вищої Атестаційної Комісії України № 7-05/1 від 15.01.2003 р., наукові статті, що надаються до друку, повинні містити наступні елементи: постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми, на які посилається автор; виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття; формулювання цілей статті (постановка завдання); викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки щодо даного дослідження та перспективи подальших наукових досліджень у даному напрямку.

Обсяг статей – до 10 сторінок, включаючи всі матеріали, у т. ч. таблиці, рисунки, графіки та список літературних джерел. Сумарний обсяг рисунків і таблиць повинен бути не більше 30% обсягу основної частини.

Оформлення статті. На першій сторінці рукопису зазначається код УДК, назва роботи, прізвище, ініціали та науковий ступінь (звання) автора(ів).

Код УДК – по лівому краю, розмір шрифту – 10.

Назва – по центру друкованими літерами (шрифт жирний, розмір шрифту – 14).

Інформація про автора(ів): прізвище, ініціали, науковий ступінь, вчене звання, повна назва установи або громадської організації, посада, держава, ORCID автора – курсивом, по лівому краю, розміром шрифту 12.

Текст надається у форматі редактора MS Word шрифтом Times New Roman, розмір шрифту – 12, інтервал – 1.

Параметри сторінки (опція меню ФАЙЛ, Параметри сторінки):

розмір паперу – А4: 210*297 мм;

орієнтація аркуша – книжна (альбомна не допускається);

поля – 2 см;

палітурка – 0 см;

колонтитули – 1,3 см;

абзацний відступ – 1,25 см, вирівнювання за шириною, сторінки без нумерації.

Формули повинні бути набрані за допомогою вбудованого редактора формул Equation Editor. Всі формули вставляються в таблицю з неокресленим контуром, що складається з двох колонок: у першій знаходиться формула без абзацу і вирівняна по центру, у другій – номер формули (якщо такий є) теж без абзацу і з вирівнюванням по центру. Межа між колонками таблиці встановлюється на позначці 14 см.

Це стосується також формул і символів формул, які стоять по тексту. Параметри в редакторі формул повинні в точності відповідати наведеним нижче. Розміри (опція меню редактора Equation Editor: РОЗМІР, Визначити ...):

- Звичайний 12 пт.
- Крупний індекс 7 пт.
- Дрібний індекс 5 пт.
- Крупний символ 18 пт.
- Дрібний символ 12 пт.

Таблиці набираються у Microsoft Word.

Рисунки повинні бути чорно-білими, бажано прозорими, і вставлені у файл і роздруковку статті. Формат рисунків (tif, psx, bmp тощо) повинен бути сумісний з редактором тексту Microsoft Word. Роздільна здатність рисунків – не менше 300 dpi.

Структура статті: вступ (постановка задачі або проблеми); рішення задачі (мета, задачі, об'єкти, предмети, методи дослідження); основні результати та висновки з перспективами; список використаних літературних джерел. Основні розділи можуть мати назви, відмінні від приведених вище найменувань.

Список використаної літератури подається загальним списком у кінці рукопису (послідовність – у порядку згадування по тексту) згідно зі встановленими вимогами стандарту ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. У списку повинно бути не менше 10 джерел, у списку посилань неприпустимо використання ГОСТів та загальнонаціональних стандартів, відсоткове співвідношення самоцитуювання – не більше 30% (тобто якщо Ви використали 10 посилань, з них може бути не більше 3 на роботи автора).

До статті також наводиться перелік літератури латиницею (*References*), для його оформлення використовувати APA-стиль. Список літератури транслітерується або перекладається англійською мовою. Транслітерувати інформацію необхідно відповідно до постанови Кабінету Міністрів України від 27.01.2010 «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею» (транслітерацію української мови можна здійснити за посиланням <http://translit.kh.ua> [обрати стандарт: Паспортний (КМУ 2010)]). Транслітерувати джерела, які пишуться латиницею не потрібно.

Структуровані анотації українською, російською та англійською мовами обсягом від 100 до 250 слів надаються: на мові оригіналу статті перед вступом, на двох інших мовах – після тексту статті. У кінці анотацій наводяться ключові слова.

Документи, що подаються до редакції.

Для публікації автор повинен надати до відділу технічної інформації ХДМА:

- Комп'ютерний варіант статті – файл, набраний у редакторі Microsoft Word;
- файл кожного рисунка, включеного в статтю, окремо;

– рукопис статті (на паперовому носії), підписаний автором(ами) – 2 примірники.

Крім тексту статті автором(ами) надаються:

– структурована анотація та ключові слова українською, англійською і російською мовами, включаючи назву статті та прізвища авторів трьома мовами – на окремій сторінці;

– зовнішня рецензія професора, доктора наук (редакційна колегія залишає за собою право направляти статті на додаткову рецензію);

– ліцензійний договір;

– відомості про авторів (прізвище, ім'я, по батькові, вчений ступінь, вчене звання, місце роботи, посада, домашня або службова адреса, контактний телефон, e-mail, наукові інтереси авторів, ORCID автора(ів)) – на окремій сторінці.

Редакційна колегія залишає за собою право як не публікувати роботи у разі їх відхилення, так і приймати рішення щодо їх відповідності напрямом журналу. Рукописи авторам не повертаються.

ЗМІСТ

МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ТРАНСПОРТ

<i>Габрук Р. А.</i> БЕЗПЕКА ЕРГАТИЧНОЇ СИСТЕМИ	4
<i>Годованюк С. П., Селиванов С. Е.</i> ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА ЕДИНОЙ СИСТЕМЫ ПОИСКА И СПАСАНИЯ НА МОРЕ, КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ КП «МОРСКАЯ ПОИСКОВО-СПАСАТЕЛЬНАЯ СЛУЖБА»	10
<i>Исмаилов Н.Ш., Исмаилов А. Р., Мамедов Э. Д.</i> ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛООБМЕНА СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПУТЕМ ПОЛУЧЕНИЯ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЦИЛИНДРОВЫХ ВТУЛОК	20
<i>Колебанов О. К., Чаусовский Г. О.</i> АВАРІЙНА СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА «EMPRESS»	25
<i>Кондратьева Л. Ю.</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРЕХОДНЫХ КАЧЕСТВ РАЗНЫХ ТИПОВ ПАТРУЛЬНЫХ СУДОВ	32
<i>Маменко П. П., Селиванов С. Е.</i> ТРАНСГРАНИЧНАЯ ПЕРЕВОЗКА МОРЕМ ОТРАБОТАННЫХ ЯДЕРНЫХ ТОПЛИВ	39
<i>Паламарчук І.В., Радін В.К.</i> ЗАСТОСУВАННЯ МППЗС-72 В СИСТЕМАХ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ СУДНОВОДІЯ	48
<i>Петров И. М.</i> МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ НА КОНСИГНАЦИОННЫХ СКЛАДАХ В СЕРВИСНЫХ ЭРГАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА МОРСКОМ ТРАНСПОРТЕ	57
ПРОБЛЕМИ ВИЩОЇ ШКОЛИ	
<i>Безлуцька О. П., Мітрохіна О. О.</i> ФОРМУВАННЯ КОНФЛІКТОЛОГІЧНОЇ КУЛЬТУРИ У МАЙБУТНІХ ОФІЦЕРІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧКОВОГО ТРАНСПОРТУ	66
<i>Вільський Г. Б., Михалишин Б. Є.</i> НЕФОРМАЛЬНА ОСВІТА З ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА ВИРОБНИЦТВІ	71
<i>Евдокимова В. А., Хаєт Л. Г.</i> К МЕТОДИКЕ ИЗУЧЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОБРАЗА «МИРА ОПАСНОСТЕЙ»	78

<i>Завальнюк О. П., Нестеренко В. Б., Товстокорый О. Н.</i>	88
ОБ АКТУАЛЬНЫХ ВОПРОСАХ ПОДГОТОВКИ МОРСКИХ СПЕЦИАЛИСТОВ В ХЕРСОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ МОРСКОЙ АКАДЕМИИ	

**РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ, ОХОРОНА
НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

<i>Горбов В. М., Митенкова В. С.</i>	98
СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СУДОВ	

ІНЖЕНЕРНІ НАУКИ

<i>Політикін Б. М., Шевченко В. В., Філіпчук О. М.</i>	110
ГЛИБОКА ДЕМИНЕРАЛІЗАЦІЯ МОРСЬКОЇ ВОДИ МЕТОДОМ ЕЛЕКТРОДІАЛІЗУ	

<i>Поляков В. А., Хачапурідзе Н. М.</i>	117
ГИБРИДНАЯ ПАРАДИГМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЯГОВОЙ СИЛЫ МАГНИТОЛЕВИТИРУЮЩЕГО ПОЕЗДА	

<i>Самарін О. Є.</i>	125
КУЛЬОВИЙ МЕХАНІЗМ ГАЗОРОЗПОДІЛУ ПОРШНЕВОГО ДВИГУНА	

<i>Самарін О. Є.</i>	130
ТУРБОКОМПРЕСОР З ВАРІАТОРОМ	

<i>Селівєрстова С. Р., Фролов О. М., Борисова В. А.</i>	136
ЕЛЕКТРОПРИВОД ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З ВИГОТОВЛЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЛАСТИН	

<i>Сіманенков А. Л., Рожков С. О., Тимофєєв К. В.</i>	143
МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ В'ЯЗКОСТІ ВАЖКИХ ПАЛИВ	

<i>Худяков И. В., Амелин М. Ю., Рудакова А. В.</i>	152
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СУДОВЫХ ДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК	

<i>Шепель Л. С., Попенко Т. В.</i>	158
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СУДОВЫХ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ	

ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК	164
-------------------------	-----

ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ	165
--	-----

ДЛЯ ПОДАТОК:

ДЛЯ ПОДАТОК:

Науковий журнал

НАУКОВИЙ ВІСНИК
ХЕРСОНСЬКОЇ ДЕРЖАВНОЇ МОРСЬКОЇ АКАДЕМІЇ

№ 2 (15), 2016

Відповідальний за випуск *Р.Є. Врублевський*
Технічний редактор, комп'ютерна верстка *О. Ю. Клементьєва*
Друк, фальцювальні-палітурні роботи *В.Г. Удов*

Підписано до друку 13.10.2017. Формат 84×108/32.
Папір офсетний.
Ум. др. арк. 10,75. Наклад 100 прим.

Видавець і виготовлювач ХДМА
Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 4319 від 10.05.2012
73000, м. Херсон, просп. Ушакова, 20