

**Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Одеська морська академія»
Навчально-науковий інститут інженерії (ННІ)
Одеське відділення інституту морської техніки, науки і
технології
(Великобританія)**

**МАТЕРІАЛИ
Науково-технічної конференції на тему
«МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ФЛОТ: ЕКСПЛУАТАЦІЯ І
РЕМОНТ»
20.03.2024 – 21.03.2024**

Одеса – 2024

Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 20.03.2024 – 21.03.2024.– Одеса: НУ "ОМА", 2024. – 311 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Міюсов М.В – д.т.н., професор, ректор Національного університету «Одеська морська академія (НУ «ОМА»).

Заступники голови:

Шемякін О. М. – д.ю.н., професор, перший проректор НУ «ОМА»;

Захарченко В. М. – д.т.н., професор, проректор з науково-педагогічної роботи НУ «ОМА»;

Колегаєв М. О. – к.т.н., професор, директор навчально-наукового інституту інженерії (ННІ) НУ «ОМА»;

Кар'янський С. А. – к.т.н., доцент, почесний секретар відділення Інституту морської техніки, науки та технології (Великобританія);

Савчук В. Д. – к.т.н., професор, начальник НДЧ НУ «ОМА»;

Члени оргкомітету:

Афтанюк В.В. – д.т.н., професор кафедри суднової теплоенергетики НУ «ОМА»;

Богаць В. М. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри технології матеріалів і судноремонту НУ «ОМА»;

Веретенник О.М. – д.т.н., професор кафедри суднових енергетичних установок НУ «ОМА»;

Волков О. М. – к.т.н., зав. аспірантурой та докторантурой НУ «ОМА»;

Голіков В. А. – д.т.н., професор, завідувач кафедри технічної експлуатації флоту НУ «ОМА»;

Горб С. І. – д.т.н., професор, завідувач кафедри теорії автоматичного керування та обчислювальної техніки НУ «ОМА»;

Журавльов Ю.І., к.т.н., доцент кафедри НУ «ОМА»;

Кіріс О. В. – к.т.н., професор, завідувач кафедри суднової теплоенергетики НУ «ОМА»;

Козицький С. В. – д.ф. – м.н., професор, завідувач кафедри теоретичної механіки НУ «ОМА»;

Козьмініх М. А. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри суднових допоміжних установок і холодильної техніки НУ «ОМА»;

Малахов О.В. – д.ф. – м.н., професор кафедри суднової теплоенергетики НУ «ОМА»;

Нікольський В. В. – д.т.н., професор кафедри технічної експлуатації флоту НУ «ОМА»;

Нікуліна О. Л. – к.ф.н., доцент, завідувач кафедри англійської мови НУ «ОМА»;

Обертюр К.Л. – к.т.н., заст. директора ННІ;

Онищенко О. А. – д.т.н., професор кафедри технічної експлуатації флоту НУ «ОМА»;

Парменова Д.Г. – к.т.н., доцент, завідувач кафедри безпеки життєдіяльності;

Половинка Е. М. – д.т.н., професор кафедри суднових енергетичних установок НУ «ОМА»;

Сагін С.В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри суднових енергетичних установок НУ «ОМА»;

Хлієва О.Я.-д.т.н., професор кафедри суднових допоміжних установок і холодильної техніки НУ «ОМА».

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ:

Секція 1. Експлуатація і ремонт транспортних засобів морського та річного флоту (корп. 3а, ауд. 201).;

Секція 2. Двигуни та енергетичні установки (корп. 3, ауд. 201).;

Секція 3. Інженерні технології екологічної та професійної безпеки на морі (корп. 3, ауд. 308);

Секція 4. Сучасні інформаційні технології в освіті та іншомовна підготовка суднових інженерів (корп. 3, ауд. 408);

ЗМІСТ

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ 9

Голіков В.А., Нікольський В.В. Модернізація системи охолодження адг навчального машино-котельного відділення..... 9

Голіков В. А., Налева Г. В., Мазур О. М., Онищенко О. А. Нечіткій регулятор автостерна малого безпілотного морського судна..... 11

Голіков В.А., Крупов І.В. Оптимізація днопоглиблення в ландшафтній зоні Придунав'я 16

Голіков В.А., Данілов К.С., Сінюта К.О. Аналіз експлуатаційних показників роботи балкера при перевезенні залізної руди за меридіаном20

Репецький П.В. Велика О.І. Теоретичні аспекти використання поновлених джерел енергії на морському транспорті 24

Богаць В.М., Обертюр К.Л. Проблеми ефективної експлуатації лубрикаторних систем судових дизелів 29

Корх М.В. Нанотехнології в морській галузі: здобутки та перспективи.. 35

Корх М.В. Конструктивні та робочі креслення корпусних конструкцій . 39

Лебедєв Б., Умінський. С. Підвищення довговічності та технічних властивостей деталей судових технічних засобів з використанням композиційних матеріалів 43

Мельник О.А. Гаряче зварювання чавуну 45

Zhuravlov Yu.I., Dovidenko Yu.N. Assessment of the wear rate of sliding bearings of parts of ship technical equipment (STE) 54

Опришко М.О. Застосування наномодифікаторів для збільшення ресурсу на судні 59

Бондаренко А.В., Глазєва О.В. Визначення потужності генератора, що працює за принципом органічного циклу Ренкіна..... 64

Дрозд О.В., Тігінян В. Організація технологічних заходів по забезпеченню непотоплюваності судна. 67

Стукаленко О. М. Математична модель аварійного опускання вантажу козловим краном із ступінчастим опором зрівняльного пристрою зведеного підвісу 69

Шильцин І., Бугаєнко Т.І. Hybrid Propulsion Plants on Ships 73

Aldoshin I., Shalyov A. S .Environmental protection during ship operation .. 76

Kolgashov M., Molodtsova V. Multi-cultural crews on board: how to communicate effectively..... 79

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ..... 81

Сагін А.С. Особливості налаштування паливної апаратури високого тиску під час переведення судових дизелів на використання палива з низьким вмістом сірки 81

Мадей В.В. Оптимізація процесу впорскування паливних сумішей.....	84
Половинка Е.М. Визначення характеристик робочого процесу суднового малообертового дизеля	87
Кіріс О.В., Афтанюк В.В., Афтанюк А.В. Аналіз моделювання течій в головці газових інжекторних клапанів суднових двигунів	93
Карабаджак Н.Е. Половинка Е.М. Combustion optimization in a modern diesel engine by means of pre-injection strategy	97
Афтанюк В.В., Кіріс О.В., Афтанюк А.В. Розробка комп'ютерних твердо-тільних моделей головки газового інжекторного клапану	102
Малахов О.В., Кіріс О.В., Палагін О.М., Найдьонов А.І., Лихогляд К.А.	105
Алгоритм керування гідравлічною мережею суднових танків	105
Козицький С. В. Збільшення ресурсу суднових установок шляхом застосування нанометеріалів.....	109
Козьмініх М.А., Чьорний Є.І. Вибір хладону з урахуванням типу та умов експлуатації суднової холодильної установки.	114
Шестопапов К.О., Огурцов Д.В., Хлієва О.Я. Аналіз сучасних тенденцій використання холодоагентів з низьким потенціалом глобального потеплення у судновому холодильному обладнанні.....	119
Константинов О.І., Хлієва О.Я. Схемне рішення суднової ежекторної холодильної машини з термоаккумулятором для системи кондиціонування повітря	124
Удолатій В.Б. Процеси десульфурзації: останні розробки та вдосконалення.....	128
Гловацкий В.В. Половинка Е.М. Increasing the Efficiency of Marine Engine Parametric Diagnostics Based on Analyses of Indicator Diagrams and Heat-Release Characteristics.....	136
Велічко Е.П . Половинка Е.М. Effects of injection strategies on low-speed marine engines using the dual fuel of high-pressure direct-injection natural gas and diesel.....	141
Половинка Е.М., Мартинов С.В. Дослідження швидкісної характеристики системи високого тиску судового середнеобертового дизеля у складі гібридної системи впорскування палива	147
Дорохін І. І. Половинка Е.М. Reduction of NOx on Diesel Combustion by Using Water Injection Systems	152
Денісов В.Г., Фіщін В.В. Підвищення надійності холодильного обладнання вантажних систем суден для перевезення скрапленого нафтового газу, шляхом діагностування вузлів системи.	157
Очеретяний Ю.О. Експериментальне дослідження повітряного теплового насосу вдосконаленої конструкції.....	162
Дулдієр О.П. Необхідні умови для визначення стану турбулентного процесу горіння по характеристикам випромінювання при змішуванні потоків.	167

Черемісін В.І., Гончаренко Н.Ю, Сапіга В.В. Покращення паливної економічності дизельних двигунів річкових катерів.....	169
Шестопалов К. О. Експериментальне дослідження параметрів роботи ежектору у складі суднового кондиціонера повітря, що використовує вторинну теплоту.....	174

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ

БЕЗПЕКИ НА МОРІ.....	179
----------------------	-----

Парменова Д.Г., Колегаєв М.О. Забезпечення енергетичної ефективності судна шляхом управління станом корпусу судна	179
Парменова Д.Г., Бондар С.А. Роль людського факторів безпечній експлуатації судових енергетичних установок	186
Парменова Д.Г., Голікова В.В., Крайнова В.І. Особливості виробничого травматизму при експлуатації об'єктів водного транспорту.....	195
Мамкічев М.А., Кулешов І.М. Попередження та особливості гасіння пожежі на камбузі.....	199
Розлуцький О.М. Механізми зниження впливу суб'єктивного фактора на аварійність	204
Кардашев Д.Л. Перспективи використання ауксетичних матеріалів в морський галузі.....	208
Аболешкін С.Є., Кардашев Д.Л. Інтегральний показник екологічної безпеки дизеля.....	211
Myroslav K., Molodtsova V. Multi-cultural crews on board: how to communicate effectively.....	214
Гавалюх О.С., Козловська Л.В. Вплив вимушеної міграції на становлення дистанційної освіти у ВНЗ як життєвої необхідності	216
Латиш О.М. Зниження витрат палива та зменшення забруднення довкілля шляхом використання присадок наноматеріалів до пального.	220
Tihinian V. Bugaenko T. I. Flooding of the engine room.....	225
Галинський М. В., Богач В.О., Лазарев Д. С., Кавалеров Є. А. Piracy....	227
Урсул В. Mental health at sea.....	230
Сальков М., Бугаєнко Т. І. Using liquefied natural gas (LNG) as fuel on various types of ships	231
Шевченко Т. Ю., Бугаєнко Т.І. The pros and cons of seafarer jobs.....	232
Stukal O., Бугаєнко Т.І. Offshore vessels are special purpose ships	234

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА

ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ	236
---	-----

Козак С.В. The discipline Business English while studying speciality at a technical university.....	236
Кравець Г.Б., Коблік В.В. Вплив дистанційного навчання на соціальну ізоляцію та психологічний стан здобувачів освіти	242

Pavlenko V.S., Kozak S.V. Personal Behavioral Based Safety on board of ship	247
Пясковський С. В., Кравець Г. Б. Розваги на круїзних лайнерах.....	249
Nikulina O.L Contemporary american idioms of nautical origin	258
Бугаєнко Т.І. Digital tools in educational process	263
Boshtan V.V, Zakharchul V.O, Nikolayeva T.S. Icebreakers as a special class of ships	268
Molodtsova V. A multidisciplinary course approach in marine engineering education	269
Splavskiy V. Autonomous shipping: the future of the marine industry	272
Maistrenko M. Institution of the International Maritime Consultative Organization (IMCO)	276
Chevelii I. Monitoring Methods in Machinery Spaces on Ships	280
Tsynova M.V. Listening in the Digital Age: Strategies of Improving it in Higher Education.....	283
Bezditko A., Hrynychuk H.V. Ensuring the safety of shipping from pirates ..	285
Hrynychuk H.V. Використання проектної методики на заняттях з англійської мови у морському вузі як один із шляхів формування комунікативної компетентності.....	288
Guz Ye., Koblik V.V. Application of Neural Networks in Ship and Marine Power Plant Operations.....	291
Motuzko A., Koblik V.V. Fire Systems On Board	294
Yuriev O., Hrynychuk H.V. Modern vessels	298
Yablonsky O.V., Hrynychuk H.V. Drones for Monitoring the Ports	301
Shalyov A. S. Digital Learning at the Forefront of Teaching English as a Second Language	304
Ніколаєва Т.С. Перевернутий клас: Інноваційний підхід до навчання ..	307

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ

УДК 621.431.7.03-523.8-048.78

Голіков В.А., Нікольський В.В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Модернізація системи охолодження адг навчального машино-котельного відділення

З 2020 року на базі навчального машино-котельного відділення (НМКВ) національного університету «Одеська морська академія» почалася модернізація аварійного дизель-генератора (АДГ) від компанії Kohler (модель 50EOZD, потужність 50 кВт) у морському виконанні.

В 2021-2023 навчальних роках було проведено перший етап модернізації, в результаті якого створено лабораторний навчальний стенд з дистанційного управління та моніторингу параметрів АДГ за допомогою обладнання та програмного забезпечення від компанії Phoenix_Contact та бездротових технологій [1-3].

Але тривале використання АДГ вимагає додаткових витрат на його охолодження – 70 л/хв проточної води. Тому нагайною потребою стала модернізація системи охолодження на зразок берегового варіанту АДГ. На рис. 1 приведено відсік НМВТ кафедри технічної експлуатації флоту, де 1 – АДГ, 2 – накопичувальний бак для води, 3 – блок управління навантаженням АДГ, 4 – пульт управління АДГ, 5 – пульт дистанційного управління, 6 – WiFi роутер, 7 – вихлопна труба, 8 – радіатор охолодження, 9 – фрагмент лабораторного стенду для ознайомлення з експлуатацією насосів, визначення основних показників, що характеризують їх роботу, побудови робочих характеристик насосів, способів регулювання насосів, побудови сумарних характеристик при паралельній і послідовній роботі насосів.

Для використання системи охолодження, яка пропонується, необхідно встановити датчики температури, дифузор з вентилятором та електромеханічний привод клапанів перемикавання потоку охолоджуючої рідини.

Слід зазначити, що можливі два варіанти вирішення цієї задачі.

Перший варіант передбачає встановлення термостату та датчика температури для вмикання вентилятору обдуву. Але в такому випадку не буде змоги проводити моніторинг стану охолоджуючої рідини та прогнозування її поведінки.

Другий варіант передбачає підключення датчиків температури на базі терморезисторів, інформація від яких може поступати до програмно-логічного контролеру, де після опрацювання будуть сформовані сигнали керування вмикання вентилятора, а також для перемикавання клапанів управління потоком охолоджуючої рідини.

Порівняння першого та другого варіантів дає перевагу до застосування першого варіанту за простотою реалізації, але другий варіант дає можливість використання в навчальному процесі, зокрема при проведенні лабораторних

робіт з вибору режиму роботи системи охолодження АДГ, дистанційного моніторингу параметрів.

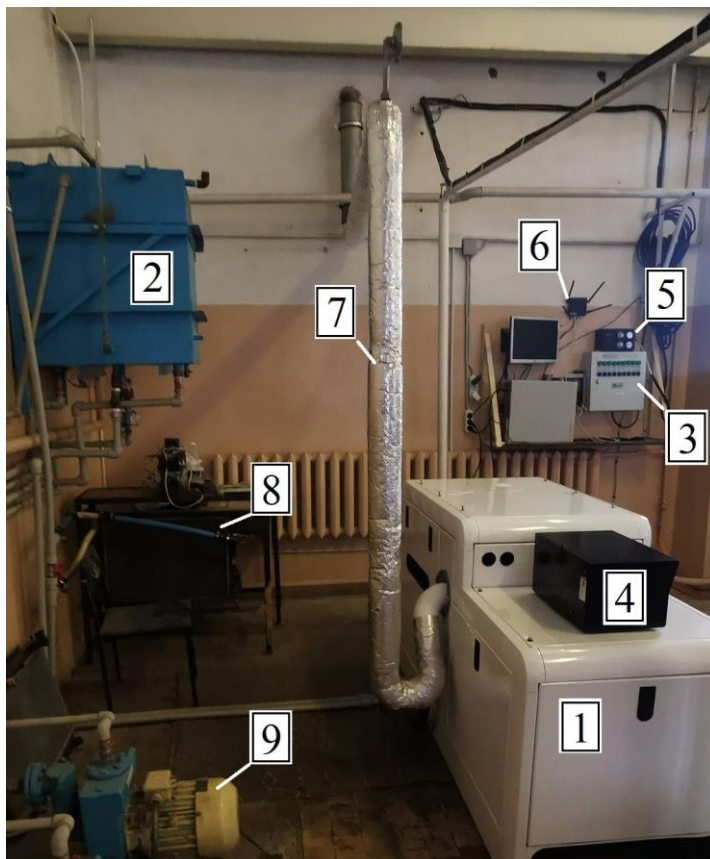


Рис. 1 – Фрагмент НМКВ з АДГ

Таким чином, можна стверджувати, що роботи по модернізації системи охолодження АДГ від компанії Kohler є актуальними, як з економічної точки зору, так і з навчальної.

Ключові слова: аварійний дизель-генератор, система охолодження, Kohler, Phoenix_Contact.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Голіков В.А., Нікольський В.В., Левінський М.В., Нікольський М.В., Слободянюк М.В. Модернізація системи віддаленого управління та контролю аварійного дизель-генератора навчального машино-котельного відділення / Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 44. - Одеса: НУ «ОМА», 2022. – С. 64 – 70.

2. Нікольський В.В., Левінський М.В., Нікольський М.В., Слободянюк М.В., Кузьмінський Б.В. Вдосконалення систем віддаленого моніторингу параметрів суднових дизелів з електронним управління / Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 47. - Одеса: НУ «ОМА», 2023. – С. 97 – 107.

3. Nikolskyi V., Slobodianiuk V., Levinskyi M., Nikolskyi M., Wireless Remote Control Systems Of Marine Diesel Engine / 21st International Conference on Smart Technologies & Education, 6–8 March 2024, Arcada University of Applied Sciences, Helsinki, Finland. – 12 p.

Нечіткій регулятор автостерна малого безпілотного морського судна

Завдання автоматичного керування морськими суднами, ведення судна за маршрутом вирішуються бортовими обчислювально-керуючими системами (*Track Control Systems - TCS*) і комплексами. Найчастіше, такі системи компенсують знос судна, керуючи, у необхідному напрямку, зміною його курсу та боковим відхиленням від заданого шляху. Загалом, комплекс керуючого (інформаційного, програмного, апаратного) обладнання, що входить у систему стабілізації курсу (*Heading Control System - HCS*) виконує функції автостернового судна.

У більшості випадків, сучасне автостерно повинно: а) автоматично утримувати судно на заданому курсі із точністю, при якій середнє значення курсу може відрізнятися від заданого курсу лише на заздалегідь визначений кут та при тій швидкості руху, що забезпечує стійку керованість судном, б) максимальна амплітуда рискання не повинна перевищувати допустиму при ручному управлінні, в) автостерно повинно забезпечувати автоматичне утримання судна на заданому курсі з мінімальним навантаженням на стерновий пристрій [1].

Головними завданнями автостерна малого безпілотного морського судна є автоматичне утримання на заданому курсі цього судна, забезпечення переходу судна з курсу на курс із заданою кутовою швидкістю чи радіусом, узгоджене управління (сумісно із убудованою електронно-картографічною навігаційно-інформаційною системою (ЕКНІС) рухом судна вздовж заданої траєкторії чи за зовнішніми цільовими вказівками) [1, 2].

Безумовно, що на більшості малих безпілотних морських суден встановлюють особливого типу системи електроживлення, що є предметом окремих досліджень. Але при цьому завжди виникає завдання оптимізації використаного у безпілотному судні обладнання - за критеріями вартості, масо-габаритних показників, заданої надійності, ККД тощо. Всі ці показники є суперечними при практичній реалізації, тому що одночасно не досягають максимальних показників.

Як альтернатива, автори пропонують використати асинхронні електродвигуни (АД) в системах автоматизованого керування стерном малих безпілотних морських суден (МБМС). У де яких випадках застосування МБМС, можлива повна уніфікація використаних технічних рішень, пов'язаних не тільки із стабілізацією курсу судна, а і з однотипним використанням у всіх допоміжних механізмах і навіть у системах забезпечення електроруху судна. Використання такої уніфікації дозволяє суттєво скоротити вартість побудови судна та зменшити витрати на ремонт і експлуатацію. Можна довести, що особливої уваги дослідників і проєктувальників потребують МБМС невеликого дедвейту та потужності двигуна електрорушії до 20 кВт.

Враховуючи сучасний стан розвитку теорії електричних машин та теорії машин і механізмів, систем управління електроприводами і середовищ іміта-

ційного моделювання, найпростішим способом підвищення результуючої ефективності суднових електроприводів з безщітковими електродвигунами є використання загальних теоретичних принципів функціонування таких електродвигунів одночасно із математичним моделюванням їх систем управління. Наприклад, це може бути класична, найпростіша і найдешевша система типу "регулятор напруги - асинхронний електродвигун" (РН-АД). Саме тому дослідження, які спрямовані на підвищення результуючої ефективності (енергетичної, якості процесів керування тощо) різних суднових систем, механізмів і комплексів, що функціонують на основі АД, є актуальними і відповідають напрямкам розвитку сучасного кораблебудування.

Не зосереджуючись на перевагах і недоліках використання цього рішення (РН-АД), зокрема, з боку оцінювання енергетики і діапазону регулювання швидкостей такої системи стабілізації, необхідно підкреслити, що вартість, надійність, масо-габаритні показники і можливість швидкої реалізації у сучасних умовах є неперевершеними.

Малі морські безпілотні судна, з позицій керування їх рухом, є нелінійними системами. Це пояснюється тим, що будь-які зміни швидкості, осадки, маси чи режиму руху, приводять до суттєвих змін динамічних характеристик і параметрів судна (приєднанні маси, момент інерції, площа змоченої поверхні, режим глісеру тощо). При цьому необхідно ураховувати, що на судно безперервно діють збурення у вигляді вітру і хвиль, течії, мілководдя тощо, що приводить до відхилення від заданого курсу. Ці збурення суттєво ускладнюють задачі стабілізації курсу судна. Вирішення задач підвищення експлуатаційних та загальних тактико-технічних характеристик МБМС призвели до створення різних типів систем стабілізації курсу (автопілотів), при цьому технічна реалізація сучасного автопілоту морського судна повинна відповідати низці вимог, пов'язаних з використанням і цільовим призначенням судна.

Типова структура автостерна завжди містить регулятор стабілізації курсу, який безпосередньо, за допомогою силового каналу, діє на стерно судна. Більшість регуляторів сучасних автостернових використовують ПД- чи ПІД-алгоритми керування та мають можливості ручного налаштування параметрів у залежності від умов плавання. Безумовно, що ручне налаштування параметрів регуляторів у МБМС виключене.

Типові автопілоти, наприклад, *Cetrek Ltd.*, мають налаштування змін зон нечутливості за курсовим відхиленням і напрямком руху. При цьому, результуюча якість процесів керування курсом судна часто далека від бажаної, приводить до значних перевитрат енергії і залежить від кваліфікації операторів. Ці ефекти особливо відчутні для малих суден, чутливість яких до збурень и налаштувань регуляторів дуже велика.

До основних недоліків автостернових з ПД- та ПІД-алгоритмами керування є складність одночасного досягнення необхідної точності управління, стійкості до збурень, швидкодії, робастності всієї системи. Тому, при синтезі систем керування курсом доводиться приймати компромісні рішення: обирати змінювані параметри регулятора так, щоб забезпечити необхідну точність підтримки

курсу при необхідному запасі стійкості, найчастіше обирають де які умовно-номінальні параметри.

Виходячи з перерахованих недоліків існуючих алгоритмів керування і з огляду на сучасний стан розвитку самоналагоджувальних систем керування, можна зробити висновок, що підвищення ефективності їх роботи (шляхом переналаштування коефіцієнтів ПІД-регулятора), для МБМС фактично вичерпано. Необхідність відчутного підвищення ефективності МБМС у режимі стабілізації курсу вимагає перегляду законів і структур існуючих систем керування.

Так, контролери з нечіткою логікою вважаються компромісним, але достатньо надійним практичним рішенням, яке дозволяє ефективно адаптуватися до змін у динаміці і режимів експлуатації. На основі теорії нечітких множин (Zadeh, 1965), відомо морське їх використання (підводні човни (Фарбразер і Стейсі, 1990), військові кораблі (Ван Амероген і інш., 1977, Sutton and Towill, 1985), торпеди (Джонс і інш., 1990) і інші сучасні приклади. Основною проблемою використання нечітких контролерів для стабілізації курсу МБМС за допомогою керування стерном є не технічна складова задачі, а алгоритмічна. Ця задача пов'язана із відомою процедурою синтезу контролера: побудови бази правил, фазифікації і дефазифікації. Завдання ускладнюється ще й тим, що будь яка система керування, яка будується на використанні принципу регулювання "РН-АД" стає ще більш нелінійною. Рішення означених задач потребує залучення експертів різних галузей у кожному конкретному випадку побудови систем МБМС і завжди має суб'єктивну складову у кінцевому рішенні [1, 2].

Безумовно, розробка сучасних нечітких контролерів, що гарантовано забезпечують рух судна з припустимим відхиленням від заданій траєкторії та утримують його на заданому курсі (в умовах зміни погодних факторів, обмеженості маневру, швидкості і інтенсивності руху інших навігаційних об'єктів), автоматично корегують обраний шлях і швидкість руху - актуальна і важлива науково-технічна задача, рішення якої спрямоване на підвищення загальної ефективності використання таких складних технічних систем, як сучасні МБМС.

Нечіткі контролери з симетричними трикутними функціями приналежності та сінглетонним способом фазифікації та дефазифікації (метод центру тяжіння) є універсальними апроксиматорами [J. L. Castro, 1995]. Саме тому нечітке управління має гарні робастні властивості, що дуже важливо для управління об'єктами з параметрами, що суттєво змінюються, наприклад, такими, як МБМС.

Принципи синтезу алгоритмів нечітких регуляторів (НР) зафіксовані у стандартах IEC 61131-3 і 61131-7, де визначаються етапи: розмиття (*fuzzification*), зворотне ущільнення (*defuzzification*), правила об'єднання (*aggregation*), активації (*activation*), накопичення (*accumulation*). Також стандарт визначає основні команди *Fuzzy Control Language (FCL)* для систем керування з нечіткою логікою. Реалізація НР може бути як апаратною, так і програмною (*Siemens, Fuji Electric, Motorola, Intel, Allen-Bradley* та інші). У контролерах часто використовуються спеціалізовані процесори (*Fuzzy Chips* та *Fuzzy Processors - Adaptive Logic*, 68HCxx, MCS-96, FUZZY-166 та інші). На етапі фазифікації (перетворення точних вхідних змінних на їх нечіткі, значення) діапазон D зміни вхід-

них змінних розбивається на множини (мале негативне – NS , нульове – Z , мале позитивне – PS тощо). Ступінь приналежності змінних множини визначається функціями приналежності (ФП) множин $\mu_j(\cdot)$, що задовольняють для будь-якої x_i умови спроможності: $\sum_j \mu_j(x_i) = 1$. Змінні перетворюються на відповідні логічні змінні, причому всі вхідні змінні вважаються незалежними вибірками. При перетвореннях логічних змінних здійснюється логічний висновок з урахуванням правил. База правил формулюється у кожному конкретному випадку експертами. Сучасні нечіткі керуючі контролери мають повну підтримку введення/виведення змінних (ЦАП/АЦП), уніфіковані системи команд для всіх етапів фазифікації, логічного висновку та дефазифікації. Ці властивості контролерів дозволяють реалізувати практично будь-які алгоритми нечіткого керування морським судном у режимах стабілізації курсу, для інших механізмів судна. Основна складність синтезу НР курсу МБМС полягає у розробці ефективної бази (таблиці) правил. Наприклад, реалізація нечіткого ПД-регулятора курсу вимагає запису тривимірної таблиці. Запис таблиці правил, навіть за допомогою експертів-судноводіїв, особливо складно формалізувати для управління МБМС за різних експлуатаційних умов. Саме з цієї причини НР можуть являти собою багатоканальні системи, що містять, наприклад, окремі П-, І- і Д-канали. Але головна функція НР – фазифікація, досі не має однозначного рішення [1, 2].

Авторами запропоноване [1, 2] універсальне рішення для етапу фазифікації, яке може бути використано у системах керування стерном МБМС. Це рішення використовує принцип симетрування таблиці правил при побудові функцій приналежності НР. Представимо сукупність правил у табличному вигляді для, наприклад, одного з каналів НР – пропорційного. На рис. 1 наведена така таблиця. Наведемо де-які пояснення до цього рисунку.

Прийнято, що вхідні сигнали розділені на 5, а вихідний на 7 множин. Не використав допомогу експертів, легко формалізуємо запис правил вихідного сигналу НР. Саме для цього використовуємо принцип симетричного запису логічного висновку шляхом розгортання стовбців змінної x_2 за вертикаллю, у порівнянні із загально прийнятим представленням для напрямку стовбців таблиці.

Як бачимо, наведена на рис. 1 таблиця правил монотонна і симетрична. Безумовно, що, правила, записані у центрі таблиці забезпечують усталений і близький до нього режим функціонування системи.

Саме це забезпечує робастність системи, підвищує стійкість замкнутої системи керування стерном та враховує виконання очевидної умови $\varepsilon \cdot s \cdot \varepsilon < 0$ для усталеного режиму (при $\varepsilon \in ZE$ та $s \cdot \varepsilon \in ZE$, $\varepsilon \rightarrow 0$ и $s \cdot \varepsilon \rightarrow 0$). Усі інші правила (у комірках таблиці) забезпечують перехідні режими системи керування стерном.

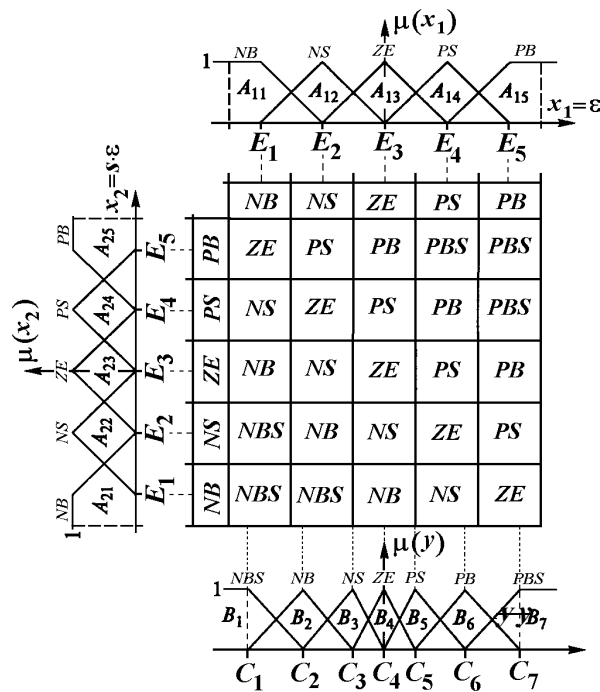


Рис. 1. Симетрична таблиця правил нечіткого регулятора у системі управління автостерном МБМС

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Volyanskyy S., Vorokhobin Ig., Volyanskaya Ya., Mazur O., Onishchenko O. Marine ship's course stabilization based on an autopilot with a simple fuzzy controller. Scientific Bulletin of Naval Academy, 2022, Vol. XXV, Iss. 1, pp. 23-35. (Series B: Electrical Engineering, Automation and Computer Sciences). DOI:10.21279/1454-864X-22-11-003.
2. Melnyk O., Onishchenko O. Onyshchenko S. etc. Application of fuzzy controllers in automatic ship motion control systems. International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), Vol. 13, No. 4, August 2023, pp. 3948~3957. ISSN: 2088-8708. DOI: 10.11591/ijece.v13i4.pp3948-3957.

Оптимізація днопоглиблення в ландшафтній зоні Придунав'я

Вступ. Оптимізація процесу днопоглиблення носить багатоаспектний характер, в якому ландшафтні явища відіграють головну роль. Це підтверджується різноманіттям конструктивних особливостей земснарядів та їх оснащення, а також технологічними операціями ґрунтозабору, транспортування, розвантаження та звальювання у відвал (демпінгу).

На теперішній час оптимізація демпінгу ґрунтів днопоглиблення на українській частині шельфу Чорного моря дозволяє враховувати необхідні і достатні умови для безпечного і мінімального впливу на навколишнє середовище та економічну доцільність днопоглиблювальних робіт. Зокрема, гідрографічну структуру та динаміку вод; режим вітру й вітрового хвилювання з урахуванням сезонної змінності; характеристику рельєфу дна; донних відкладень; мутність води; гідро та геохімічні вимірювання, включаючи гідробіологічні спостереження.

Застосування гідрографічних інформаційних систем (ГІС) застосованих на інтервальній схемі «Демпінг», що функціонує на: запиті вхідного повідомлення до ГІС, яке містить вимогу на видачу інформації; звертанні користувача, на який треба надати відповідь (у запиті вказується вхідні дані необхідні для його виконання); формалізованому способі вираження інформаційних потреб користувачем системи (для вираження інформаційної потреби яких використовується язык запитів, а синтаксис варіюється від підсистеми до підсистеми); упізнанні різних підсистем, яке здійснюється шляхом ідентифікації кожної з них або визначенням їх стану [1].

Постановка проблеми. Специфіка обумовлення найбільш сприятливих умов для демпінгу днопоглиблення районів розташування відвалів здійснюється наступним чином [2]: на підставі результатів математичного моделювання визначаються значення концентрацій забруднюючих речовин на контрольованій відстані і перевіряється дотримання рибогосподарських та екологічних нормативів; перевіряється обмеження вмісту фаз ґрунтів відповідності нормативному документу; визначається цільова функція для пошуку оптимального рішення за наступним алгоритмом: якщо відстань до перспективних точок відрізняється незначно, то пошук оптимального рішення представляється можливим, враховуючи тільки шкоду водним біоресурсам, а оптимальною буде точка з мінімальною шкодою; інакше, якщо значення гідрологічних показників у точках розташування відвалів і відстані до них по варіантам відрізняються незначно, то в якості функції пошуку оптимуму можна використати показник кратності розбавлення забруднюючих речовин у хмарі підвищеної каламутності на контрольованій відстані від точки скидання ґрунту, а оптимальною буде точка з максимальною кратністю розбавленості ґрунту; інакше, якщо значення гідробіологічних показників у точках розташування відвалів по варіантам приблизно рівні, то мінімум приведених збитків по флоту буде спостерігатися у точці, найближчої до місця виконання днопоглиблювальних робіт.

Окрім оптимального прогнозування та планування днопоглиблення суднохідних шляхів за гідробіологічними показниками, актуальним залишається експлуатаційне днопоглиблення, яке пов'язане з енергетичними та економічними витратами. Тому при виборі оптимального режиму роботи ґрунтонасосної установки земснаряда обирається критерій максимуму продуктивності установки по ґрунту, а оптимальний режим роботи земснаряда також визначається максимальною продуктивністю по ґрунту та забезпеченням заданих габаритів шляху у можливо короткі строки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З аналізу науково-технічної літератури [1-4] виходить, що збільшення об'ємів днопоглиблювальних робіт залежить від інтенсивності судноплавства, габаритів суден та каналів і супроводжується в складних несприятливих гідрометеорологічних умовах через віддаленість каналів на багато кілометрів від берегу та хвилерізів. Днопоглиблювальна техніка розробляє тяжкі суглинки та глини, які містять велику кількість каміння і валунів, вапняку і черепашнику на великих глибинах: на каналах – до 30 метрів, а в морі при видобутку корисних копалин – до 60 ... 80 метрів.

Ґрунтозабір самовідвозних земснарядів обладнаний пристроями, які дозволяють здійснювати днопоглиблення безперервно на хвилі до 3...4 метрів. При розробці щільних піщаних ґрунтів землесоси оснащені потужними розпушувачами ґрунту, які підвищують продуктивність землесосу по ґрунтозабору у 2...4 рази.

При ґрунтозаборі з глибин 25...30 метрів застосовані ерліфно-землесосний спосіб та заглиблені ґрунтові насоси, а на черпакових снарядах – черпаки з легованої сталі, розпушувальними зубами та пристроєм для очистки черпаків від гливого ґрунту [2].

В якості приводів основних робочих пристроїв і механізмів застосований гідропривід, а для полегшення роботи екіпажів та комфортності управління застосовані супутниковий зв'язок, засоби обчислювальної техніки з 3-D зображенням навігаційної та гідрографічної обстановки.

Підвищуються габарити, вантажопідйомність енергооснащеність та потужність земснарядів на фоні скорочення кількості екіпажу.

Ціль роботи полягає у розрахунку динаміки розповсюдження зависей і інших забруднюючих речовин при демпінгі днопоглиблення, головного судноплавного ходу «Дунай - Чорне море» по гирлу Бистре на морський підводний відвал з координатами центру радіусу 45°19'13'' N; 29°51'58'' E (район 7-A) [3].

Матеріали і результати дослідження. За даними [3] в воді та ґрунті ділянки, що днопоглиблюються вміст забруднюючих речовин у воді наступний (мг/кг): кадмію (<0,3); ртуті (0,05); свинцю (4,24); цинку (54,6); міді (19,6); фенолів (0,3); нерозчинних домішок (188).

При відстані від відвалу у 925 метрів, середній глибині 20 метрів та середній швидкості течії 0,10...0,15 м/с загальна кількість шкідливих речовин на контрольній відстані склала максимум 62 мг/дм³. У стоячій воді кількість шкідливих речовин склала близько 45-50% від їх загальної маси, а усі фрак-

ції шкідливих речовин (зі шкідливістю течії у 0,0032 м/с не винесені за межі контрольної дистанції).

При швидкості течії у 0,15 м/с максимальна концентрація шкідливих речовин склала 66 мг/дм³. За межі контрольної відстані виноситься до 2,0% шкідливих речовин від загальної кількості, яка потратила до водного середовища після скидання ґрунту.

Концентрація шкідливих речовин у морському середовищі вздовж контрольної відстані не перевищує ГДК, за виключенням шкідливих речовин, максимальна концентрація яких 66 мг/дм³ при нормі 0,75 мг/дм³.

Здійснені розрахунки та вимірювання показали, що у аналізованому районі сезонна мінливість середньої швидкості течії від 0,10 до 0,15 м/с не позначається на розсіюванні шкідливих речовин у водному середовищі: відмінність характеристик зони підвищеної каламутності на контрольованій відстані при цих значеннях швидкості течії знаходиться в межах точності розрахунків (не більше 6...7%). За межі контрольної відстані не виносяться фракції шкідливих речовин з гідравлічною крупністю $\geq 0,3$ см/с, вміст яких в точці скидання ґрунту складає приблизно 50%. Увесь матеріал, самоочищення якого у водному середовищі здійснюється за рахунок осадження на дно, не виноситься далі 900...950 метрів від точки звалювання. Кількість шкідливих речовин, яка перетинає контрольну відстань, знаходиться в межах 45...50% від загальної кількості, потрапившої до водного середовища в точці скидання ґрунту. Ця шкідлива речовина представляється фракціями з гідравлічною крупністю не більше 0,05 см/с. Самоочищення водного середовища від такої шкідливої речовини здійснюється за рахунок дифузії.

Крупні фракції шкідливих речовин по глибині розташовуються нерівномірно, а в районі скидання ґрунту спостерігається різнонаправлені поверхневі й природні течії з однаковими швидкостями [4]. Після скидання ґрунту при наявності різнонаправлених течій верхня частина створеної хмари завису переміщується поверхневою течією у одному напрямку, в той час як нижня частина завису рухається в іншому напрямку.

Висновки. Спосіб видалення ґрунту і місця розташування звалищ вказується у технічному завданні на виробництво днопоглиблювальних робіт.

При рефулерному способі видалення ґрунту використовуються підводні або надводні звалища. Глибоководні звалища не лімітуються своїми ємностями, в той час як мілководні – не допускають розливу (обміління) кінцевого понтона шляхом пов'язання з переміщенням землесосу.

При роботі землесосу на усю ширину каналу звалища ґрунту по можливості назначають за тою бровкою, від якої зважені частки ґрунту або вже відкладені на звалищі не повертались під впливом вітру і течії у проріз, що розробляється, а неслися за межі трасу каналу.

Найбільша відстань від кінцевого понтона ґрунтопроводу (відстань від звалища) до найближчої бровки залежить від способу переміщення землесосу на прорізу, довжини землесосу (для траншейного способу днопоглиблення), відстані, що проходить землесос без переходу плавучого ґрунтопровода, а для папільонажного способу вона встановлюється технічним завданням.

При папільонажному способі роботи швидкість переміщення ґрунтопроводу при надмірних і достатніх глибинах на звалищі повинна дорівнюватися швидкості переміщення землесосу вздовж прорізу.

При траншейному способі швидкість переміщення ґрунтопроводу на таких ж глибинах повинна бути менш за швидкість переміщення земснаряда вздовж траншей у стільки разів, скільки траншей розробляється по ширині прорізу. Якщо ґрунт укладається у два суцільні вали або більше, швидкість переміщення ґрунтопроводу повинна бути відповідно більше. У цьому випадку необхідно стежити, щоб звалища ґрунту розташовувалися на заданій відстані від розроблюваного прорізу і щоб вали перетинали друг друга без створення між ними потоків, крізь які ґрунт течією може виноситися навпаки до прорізу.

На мілководних звалищах з метою більш повного їх використання кінцевих понтон переміщують віялоподібно. Для полегшення і прискорення робіт по рефулюванню ґрунту на мілководних місцях рекомендується застосування мілкосидячих понтонів.

На глибоководних звалищах у морської частині каналу «Дунай - Чорне море» не захищених від хвилювання, активно застосовується зависнозанурюючий ґрунтопровід.

СПИСОК ВИКАРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Горун, В. В. (2015) Оптимізація дампінгу ґрунтів на українській частині шельфу чорного моря, спеціальність 11.00.11 – конструктивна географія та раціональне використання природних ресурсів Науковий керівник: Юрасов С. Н., к.т.н., доцент. Doctoral thesis, ОДЕКУ. - 283 с.

2. Додонов А.Г. Комп'ютерні інформаційно-аналітичні системи. Тлумачний словник/ А.Г. Додонов, Д.В. Ландє, В.Г. Путятін. - К.: Наук. думка, 2011. - 384 с.

3. Розрахунок компенсаційних платежів за забруднення водного середовища від проведення днопоглиблювальних робіт при проведенні та експлуатації.

ГСХ Дунай – Чорне море в 2013 році : анотований звіт за 4 квартал 2013 року / ДП «Державний проектно-вишукувальний та науково-дослідний інститут морського транспорту «ЧорноморНДІпроект». – Одеса, 2014. –

73 с. – Арх. No 90156.

4. Горун В. В. Учет разной направленности поверхностного и придонного течений при оценке зоны загрязнения от дампинга ґрунтов / В. В. Горун // Матеріали VI Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології», 20-22 травня 2014 р. – Дніпропетровськ : ТОВ «Акцент ПП», 2014. – С. 67–69.

Аналіз експлуатаційних показників роботи балкера при перевезенні залізної руди за меридіаном

Вступ. Проблема морського перевезення залізної руди при зміні кліматичних зон різко загострюється під час руху з Півдня до Півночі за меридіаном з декількох причин. По-перше, для запобігання корозії внутрішніх поверхонь огорож трюмів організується технічне кондиціонування трюмів, на яке споживається 5...10% загальної суднової потужності. По-друге, шкідливий вплив пилу вантажу на навколишнє середовище, судно та обслуговуючий персонал змушує зволожувати вантаж на 2...6%, що погіршує провізну здатність байкера та підвищує витрати палива. По-третє, збільшення водотоннажності залізної руди призводить до окиснення та закислення активних металів, таких як марганець та залізо при високих температурах (30...37 °С) зовнішнього повітря, що знижує якісні показники мінералу. По-четверте, при низьких негативних температурах зовнішнього середовища в трюмах гранульована залізна руда (з розміром гранул від 1,0 мм і більше) замерзає, що змушує застосовувати різного типу розпушувачі.

Для стабілізації тепловологісного стану руди та повітря потрібна наявність законів управління параметрами повітряного середовища у вигляді, зручним для технічної реалізації, з одного боку, і адекватним процесам теплового обміну з іншого [1].

Постановка проблеми. За несприятливої комбінації параметрів мікроклімату зовнішнього середовища і мікроклімату повітря в трюмах виникає конденсація вологи з трюмного повітря на огородженнях або/та вантажі. Конденсація вологи спостерігається тоді, коли температура вантажу виявляється нижче температури точки роси трюмного повітря. Така ситуація може виникнути внаслідок добових або рейсових коливань температури, вологості та тиску атмосферного повітря. За різних добових коливань зовнішнього повітря (особливо у безхмарні дні) удень палуба, підпалубний простір та верхні шари вантажу підігріваються. При перевезенні зволоженого вантажу частина вологи випаровується у підпалубний простір, перевищуючи точку роси трюмного повітря, а деяка частина вологи мігрує всередину вантажу, накопичуючись в більш холодних його ділянках. У нічний час температура атмосферного повітря, а також огорожувальні верхні конструкції трюмів охолоджується. Якщо їх температура стане нижче температури точки роси трюмного повітря, то на них буде конденсуватися волога. Внаслідок цього виникає корозія корпусу судна, а також додаткове зволоження та псування вантажу. Усі ці причини (процеси) значно інтенсифікуються, якщо до трюму потрапляє вільна волога або вода вище за припустимі норми.

Окрім того, волога, що мігрує шляхом масопровідності до нижчих, більш холодних шарів під впливом градієнтів температури та концентрації, призводить до перерозподілу вологи у масі вантажу та виникненню у місцях підвищеної вологості вантажу повзучих осередків здатних до зсуву вантажної

маси, який веде до втрати остійності балкера та іншими тяжкими наслідками для екіпажу і судна у цілому, особливо при збуреннях штормової й ураганної інтенсивності. Така фізична природа перевезення вологих сипучих вантажів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З аналізу науково-технічної літератури [2, 3, 4] виходить, що зростання використання систем кондиціонування повітря для забезпечення комфортності повітря в замкнутих об'ємах суховантажних суден не тільки значно збільшує споживання ними енергії, але й докорінно змінює усю структуру енергоспоживання, виводячи на перше місце по енергоємності системи кондиціонування при вирішенні проблеми глобального потепління. Задача збереження у системах кондиціонування повітря являється частиною загальної проблеми ефективного використання електроенергії.

Досвід експлуатації суднових систем кондиціонування повітря вказує, що існуючі технологічні рішення не включають взаємозв'язок технологічних схем і засобів управління ними при параметрах зовнішнього (атмосферного) повітря, що відрізняється від розрахункових. Однак, від режимів й переходу з одного режиму на інший у центральних трюмних агрегатах вимагається додаткова автоматизація. Виходячи з цього, вирішене завдання пов'язане з визначенням функціональних зв'язків між вхідними та вихідними сигналами у вигляді алгоритмів визначення та алгоритмів роботи систем технічного кондиціонування по температурі точки роси трюмного повітря з мінімально-неминучими витратами енергії [1]. Система управління побудована на дворівневій схемі: нижній рівень використовує контролери, а верхній – персональну обчислювальну машину. Верхній рівень призначений для управління оператором технологічним процесом, а нижній – програмно-цифровим управлінням об'єктом.

Метою дослідження стало підвищення провізної здатності суховантажного судна при широтних перевезеннях залізної руди, враховуючи те, що провідна здатність характеризує тільки потужність рухомого складу. Вона залежить від кількості вантажу й тяги, а також якісних показників їх використання в конкретних технічних, технологічних а експлуатаційних умовах.

Матеріали та результати дослідження. У цьому дослідженні аналізується досвід перевезення залізної руди у Південно-Африканській Республіці (порт SALDANHA BAY) балкером типу «Кейпсайз» під назвою “THALASSINI AVRA” побудованого у 2010 році у Південній Кореї з габаритними розмірами 291,9х45х24,5 до п. Роттердам (Нідерланди). Відстань між портами дорівнювала 2909 миль, економічна швидкість балкера 11,7 вузли, період переходу 10,5 діб. Кількість вантажу склала 90 000 мт $\pm 10\%$.

Головний двигун Mitsui-Man B&W, моделі 7S65ME-C (Mark 7) з максимальною потужністю у 17690 kWt при 90,5 обертах (17690 kWt при 85,7 обертах) забезпечує швидкість судна: у вантажі 13,3 вузли; у баласті 14,0 вузли і економічну швидкість 11,7 вузли.

Стан навколишнього середовища був наступним. У період завантаження температура повітря складала 30...35 °C, вологість – 85...92%, тиск – 1,013 бар $\pm 0,03\%$, температура забортної води склала 28 °C ± 3 °C. У порту розванта-

ження: температура повітря коливань від + 4 °С до -15 °С, відносна вологість від 70% до 55%; тиск коливався від 0,982 бар до 1,018 бар, а температура заборотної води від +12 °С до 4 °С.

Залізна руда Південно-Африканської республіки постачається у вигляді гранул діаметрів від 1,0 мм (3,5%) до 6,3 мм, щільністю 2,0...2,15 мт/м³, вологістю 2,19% мала наступний вміст: марганця 38...48%; заліза 4...20%; кремнезему 5%; фосфору – незначна кількість.

Рішення. Провізна здатність судна залежить від: вантажопідйомності судна та її використання, швидкості ходи судна та періоду переходу, протяжності шляху плавання та часу знаходження судна під вантажними й допоміжними операціями. Отже, провізна здатність являється функцією ряду змінних: $\Pi_3 = Ql = f(D_z, L_b, V_{ш}, M_b, L)$, де Q – кількість вантажу, милі; D_z – вантажопідйомність судна фізична, т; L_b – коефіцієнт використання вантажопідйомності, який визначається відношенням Q/D_z , відносних одиниць; $V_{ш}$ – середньодобова швидкість, вузли; M_b – валова норма вантажних робіт, т/год; L – загальна дистанція пройдена судном, милі.

В умовах простого короткого переходу провізна здатність судна стає постійною: $\Pi_3 = D_z L = QL$, тонна милі, тобто $\Pi_3 = 90000 \times 2909 \neq 92541 \times 2909$. Для забезпечення умов рівнозначності введемо коефіцієнт провізної здатності судна за формулою:

$$\eta_{пз} = (QL / D_z / L) \times 100\% = 97,25\% \quad (1)$$

З урахуванням того, що вантаж під час завантаження зволожувався на 2,19% та вимірювався з похибкою $\pm 10\%$, то $\eta_{пз}$ буде коливатися від 85,4% до 97,25%.

Однак, слід зазначити, що при ідеальному зважуванні загальної руди в її загальному об'ємі залишається мінімум 2000 тонн води, яка на протязі рейсу, мігруючи в зовнішнє середовище, може накопичуватися і вимагати осушення вантажу та трюмного повітря.

Для визначення гранично-припустимого стану трюмного повітря скористаємося теорією вологого повітря при атмосферному тиску [1]. В цьому випадку температура точки роси повітря (°С) дорівнює:

$$t_p = 142,2 \left(1 - 0,44 \sqrt{(0,051 - \ln(\phi P_H))} \right) \quad (2)$$

де ϕ – відносна вологість повітря, відн.один; P_H – тиск насичення води в повітрі, бар. Тиск насичення визначається за формулою:

$$P_H = 0,0061 (1,075 / 1,000255^t)^t \quad (3)$$

де t – температура повітря, °С.

Складемо таблицю 1 для визначення стану вологого повітря в трюмах судна.

Таблиця 1. Граничний стан трюмного повітря балкера

Параметри зовнішнього повітря				$t_{\text{зв}}, ^\circ\text{C}$	Технологічний процес		
$t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$P_H, \text{бар}$	$t_p, ^\circ\text{C}$		осушення	вентиляція	кондиціонування
35	92	0,05624	33,6	32	+	-	+
-15	55	0,00191	негативно	4	+	-	-
12	70	0,0140	6,9	12	-	+	-

Висновки. Результати спостереження та розрахунків вказують на низку точність виміру ваги вантажу, значний негативний вплив зволоження залізної руди на провізну здатність судна та кондиціонування вантажу.

Результати наближених розрахунків звертають увагу на необхідність удосконалення технологічних процесів обробки повітря системи технічного кондиціонування повітря у напрямку способів та засобів виміру температури точки роси повітря та створення формалізованих алгоритмів управління цими процесами.

СПИСОК ВИКАРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Загоруйко В.О., Голіков О.А. Суднова холо- дильна техніка. – Київ: «Наукова думка», 2002. – 575 с.
2. Вичужанін В.В. Підвищення ефективності експлуатації суднової системи комфортного кондиціонування повітря при змінних навантаженнях: монографія. – Одеса: ОНМУ, 2009. – 206 с.
3. Вінников В.В., Гармаш Н.О. Економічні аспекти функціонування морських портів в системі міжнародних транспортних коридорів: Монографія/ Одеська національна морська академія. – Одеса: «Автограф», 2008. – 182 с.
4. Ніколаєва Л.Л., Цимбал М.М. Морські перевезення: Підручник // Одеська нац. мор. академія – Одеса: Фенікс, 2005. – 425 с.

Теоретичні аспекти використання поновлених джерел енергії на морському транспорті

Згідно звіту комісії ООН з торгівлі [1], більш 80% сировини та товарів перевозиться морським транспортом. Тенденції щодо морських перевезень свідчать про збільшення їх об'ємів в майбутньому. Враховуючи, що морські судна в складі своїх пропульсивних установках включають теплові двигуни, які є одним із джерелом забруднення атмосфери. Проведений в 2015 році в Парижі кліматичний саміт представив Світовій спільноті стратегічні напрями зменшення викидів [2]. Вони полягають у скороченні викидів парникових газів на 40% (порівняно з 2008 роком) до 2030 року на початковому етапі, а потім у досягненні 50% скорочення до 2050 року. Для досягнення цього, науковці та комітети ІМО постійно працює над пошуком або удосконаленням заходів зниження техногенного впливу та енергоефективності обладнання та механізмів суднових енергетичних установок, зокрема, пропульсивних установок.

Наразі традиційні способи підвищення ККД пропульсивних установок практично досягає своєї межі, тому для розв'язання завдань, що виникають і загострюються, науковці шукають інноваційні рішення [3]. Одним з прикладів таких рішень є поява технологій, які використовують поновлені джерела енергії для забезпечення руху судна, зокрема енергію вітра.

В якості прикладу що дає уявлення про енергію вітра (рис. 1), розглянемо явище, яке має умовну назву «Ефект затоки».

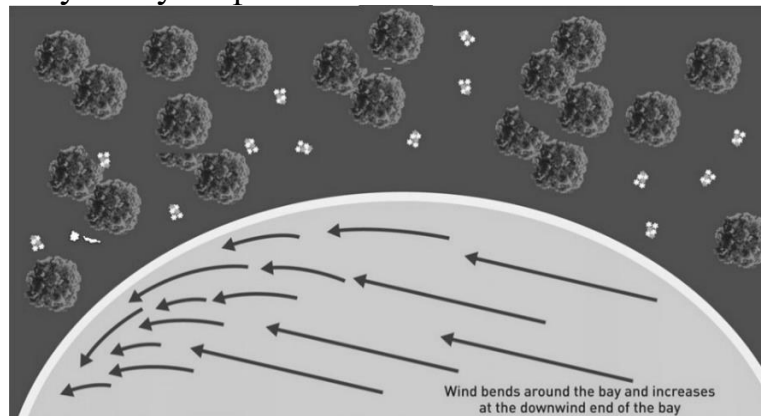


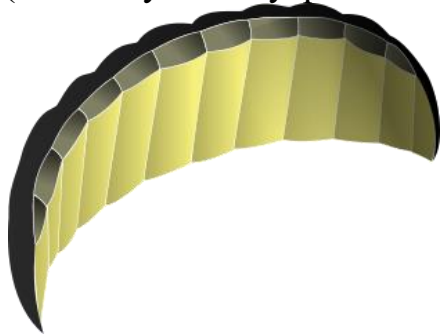
Рисунок 1. – Ілюстрація зміни швидкості вітру у затоці

Воно полягає в тому, що у великих бухтах вигнутої форми при взаємодії вітру та берегової лінії потік вітру, що обтікає узбережжя, стискається і повітряний потік повертається вздовж берегової лінії, що в даному випадку може посилити вітер майже на порядок (це явище найбільш притаманно західному узбережжю Тихого океану у Південній Америці).

Найбільш поширеними на даний час технологіями на морському транспорті, які використовують енергію вітру є: технологія *SkySails*, концепція «турбопарус». Ці технології (концепції) будуються на появі підйомної сили,

яка створюється у відповідності до основних фізичних законів (аеродинаміки, законам збереження маси, законам збереження моменту імпульсу, тощо) та різниці тисків під час обтікання профілю. Вищенаведені фактори пояснюють, чому технології *SkySails* суднового вітрильного рушія у вигляді *kite* (призначений для пересування плавзасобів на водних просторах) почали все частіше використовуватися на морському транспорті [4].

На сьогоднішній день є декілька конструктивних рішень *kite* (рис.2): *парафойл* (із замкнутим внутрішнім простором) і *флоуформ*.



а) *kite*–конструкції *парафойл*



б) – *kite* конструкції *флоуформ* із підвішеною фотокамерою

Рисунок 2 – Приклад конструктивних рішень, щодо *kite*.

Слід зауважити, що данні конструкції *kite* є безкаркасними, тобто не мають у своїй конструкції жорстких частин і повністю виконані з повітронепроникної тканини.

З представлених конструктивних рішень щодо *kite* найбільш ефективними є, конструктивна форма – *флоуформ* завдяки передбачуваній підйомній силі та стабільному положенню у повітряних потоках. На рис. 3 представлена схема виникнення підйомної сили кайту типу *флоуформ* [5].

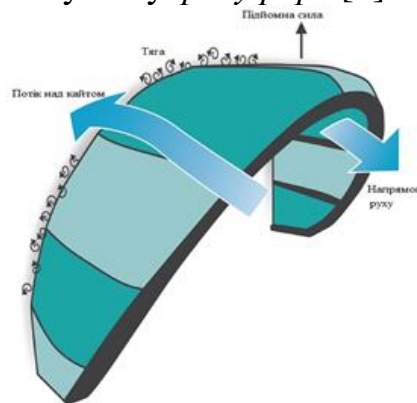


Рисунок 3 – Схема виникнення підйомної сили (*kite* типу *флоуформ*).

Саме такі конструкції, які використовують ефект крила [6], забезпечують значну силу тяги та стабільність руху у повітряних потоках. Сила тяги може бути максимізована кількома способами:

- за рахунок прискорення швидкості повітряного потоку (яка, здебільшого, є швидкістю вітру);
- збільшенням площі поверхні об'єкта;
- прискоренням власної швидкості об'єкта в повітрі,
- нарешті, зміною форми об'єкта.

Проблемою залишається вирішення оптимізаційної задачі щодо оптимальної форми конструкції *kite*та його характеристиками (підйомна сила, тягове зусилля, тощо).

Для розрахунку підйомної сили *kite*в більшості випадків використовують відоме рівняння Бернуллі з урахуванням певних корегувальних коефіцієнтів[6].

На рис. 4 зображено схему розрахунку напрямку та величини тягової сили для *kite* від кута атаки.З рис. 4 можна побачити, що коли вітер дме у крило, то рівнодіюча сил, яка виникає, може бути розкладена на дві складові – вертикальну P і горизонтальну Q . Саме ці складові і забезпечують підйом крила і його подальший рух у повітрі.

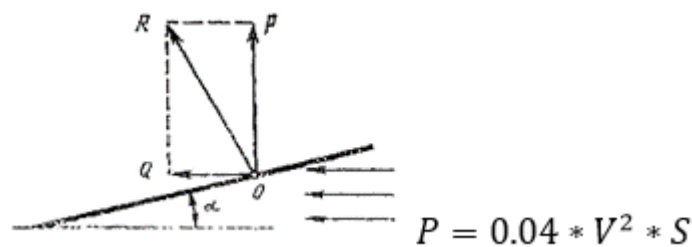


Рисунок 4 – Схема сил, що виникає під час обтікання повітрям крила (*kite*): P – підйомна сила; Q – лобовий опір; R – рівнодіюча сил P і Q ; α – кут атаки (кут між поверхнею крила і напрямом повітряних потоків); 0,04 - розрахований добуток коефіцієнта 0,32 (при куті атаки 10-15 °) на масову щільність повітря; $\rho=0,125 \text{ кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$ масова щільність повітря; V - швидкість вітру (м / с); S - площа змія (м^2).

Корисна підйомна сила складає підйомну силу з вирахуванням маси самогokite та тросу.Для розумінні впливу швидкості вітру на підйомну силу *kite* були проведенні обчислення та зведені в таблицю 1.

Таблиця 1.

Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4						0
Підйомна сила, н/м ²	,04	,16	,4	,6	,0	,4	,0	,5	,2	,0
Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Підйомна сила, н/м ²	,8	,8	,8	,8		0,2	1,6	3	4,4	6

Представлені розрахункові данні, виконанні при куті «атаки» – 10 – 15 град. На рис. 5 зображено залежність величини тяги та її напрямку від кута атаки.

Помаранчевою лінією на рис. позначено положення крила *kite*

Нормальний кут атаки, максимальна швидкість, підйом та потужність.

Зменшення кута атаки, що призводить до падіння швидкості, підйомної сили та потужності.

Завеликий кут атаки, що може призвести до ефекту зупинки.

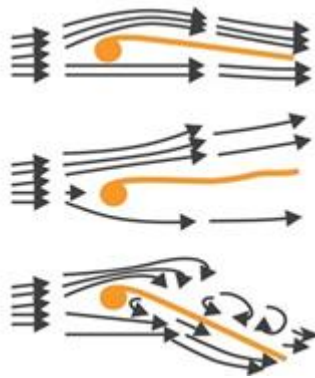


Рисунок 5 – Схема залежності величини тяги та її напрямку від кута атаки.

У випадку використання на морських судах висота підйому *kite* може бути збільшена до 300 і більше метрів над поверхнею води (рис. 6). При цьому робочий діапазон вітру значно збільшується, що призводить відповідно до збільшення підйомної сили.

Швидкість вітру на заданій висоті обчислюється за формулою

$$V_2 = V_1 \cdot \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^\alpha$$

де V_2 – швидкість вітру (м/с) на заданій висоті h_2 (м),

V_1 – виміряна швидкість вітру на висоті h_1 ,

α – коефіцієнт, що залежить від типу місцевості, де проводилися виміри швидкості вітру, значення коефіцієнта α лежить в межах 0,1 – 0,6

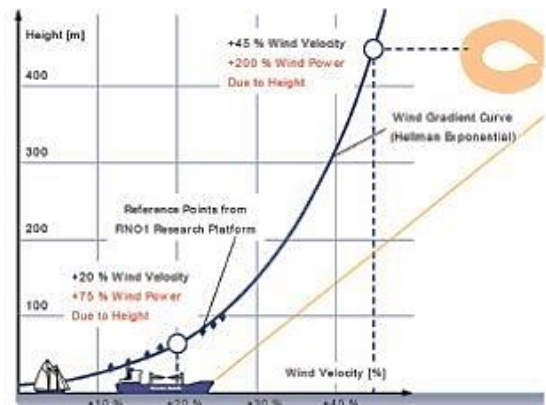


Рисунок 6. – Схемазміни швидкості вітру від висоти паріння *kite*

Слід визначити, що витрати на монтаж та налагодження установки [8] *kite* на судні є достатньо затратними таскладають порядку 1 млн €. З іншого боку, розрахунки Гамбурзької компанії *SkySails* показують, що один кіловат енергії за годину коштуватиме всього шість центів – удвічі дешевше за енергію, що отримується від дизельного двигуна в складі ГЕУ, при цьому економія палива становить 2,5 т/добу.

Завдяки своїй універсальній і компактній конструкції з використанням новітніх технологій система *SkySails* може бути встановлена на різні типи суден без значних змін. Це можна робити як на нових судах, так і існуючих.

За даними компанії *SkySails GmbH & Co. KG*, загальна кількість грошей, викидів та палива, заощаджена інноваційною системою *SkySails* на 2019 рік складає[9]:

- економія витрат на паливо – 41млрд. \$;
- зменшення викидів CO₂ – 290000 тон;
- економія палива склала – 91000 тон.

Внаслідок проведеного аналізу інноваційних поглядів на проблему використання енергії вітру на морському транспорті можна зробити висновок:

1. найбільш поширеним рішенням, яке знайшло застосування на морському транспорті, є повітряні системи різних конструкцій *kite*, зокрема, технологія *SkySails*;

2. досвід використання технології *SkySails* на морському транспорті, вказує на достатньо високий економічний ефект, який дозволяє повернути вкладенні в це рішення кошти протягом до 2 років за рахунок економії палива. З іншого боку, це призводить до зменшення шкідливих викидів та парникових газів;

3. удосконалення технології, можливо за рахунок дослідження різних форм *kite*, а саме пошук оптимуму між витратами на використання системи та її ефективності (збільшення тягового зусилля при *min* масо-габаритних показниках. тощо).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Vindskip – a greener and more cost-effective future for shipping. Джерело: <https://www.ship-technology.com/features/featurevindskip-a-greener-and-more-cost-effective-future-for-shipping-4583928/>

2. Enercon E-Ship- the wind-hybrid commercial cargo ship. Джерело: https://www.stg-online.org/onTEAM/shipefficiency/programm/06-STG_Ship_Efficiency_2013_100913_Paper.pdf

3. Миусов М.В. Режимы работы и автоматизация пропульсивного комплекса теплохода с ветродвижителем / М. В. Миусов. – Одесса : ОКФА, 1996. – 256 с.

4. SkySails propulsion system for cargo vessels. Джерело: https://skysails-group.com/wp-content/uploads/2021/05/SkySailsMarine_Brochure_EN_web.pdf

5. Новиков А.И. Океан и океанотехника/ А.И. Новиков [и др.]. – Севастополь: издатель Л.Ю. Кручинин, 2010. – 436 с.

6. Енциклопедія суднової енергетики : підруч. / В. М. Горбов [та ін.]. – Миколаїв : НУК, 2013. – 607 с.

7. Крючков Ю.С. Ветроходы атомного века / Ю.С. Крючков [и др.]. – Николаев: издатель Торубара, 2014. – 348 с.

8. https://www.enercon.de/fileadmin/Redakteur/Medien_Wärtsilä_to_collaborate_with_Anemoi_Marine_Technologies_in_future_sales_of_Rotor_Sail_solutions.

9. Енциклопедія суднової енергетики: підруч./ В. М. Горбов [та ін.]. – Миколаїв: НУК, 2013. – 607 с.

Проблеми ефективної експлуатації лубрикаторних систем суднових дизелів

Переважним типом головної силової установки морських суден є дизельні двигуни — одні із самих досконалих теплових двигунів. Суднові дизелі забезпечують високу агрегатну потужність і економічність, великий моторесурс і можливість застосування різних палив.

Надійність і довговічність роботи суднових дизелів у відомій мірі визначається швидкістю зносу деталей циліндро-поршневої групи.

Частково ці питання вирішуються шляхом:

- підвищення зносостійкості циліндрів, поршневих кілець і поршнів, шляхом застосування високоякісних матеріалів, нанесення спеціальних покриттів, підвищення міцності поверхневих шарів матеріалу;

- використання високоякісних циліндрових мастил, що містять спеціальні присадки (протикислотні, антикорозійні й ін.) та їхні композиції.

Однак, одними з основних питань, що грають першорядну роль у визначенні терміну служби циліндро-поршневої групи, є питання організації мащення її тертьових поверхонь [1].

Як показує експлуатація суднових двигунів, завищені витрати мастила приводять до збільшення продуктів його відпрацьовування, відкладенням на деталях циліндра, у продувних вікнах циліндра (рис.1), у продувному ресивері й у випускному тракті [2]. Спостерігається підвищене скидання мастила в порожнину під поршнем.

Водночас, недостатня подача мастила служить причиною порушення цілісності мастильної плівки на робочій поверхні циліндра й виникнення напівсухого або сухого тертя (поява ділянок сухої поверхні на поршні й дзеркалі циліндра, поява "сухих кілець"). Погіршується рухливість, відбувається защемлення і пригоряння поршневих кілець.

Це супроводжується інтенсивним зношенням [3], а інколи й "задиранням" тертьових поверхонь, що призводить до вимушених зупинок, знижує надійність і моторесурс дизелів. Відбувається прорив газів і іскор, а також загоряння мастильних відкладень у порожнині під поршнем.

Для ефективного захисту втулки від корозійного зношування - нейтралізуючі властивості мастильної плівки повинні бути достатніми не тільки в районах виходу мастила, але й між ними. Тим часом, питання, розподіли мастила й своєчасної зміни його на дзеркалі циліндра вивчене недостатньо. Розв'язання цього питання є кінцевою метою ефективної організації мащення циліндра. Саме в цьому рішенні криється можливість істотного зниження зносу, відкладень нагару і витрати дефіцитних циліндрових мастил [4].

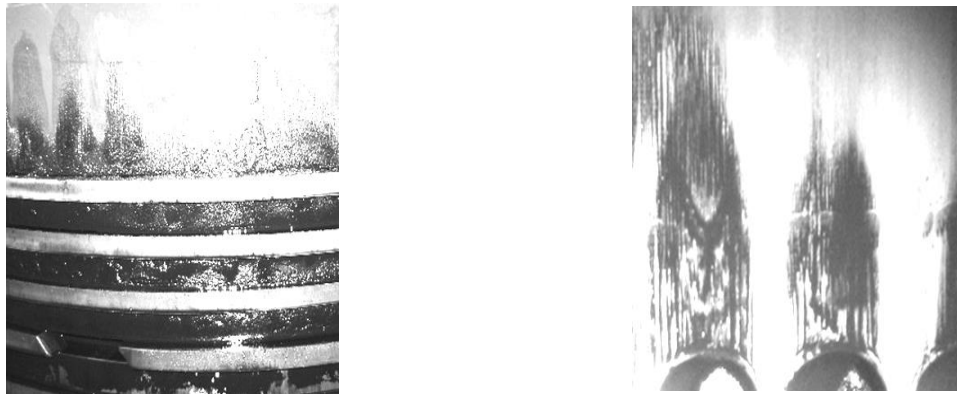


Рис.1. Відкладення на поверхнях головки поршня та натирання на дзеркалі втулки

Це питання значно залежить від кількості точок мащення. Природно, чим їх більше, тим рівномірніше розподілиться мастило і зноси деталей циліндро-поршневої групи будуть меншими. Але збільшення числа штуцерів, при прагненні до мінімальної подачі мастила, викликає утруднення в його дозуванні. Прагнення розташовувати мастильні канали в районах верхніх і нижньої мертвих точок (в.м.т. і н.м.т.) пов'язане з можливістю подачі мастила при найменших швидкостях поршня.

У сучасних мастильних системах подача мастила в штуцери одного циліндра розподілена за часом, при цьому величина порції мастила становить $2...8 \text{ мм}^3$. Крім того, період між нагнітальними ходами плунжера, залежно від конкретної конструкції приводу становить від двох до восьми обертів колінчастого вала [3,4].

Це у свою чергу не дозволяє організувати (існуючими системами) регулярне і рівномірне надходження мастила до поверхонь тертя.

Застосування наддування і використання важкого палива в судових дизелях призвело до зміни конструкцій мастильних штуцерів. При підвищенні наддування збільшуються температури втулок і газів, що призводить до нейтралізації лужних присадок мастила і відкладенням твердих часток у вихідному каналі і, як наслідок цього, порушенню режиму мащення. Для зниження термічного впливу на мастило, штуцери стали розташовувати ближче до місця витікання мастила в циліндр, що зменшило час знаходження мастила в зоні високих температур між штуцером і вихідним отвором на дзеркалі циліндра.

У сучасних дизелях, що працюють на важкому паливі, особливу увагу звертають на місця розташування точок мащення, їхню кількість і конструкцію розподільних каналів. Слід зазначити, що для зменшення теплового впливу на циліндрове мастило до його надходження в циліндр вважається кращим розташовувати точки мащення в нижній частині втулки.

Останнім часом намітилися три напрямки розвитку систем мащення циліндрів судових двигунів:

- модернізація чинних мастильних систем, шляхом зміни гідравлічних характеристик нагнітального тракту;
- розробка й удосконалювання акумуляторних систем мащення;
- створення нових систем мащення циліндрів (з електронним керуванням подачею).

Кожен із цих напрямків має свої переваги й недоліки. Так модернізація чинних систем судових двигунів, з одного боку, є найменш трудомісткою й недорогою, а з іншого боку - дозволяє отримати тільки часткову користь в справі підвищення ефективності їхньої роботи.

Як новий напрямок, фірма MAN-B&W бачить створення алгоритму подачі мастила, заснованого на аналізі відпрацьованого мастила, дозуванню його, навантаженню на двигун і нормі зносу циліндрів (рис.2).

Автоматичне дозування циліндрового мастила й ефективність його використання стають дійсно контрольованими параметрами, що залежать від складу відпрацьованого циліндрового мастила. Після обробки сигналів комп'ютером, передаються команди до кожного лубрикатора системи "Альфа".

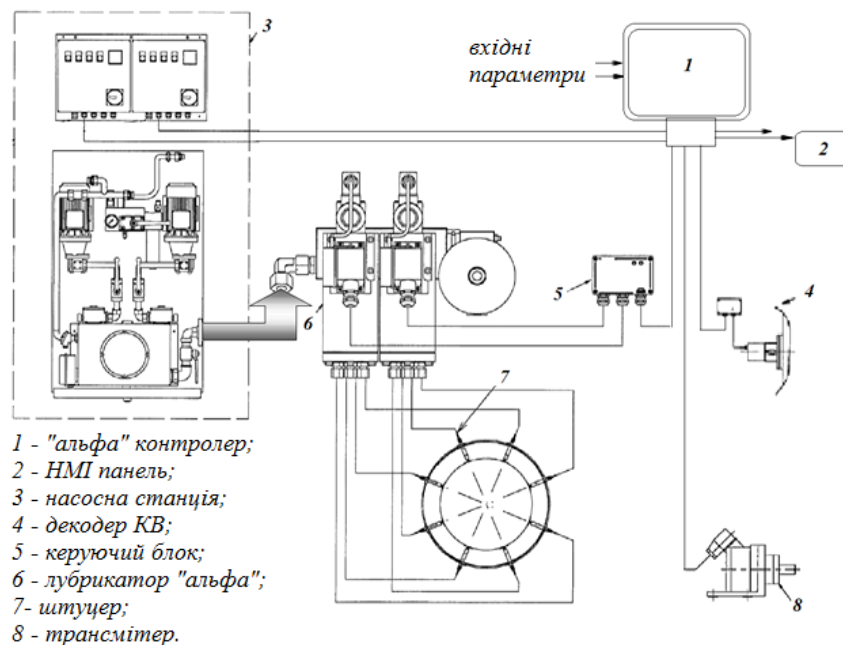


Рис.2. Концепція перспективного мащення циліндрів дизельних двигунів

Оцінка зношування може бути заснована на контролі величини витрати мастила або на контролі лужного числа циліндрового мастила. Скорочення величини подачі може зменшувати лужне число, таким чином, обмежуючи кількість нейтралізувального агента, що надходить у циліндр.

Часто використовується 2-х рядна система мащення, причому із зовнішньої сторони циліндра штуцери розташовані в один ряд, а із внутрішньої є 2 ряди каналів і канавок (рис.3).

Як видно з рис.3а, подача мастила до нижнього ряду здійснюється по доволі складному шляху - каналу з образної форми з 2 горизонтальними й однією вертикальною ділянками, такі канали застосовувалися раніше на двигу-

нах фірми MAN і як показують дослідження, мають дуже істотні недоліки, які погіршують процес подачі мастила.

Результати розкриттів циліндрів показують, що сліди зустрічі мастила з бічною поверхнею голівки поршня не виключені, що може бути пояснено відсутністю досліджень впливу запропонованої геометрії каналу на процес витікання мастила в циліндр.

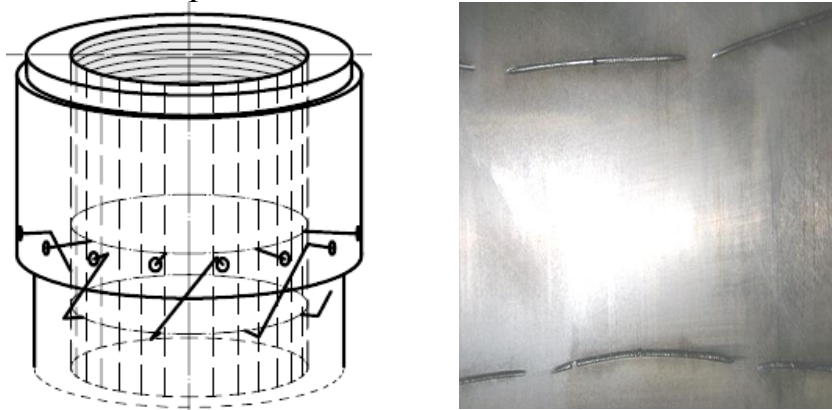


Рис.3. 2-х рядне розташування мастильних каналів двигунів RTA:

Автоматичне дозування циліндрового мастила й ефективність циліндрового мащення стають дійсно постійно контрольованими параметрами, що залежать від складу відпрацьованого циліндрового мастила кожного циліндра. Після обробки вхідних сигналів комп'ютером, передаються команди до кожного лубрикатора системи.

Проте аналіз стану деталей ЦПГ при розкритті циліндрів указує на недостатню ефективність чинних електронних систем мащення, що зажадало проведення спостережень за їхньою роботою в експлуатаційних умовах на різних режимах роботи дизелів.

Як показали результати розкриттів циліндрів, повністю виключити зустріч мастила з поршнем не вдалося. Як і на двигунах обладнаних системою з лубрикатором, є доріжки нагару на бічній поверхні поршня, напроти крапок підведення мастила.

Це вказує на надходження мастила концентрованими порціями, які торкаються бічної поверхні голівки поршня над першим компресійним кільцем і погіршують розподіл його по окружності циліндра.

В останній час дизелебудівна фірма "Вяртсиля-Зульцер" знову повернулася до одного поясу розташування штуцерів модернізованої конструкції, рис.4. (однорядна система "Puls" без акумулювання тиску мастила).

Особливістю нових штуцерів є те, що безповоротний клапан максимально наближений до дзеркала ЦВ (як у двигунів RND), а на виході зі штуцера мастило міняє напрямок завдяки декільком отворам-дроселям виконаним під кутом до осі каналу штуцера.

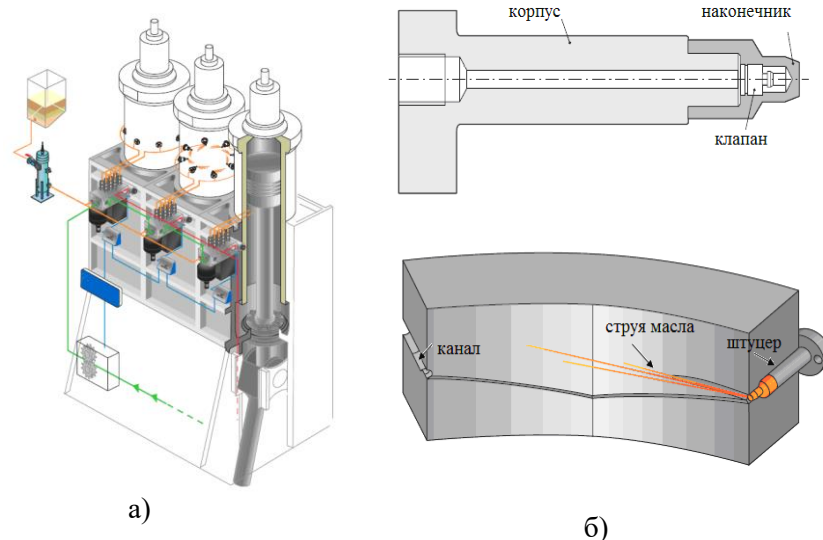


Рис.4. Однорядне розташування штуцерів (а) і їх нова конструкція (б)

Для забезпечення струминної подачі мастила зі зміною напрямку його руху вихідна ділянка каналу в стінці втулки виконана горизонтально, а не похилою, як у всіх попередніх випадках, і має більший діаметр, ніж звичайно

При цьому система налаштована таким чином, що надходження мастила в циліндр повинне здійснюватися в три етапи (рис.5) вище поршня, у район поршневих кілець і нижче поршня.

Здійснюючи переобладнання чинних двигунів під нову систему з лубрикаторами "Puls", фірма Wartsila-Zylser підключає її до одного з наявних двох поясів мащення. У підсумку таких змін досить часто вихідний канал у стінці циліндра перетворюється в радіальний канал.

У таких двигунах подача мастила в канал втулки здійснюється через бічні отвори, розташовані в безпосередній близькості до торця штуцера зверненого до дзеркала. Канали штуцерів являють собою кілька співвісних свердлінь різного діаметра, розташованих послідовно.

Оптимізація витрати циліндрового мастила є одним із ключових параметрів у забезпеченні економічності й безпечної експлуатації більшості двотактних дизелів. Оптимальна норма витрати кожного окремого двигуна визначається індивідуально, як показує досвід, дійсні вимоги до кількості мастила можуть бути дуже значними від двигуна до двигуна.

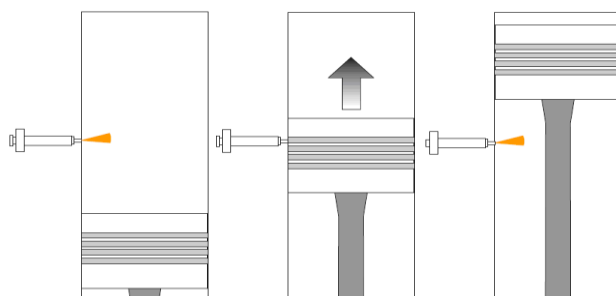


Рис.5. Періоди надходження мастила в циліндр

Економічні параметри для визначення раціональної норми витрати є з одного боку - вартість циліндрового мастила й з іншого боку - вартість розкриттів, ресурс поршнів і втулок циліндрів. На додаток до цього важливу роль грає такий аспект надійності, як запобігання незапланованих зупинок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Богач В.М. Підвищення ефективності суднових дизелів шляхом удосконалення лубрикаторних систем: Монографія / В.М. Богач – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 294 с.
2. Богач В.М. Аналіз умов подачі масла в циліндри дизелів морських суден / В.М. Богач, І.М. Слободянюк, А.М. Шебанов // Суднові енергетичні установки: наук-техн. зб. Вип. 41. - Одеса: НУ «ОМА», 2020. – С. 20-28.
3. Богач В.М. Вплив газу на рух мастила по дзеркалу циліндра / В.М. Богач, А.М. Шебанов, Ю.М. Довіденко, І.Е.Слінський. // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 43. - Одеса: НУ «ОМА», 2021. С.126-139.
4. Богач В.М. Особливості роботи лубрикаторних систем суднових довгоходових двигунів / Богач В.М., Довіденко Ю.М., Дуранов О.П. // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 44. - Одеса: НУ «ОМА», 2022. С. 53-63.

Нанотехнології в морській галузі: здобутки та перспективи

Морська галузь, завдяки своїй природі та величезному потенціалу, завжди була підданою постійним технологічним інноваціям. Останнім часом нанотехнології, які працюють на рівні атомів та молекул, стали ключовим інструментом для поліпшення ефективності та стійкості морських технологій. Нанотехнології вносять революційні зміни у різні аспекти морського господарства, які включають: суднобудування, експлуатацію механізмів та обладнання, охорону довкілля та дослідження океану [1].

Суднобудування. Нанотехнології перетворюють суднобудування, дозволяють створювати судна з використанням високоміцних та легких матеріалів. Вуглецеві нанотрубки вбудовуються в композитні матеріали, які забезпечують надзвичайну міцність та легкість. Це не лише зменшує вагу судна, але й підвищує його стійкість та маневреність.

Застосування вуглецевих нанотрубок у створенні антикорозійних покриттів дозволяє підтримувати високий ступінь захисту корпусу судна від впливу солі та вологи. Наноматеріали забезпечують ефективний захист від корозії, при цьому зберігають естетичний вигляд та оптимізують довговічність суден [2].

Нанотехнології також грають ключову роль у розвитку екологічно чистих технологій для морського транспорту. Використання вуглецевих нанотрубок у виробництві паливних елементів та акумуляторів сприяє підвищенню ефективності та зменшенню викидів шкідливих речовин. Наночастинки у паливних елементах забезпечують вищу енергоефективність, що робить морський транспорт екологічно чистішим та стійкішим до зношування.

Безпека на морі: інновації для захисту та рятування.

З розвитком нанотехнологій, сфера безпеки на морі отримує нові інструменти та можливості для запобігання аваріям та ефективного реагування на непередбачені ситуації.

1. Сенсори для раннього виявлення небезпеки: використання наносенсорів дозволяє в реальному часі виявляти зміни у стані морського середовища. Наприклад, наносенсори можуть виявляти витoki нафти чи інших шкідливих речовин, сповіщати про небезпеку та дозволяти швидке реагування [5].

2. Самописці: використання наноматеріалів у створенні самописців (чорнил для реєстрації даних) може значно покращити точність та збереженість інформації про події на судні. Такі технології можуть бути вирішальними для розслідування аварій та розробки запобіжних заходів.

3. Автоматизація та Штучний Інтелект: впровадження нанотехнологій в сучасні системи автоматизації та штучного інтелекту робить можливим попередження аварій та надає можливість швидкого та точного реагування на будь-які непередбачені ситуації на морі.

5. Рятувальні засоби: нанотехнології також впливають на розробку нових матеріалів для рятувальних засобів та обладнання. Легкі та міцні наноматеріали

теріали з вуглецевих нанотрубок дозволяють створювати компактні, але ефективні рятувальні засоби, що можуть врятувати життя в разі аварій на морі.

6. Кібербезпека та захист інформації: з розвитком інтернету, нанотехнології використовуються для підвищення кібербезпеки. Шифрування та захист інформації стає надзвичайно важливим в аспекті безпеки морських транспортних систем.

Впровадження нанотехнологій в обладнання машинного відділення морського судна має величезний потенціал для поліпшення його продуктивності, надійності та екологічної чистоти.

1. Нанокompозити в двигунах: використання нанокompозитів у виготовленні частин двигунів дозволяє збільшити міцність та термін служби, зменшити вагу та оптимізувати теплові властивості. Це призводить до підвищення ефективності паливного споживання та зменшення викидів [4].

2. Наноматеріали в системах охолодження: застосування наноматеріалів, таких як наночастинки золота чи графен, у системах охолодження може значно покращити їх теплові характеристики. Це особливо важливо в умовах високих температур, де важлива ефективна робота систем охолодження для запобігання перегріву двигуна.

3. Енергоефективність та наноматеріали в генераторах: використання нанотехнологій у генераторах може підвищити ефективність перетворення енергії та знизити втрати від термічних процесів. Наноматеріали можуть бути використані для покращення електричної провідності та зменшення опору в електричних системах.

4. Нанороботи для технічного обслуговування: використання нанороботів для технічного обслуговування та діагностики може значно полегшити виявлення та вирішення проблем в системах суден. Нанороботи можуть проникати у важкодоступні місця, виявляти дефекти та здійснювати ремонт без необхідності розбирання великих механізмів.

5. Ефективне використання енергії: нанотехнології використовуються для створення більш ефективних систем зберігання та використання енергії на судах. Високоєфективні акумулятори, які зберігають більше енергії в компактних розмірах, забезпечують подовжений час роботи систем та обладнання.

6. Екологічна чистота машинного відділення: використання вуглецевих нанотрубок у фільтраційних системах допомагає зменшити викиди шкідливих речовин у атмосферу. Наночастинки можуть бути використані для покращення ефективності очисних систем, які забезпечують екологічно чисту експлуатацію обладнання та пристроїв машинного відділення.

Впровадження нанотехнологій на морських судах відкриває нові можливості для підвищення ефективності операцій, забезпечення комфорту екіпажу та зменшення впливу на навколишнє середовище.

1. Системи навігації та контроль: використання нанотехнологій у сучасних системах навігації та контролю суден забезпечує високу точність та безпеку маневрування. Наносенсори та наночіпи дозволяють в реальному часі

вимірювати параметри оточуючого середовища, що полегшує процес прийняття рішень екіпажем.

2. Комфорт та безпека екіпажу: нанотехнології використовуються для створення нових матеріалів з вуглецевих нанотрубок для обладнання суден, що забезпечують високий рівень комфорту та безпеки для екіпажу. Антибактеріальні та антиалергенні покриття дозволяють створювати гігієнічне середовище, а сенсори відслідковують стан здоров'я членів екіпажу.

3. Ефективність використання енергії: використання нанотехнологій у системах освітлення та електроживлення дозволяє ефективно використовувати енергію та зменшувати споживання палива. Наприклад, ефективні світлодіоди на основі наноматеріалів вуглецевих нанотрубок забезпечують яскраве світло при меншій витраті енергії.

4. Системи керування вантажем: нанотехнології використовуються для створення автоматизованих систем керування вантажем, що спрощують процес завантаження та розвантаження суден. Нанороботи можуть взаємодіяти з вантажами, які забезпечують точність та ефективність.

5. Моніторинг стану судна: використання наносенсорів дозволяє постійно відстежувати стан різних систем судна. Вони можуть автоматично виявляти потенційні проблеми в двигунах, електроніці чи інших ключових компонентах, що сприяє оперативному обслуговуванню та попередженню аварій.

6. Екологічно чисті матеріали: впровадження наноматеріалів у будівельні матеріали суден дозволяє зменшити вагу судна та покращити його гідродинамічні властивості, що впливає на економію палива та зниження викидів.

Впровадження нанотехнологій в електричні системи морських суден є ключовим кроком у забезпеченні ефективності, надійності та стійкості цих сучасних транспортних засобів.

1. Енергоефективність та сховища енергії: наноматеріали з впровадженням вуглецевих нанотрубок використовуються для створення високоефективних сховищ енергії та акумуляторів. Наприклад, наночастинки графену в анодах та катодах можуть підвищити ємність акумуляторів та забезпечити швидше заряджання, що особливо важливо в умовах морських експлуатацій.

2. Електрична провідність та мікроелектроніка: застосування нанотехнологій в мікроелектроніці дозволяє створювати більш міцні та ефективні електричні компоненти. Використання вуглецевих нанотрубок для створення провідників дозволяє забезпечити високу електричну провідність при мінімальній вазі [3].

3. Електроніка на Основі Квантових Точок: дослідження у сфері квантових точок дозволяє створювати електронні компоненти, які працюють на основі квантових явищ. Це відкриває нові можливості для створення супершвидких та енергоефективних електронних систем.

Висновки:

Використання нанотехнологій у морській галузі перетворює підхід до безпеки, які забезпечують нові можливості та засоби для запобігання надзвичайним ситуаціям, а також для ефективного реагування та рятування.

Впровадження нанотехнологій в обладнання машинного відділення морських суден не лише покращує його технічні характеристики, але й сприяє його ефективному використанню.

Нанотехнології в обладнанні морських суден перетворюють сучасний морський транспорт, які забезпечують не лише високу ефективність та безпеку, але і зберігають увагу до екологічних аспектів в морській діяльності.

Впровадження нанотехнологій в електричні системи морських суден створює технологічно високорозвинуті, ефективні та енергоефективні засоби обладнання для сучасного мореплавства, що перетворює спосіб функціонування та управління корабельним електрообладнанням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Назаров О.М. Наноструктури та нанотехнології / О.М. Назаров, М. Нищенко // К.: НАУ. – 2012. – 248 с.

2. Корх М.В. Застосування супергідрофобних наноматеріалів і покриттів у морській галузі / М.В. Корх // Міжнародна науково-технічна конференція «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт». – Одеса: НУ «ОМА». 18.03.2021 – 19.03.2021. – С. 54-58.

3. Корх М.В. Застосування вуглецевих нанотрубок в електротехніці суднового обладнання / М.В. Корх // Міжнародна науково-технічна конференція «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт». – Одеса: НУ «ОМА». 19.03.2022. – С. 50-53.

4. Корх М.В. Застосування наноструктурних матеріалів для збільшення ресурсу ріжучих і обробних інструментів / М.В. Корх // Міжнародна науково-технічна конференція «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт». – Одеса: НУ «ОМА». 18.03.2021 – 19.03.2021. – С. 50-54.

5. Ткач О. П. Наноматеріали і нанотехнології в приладобуванні: навч. посібн. / О. П. Ткач // Суми: СДУ. - 2014. - 126 с.

Конструктивні та робочі креслення корпусних конструкцій

В сучасному інженерному світі, де висока точність та якість є визначальними характеристиками будь-якого проекту, конструктивні та робочі креслення корпусних конструкцій виступають як ключовий елемент у промисловому та будівельному дизайні. Ці дві форми документації є не тільки основними засобами передачі інформації між інженерами та виробниками, але й невід'ємною частиною процесу виробництва та монтажу корпусних конструкцій.

Конструктивні креслення є першим кроком у створенні будь-якого інженерного об'єкта. Їхнє завдання - передати інженерній команді та виробникам повний обсяг інформації про форму, розміри та матеріали конструкції. Вони включають в себе деталі про основну геометрію, точні виміри, технічні характеристики та матеріальні вимоги. Ці креслення виступають основою для створення тривимірних моделей та визначають загальну архітектуру об'єкта [1].

До складу конструктивних креслень корпусу судна входять креслення мідель-шпангоуту, поздовжнього розрізу, розтяжки зовнішньої обшивки, палуб, платформ, другого дна, поперечних та поздовжніх перебірок, країв та інших корпусних конструкцій.

На кресленні мідель-шпангоута показують: поперечні перерізи корпусу судна із зображенням конструктивних елементів вертикального, горизонтального та величних кілів, стрингерів, карлінгсів, флорів, шпангоутів, бімсів, ребер жорсткості, кніц; умовні зображення пазів листів зовнішньої обшивки, настилів палуб, платформ, другого дна; розміри зв'язків корпусу судна і розміри, що визначають їх положення.

Характерні перерізи корпусу судна на кресленні або окремих його листах розміщують так, щоб при переміщенні зліва направо номери шпангоутів змінювалися. При цьому внаслідок симетрії корпусу судна на кресленні зображують не повні перерізи, які половини. Крім перерізів по шпангоутах на кресленні виконують додаткові розрізи, перерізи та виносні елементи.

Графічні зображення супроводжують пояснювальними написами, які містять номер шпангоуту і напрямок проектування. Загальні правила нанесення розмірів на кресленнях корпусних конструкцій встановлює ГОСТ 2307-68. На кресленнях широко використовують способи нанесення розмірів і застосування розмірних ліній. Розміри зв'язків у цьому випадку наносять безпосередньо на зображеннях корпусних конструкцій або на полицях ліній-виносів [2]. Для позначення аркушів та профілів набору застосовують умовні графічні знаки, які встановлюються РД 5.0287-29.

Марки застосовуваних матеріалів за необхідності вказують на полицях ліній-виносів або обумовлюють технічні вимоги.

Над основним написом на вільному полі креслення наводять головні розміри судна, розміри практичних шпаций, клас Реєстру та інші дані, зміст яких залежить від типу та призначення судна.

На поздовжньому розрізі корпусу показують поздовжній та поперечний набір корпусу та надбудов, поздовжні та поперечні перебирання, палуби, платформи, розміри практичних шпаций, наводять інші дані, що пояснюють креслення. Поздовжній розріз виконують діаметральною площиною і розташовують на листі як головний вигляд. Під ним зображують набір настилу палуб, дотримуючись послідовності розташування палуб зверху вниз. Набір корпусу судна на кресленні показують з використанням умовних позначень у вигляді ліній різної конструкції і товщини [1]. На поздовжньому розрізі вказують положення практичних шпангоутів, нумерують, як правило, кожен п'ятий.

При нанесенні розмірів зв'язків паралельно до основної лінії (ОЛ) проводять розмірні лінії. На першій з них вказують практичну шпацию конструктивними районами. На наступних розмірних лініях послідовно для другого дна, платформ палуб наводять розміри профілів поперечних перерізів. Потім вказують розміри поперечних перерізів стрингерів і наводять іншу інформацію щодо зв'язків поздовжнього та поперечного набору корпусу судна.

Робочі креслення, у свою чергу, спрямовані на конкретні деталі конструкції. Вони містять інформацію, необхідну для виготовлення та збирання окремих компонентів. Це включає в себе точні розміри, технічні специфікації, технологічні особливості виробництва, а також інструкції з монтажу. Робочі креслення є ключовим інструментом для майстрів та робітників, які відповідають за виробництво та збірку конструкцій на практиці.

Робочі креслення секцій корпусу судна виконують за типом складально-детальних з розробкою окремих виносних елементів (вузлів на самому кресленні).

Після визначення необхідної кількості зображень, вибирають масштаб основного зображення секції та виносних елементів. При використанні різних масштабів на тому самому кресленні масштаб основного зображення секції слід зазначати у відповідній графі основного напису, а інші масштаби – над виносними елементами, перерізами та іншими зображеннями конструкцій.

Проекції на кресленнях бортових секцій розташовують у порядку. Головний вид (вид на зовнішню обшивку правого або лівого борту або вид на секцію з боку набору) викреслюють на аркуші ліворуч. Під головним видом у проекційному зв'язку зображують горизонтальні розрізи, виконані по бортових стрингерів, палубах, платформах. Праворуч від головного виду поміщають вертикальні розрізи та перерізи по шпангоутах, виносні елементи та додаткові перерізи. Під головним виглядом проводять теоретичні або умовні лінії з відмітками положення практичних шпангоутів так, щоб носові секції шпангоути були праворуч.

Проекції креслення секцій палуб і платформ розташовують у такому порядку. Головний вид (вид зверху на секцію) – у нижньому лівому куті креслення, поздовжні розрізи та перерізи – над головним видом, праворуч – поперечні розрізи (перетину) та виносні елементи. При виконанні проекцій головного виду та поздовжніх розрізів (перетинів) проекційний зв'язок є обов'язковим, для поперечних розрізів (перетинів) його може і не бути. Головний вид на кресленні мають так, щоб діаметральна площина, зображена на секції, була

паралельна довгій кромці формату листа, а носові шпангоути секції були праворуч. Якщо секція днища не має настилу другого дна, то головним є вид на зовнішню обшивку з боку набору. Цей вид розміщують у лівому нижньому куті поля креслення. Крім того, виконують ряд поздовжніх розрізів: по вертикальному кілю, по стрингера днища, по поздовжньому ребру жорсткості. Їх мають над видом зверху, дотримуючись проекційний зв'язок. Також роблять ряд поперечних перерізів (за флорами) та розміщують їх праворуч від основного виду та поздовжніх розрізів. При цьому дотримання проекційного зв'язку не є обов'язковим.

Якщо секція днища має настил другого дна, то до перерахованих видів, перерізів і розрізів додають ще вид зверху на настил другого дна, який розміщують над видом на зовнішню обшивку (при знятому настилі другого дна).

Поперечні перебирання на робочому кресленні зображують, як правило, на повну ширину судна. Як основне зображення поперечної перебирання на кресленні приймають вид на перебирання з боку набору. Під головним видом у проекційному зв'язку розташовують горизонтальні перерізи, виконані по основним зв'язкам і ребрам жорсткості. Праворуч від головного виду викреслюють вертикальні перерізи по стойках перебірок. На вільному полі креслення розміщують виносні елементи та додаткові перерізи.

При кресленні головного виду на зовнішню обшивку секцій борту, палуб, платформ, настилу другого дна поперечний і поздовжній набір зображують штриховими та штрих пунктирними лініями [3].

Всі проекції робочих креслень позначають відповідними написами, а однакові по конструкції поперечні розрізи (перетину) позначають додатково. Після креслення всіх проекцій та виносних елементів проставляють необхідні розміри, пишуть вказівки зварювання, нумерують деталі, що входять до секцій, дають необхідні технічні умови та складають специфікацію на всі деталі секції.

Значення деталізації в обох видах креслень не може бути переоцінене. Чітко визначені параметри та вимоги забезпечують високий ступінь взаєморозуміння між інженерами, дизайнерами та виробниками. Це, у свою чергу, призводить до зниження ризиків помилок та забезпечує ефективний перехід від концепції до реальної конструкції

Сучасні програми CAD (комп'ютерне проектування) відіграють ключову роль у розробці конструктивних креслень, дозволяючи інженерам створювати докладні та точні 3D-моделі. Це полегшує взаємодію між різними ділянками розробки та забезпечує високий ступінь узгодженості між проектуванням та виробництвом.

Висновок. Конструктивні та робочі креслення корпусних конструкцій є фундаментальним елементом сучасного інженерного дизайну та виробництва. Їх правильна розробка та використання дозволяють забезпечити точність, якість та ефективність у виробництві та відкривають шлях до успішного завершення проектів та створення надійних конструкцій, що відповідають високим стандартам сучасності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Михайленко В.Є., Ванін В.В., Ковальов С.М. Інженерна графіка: Підручник / За 4 ред. В.Є. Михайленка. – К.: Каравела, 4-те вид., 2018. – 272 с.
2. Корх М.В. Нарисна геометрія та інженерна графіка. Навчальний посібник. – Одеса: НУ «ОМА», 2017. – 128с.
3. Малишко В.Г., Л.П. Морозенко. Правила виконання та оформлення креслень: Навч. посібник. – Дніпропетровськ: НметАУ, 2012. – 49 с.

Підвищення довговічності та технічних властивостей деталей суднових технічних засобів з використанням композиційних матеріалів

Проблема: В умовах обмеженості фінансових та матеріальних ресурсів проблема ремонту суднових технічних засобів (СТЗ) не може бути вирішена лише за рахунок екстенсивного збільшення обсягу ремонтних робіт.

Важливою частиною цього процесу є раціональне використання існуючого технологічного обладнання та підтримання його технічного рівня за розумних витрат на обслуговування та ремонт.

Компонентний ремонт суднового технічного обладнання (СТО) - технічно обґрунтований та економічно виправданий захід. Таким чином, ремонтні та сервісні компанії можуть скоротити час заводського ремонту суден, підвищити надійність ремонту та збільшити час міжремонтної експлуатації.

Досвід експлуатації СТЗ показує що значна частка всіх відмов припадає на їх гідравлічні системи. При цьому через брак досвіду, технологій та обладнання ресурс відремонтованого обладнання найчастіше не перевищує 30-60 відсотків від нового. У зв'язку з цим розробка та впровадження технологій ремонту, заснованих на використанні полімерних елементів із високоефективних антифрикційних композитів на основі капролону (поліаміду) у фрикційних композитах гідроциліндрів, дозволить знизити вартість та терміни ремонту та значно підвищити надійність усієї гідросистеми.

Аналіз досліджень Деформація профілю поверхні при зношуванні впливає на правильність роботи з'єднання. Таким чином, форма поверхні зношування елемента фрикційного сполучення залежить не від матеріалу, а від діючих сил, характеристик відносного руху, конфігурації та розмірів. Оборотний рух змінює характер пластичної деформації. Великі деформації призводять до інтенсивних процесів утворення структурних дефектів. Інтенсивне утворення мікро- та макродефектів сприяє процесам дифузійних, адсорбційних та хемосорбційних взаємодій на поверхні тертя.

Результати Знос поверхонь тертя елементів гідроциліндра в черговий раз збільшує їх загальну деформацію і підвищує поздовжні і поперечні навантаження, що діють відповідно, що погіршує функціональний стан гідроциліндра і призводить до зниження його придатності в якості підшипників і ущільнень (через виходу з ладу системи. У цьому пункті міститься таке твердження. "При необхідності оперативного ремонту, слід замінити напрямні елементи (якщо вони є в конструкції) або відновити зношені поверхні (якщо їх немає)". Характер навантаження залежить від навантаження, кількості циклів під тиском та тривалості роботи гідравлічної системи при виконанні різних завдань. Оцінка характеру роботи здійснюється шляхом визначення ступеня навантаження в робочому циклі, кількості циклів перемикання в одиницю часу, номінального тиску, температури гідравлічної рідини, навколишнього повітря і т.д. I етап - від від'єднання робочого органу (монтажної машини) до підвіски; II етап - від підвіски до переміщення робочого органу просторі; III етап - від переміщення робочого органу у просторі до зупинки. На першому етапі деформація штока

відбувається за рахунок ударного моменту та сили відхилення штока від осі. Другий період роботи характеризується різким погіршенням умов мастила, що призводить до збільшення тертя у момент руху робочого органу. Всі ці фактори посилюють знос ущільнень, задираки, внутрішні напруги в металі та вигин штока. На третьому етапі термін служби гідроциліндра скорочується через попадання на поверхні тертя високов'язких холодних мастил, які посилюють заклинювання на поверхнях елементів, що сполучаються фрикційної комбінації. Для відновлення працездатності та підвищення довговічності гідроциліндрів існує два підходи до вирішення проблеми:

відновлення зношених поверхонь деталей, що труться шляхом нанесення антифрикційного металевих покриття;

поліпшення конструкції вузлів тертя шляхом установки на головки та поршні гідроциліндрів направляючих опорних кілець із зносостійких полімерних композитів. Для подальшого зменшення зносу цих вузлів, манжетні або рухомі (гумова кільце круглого перерізу) ущільнення гідроциліндрів замінюються композитними ущільнювальними елементами, які більш стійкі до зносу та стирання. Композитні ущільнення складаються з двох частин, одна з яких (гумова кільце круглого або квадратного перерізу) служить силовим елементом, що створює необхідну контактну напругу на обох поверхнях ущільнювачів. Інша частина, виготовлена з полімерного зносостійкого композиту, є безпосередньо ущільнюючим елементом. За даними деяких досліджень, значна частина стадійних відмов силових гідроциліндрів пов'язана зі зносом деталей, частку якого припадає понад 70% всіх витрат на ремонт гідроциліндрів. Основними чинниками, які впливають на надійність гідроциліндрів, є експлуатаційні чинники, зокрема силове взаємодія елементів, об'єднаних тертям. На працездатність гідроциліндра впливає режим силового впливу, при якому великі сили реакції припадають на бічні поверхні головки і гільзи циліндра. При цьому величина сили реакції у прямому положенні поршня майже в шість разів перевищує силу реакції у зворотному положенні. Це призводить до інтенсивного зносу робочих поверхонь деталей, що сполучаються у вертикальній площині і збільшення зазору в рухомих ущільненнях. В результаті зростає сила реакції потрібної комбінації, збільшується контактна напруга та інтенсифікується знос. Для відновлення ремонтпридатності поршневого блоку та передньої кришки при ремонті гідроциліндра запропоновано змінити конструкцію, встановивши на кришку гідроциліндра напрямне опорне кільце з поліамідного композиційного матеріалу.

Висновок Сила реакції в передньому положенні поршня практично в шість разів перевищує силу реакції в задньому положенні, що призводить до інтенсивного зносу робочих поверхонь деталей, що сполучаються у вертикальній площині і збільшення зазору в рухомому ущільнювальному вузлі. Згодом збільшений зазор призводить до утворення великих відхилень у вертикальній площині гідроциліндра, що призводить до збільшення сил реакції в комбінації фрикціонів, збільшення згинальних моментів у штоках, подальшого збільшення контактних напруг і підвищеного зносу.

Гаряче зварювання чавуну

Гаряче зварювання чавуну застосовують при ремонті дефектів деталей і конструкцій, до яких пред'являють вимогу однорідності наплавленого металу з заданими властивостями – ферітно-перлітного, перлітного, високоміцного чавуну з сфероподібним графітом. Зварювальні процеси стосовно чавунів різних класів суттєво не змінюються. Отримання чавуну з заданою структурою і властивостями досягається застосуванням відповідних зварювальних матеріалів. Вибором відповідних зварювальних і присадкових матеріалів, а також способів зварювання можливо отримати наплавлений метал в вигляді не тільки чавуну з заданими властивостями, а і вуглецевої та високолегованої сталі, сплавів з високим вмістом міді, нікелю та ін., що в найбільшій мірі відповідають характеру дефекту, який заварюється і експлуатаційному призначенню виробу.

Обов'язковий попередній підігрів деталей і конструкцій з чавуну є важливою технологічною операцією. Температура попереднього підігріву залежить від розмірів і жорсткості деталі, способів зварювання, об'єму наплавленого металу та інших факторів.

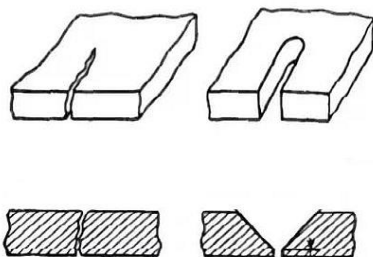


Рис.1 Підготовка деталі до процесу зварювання.

Гаряче зварювання чавуну розрізняють: з підігрівом до $600...650^{\circ}\text{C}$, напів-гаряче зварювання або зварювання з невеликим підігрівом, не вище $300...400^{\circ}\text{C}$, і холодне зварювання чавуну без попереднього підігріву. Найбільш радикальним заходом боротьби з утворенням відбілених та загартованих ділянок шову і навколошовної зони, виникненням пор і тріщин є гаряче зварювання чавуну та повільне охолодження шову. Технологічний процес гарячого зварювання складається з наступних етапів: – *підготовка* дефектного місця виробу для зварювання; – *попередній підігрів* до температури $600...650^{\circ}\text{C}$; – *безпосередньо зварювання* дефектних частин деталі, що ремонтується; – *повільне послідує охолодження* місце зварювання. Підготовка під гаряче зварювання залежить від виду дефекту деталі або конструкції – тріщини, відколу або недоливу металу.



Фото.1

Однак, у всіх випадках, підготовка дефектного місця полягає в ретельному очищенні від забруднень і в розробці крайок для утворення порожнини, яка забезпечує доступність для маніпулювання електродом і дії зварювальної дуги. Для попередження витікання рідкотекучого металу зварювальної ванни, а в ряді випадків, для надання наплавленому металу відповідної форми, місце зварювання *формують*. Формовку виконують в залежності від розмірів і місця розташування дефекту за допомогою графітових пластинок та формувальної маси, яка складається з кварцового піску, замішаного на рідкому склі, або інших формувальних матеріалів, що використовуються для лиття чавуну. Після формовки необхідно просушити форму шляхом поступового підйому температури від 60 до 120°C . Потім проводять подальший нагрів під зварювання з швидкістю не більше $120...150^{\circ}\text{C}/\text{г}$ в печах, горнах, або тимчасових нагрівальних пристроях. Уповільнене охолодження після зварювання досягається при накриванні виробів шаром теплоізолюючого матеріалу – листами азбесту, засипкою піском, шлаком, дерев'яним вугіллям, тощо, або при охолодженні разом з піччю, горнами. Під час зварювання температуру дефектного місця деталі підтримують не нижче 500°C , що затримує охолодження зварювальної ванни і тим самим сприяє утриманню великого обсягу металу у ванні в рідкому стані. Це забезпечує вирівнювання складу металу ванни і його повну графітизацію при застиганні. Крім того, підігрів звільняє деталь, або конструкції, що зварюються, від внутрішніх напружень ливарного і експлуатаційного характеру, попереджує появу зварювальних напружень і запобігає утворенню тріщин.

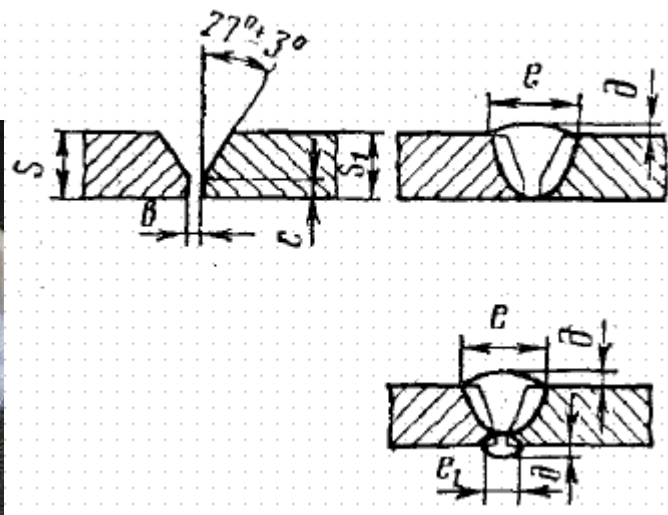


Фото 2 Рис.2

У деяких випадках для деталей, що мають велику твердість і складну конфігурацію, наприклад, голівок блоків циліндрів дизельних двигунів, корпусів редукторів, тощо, при зварюванні обов'язкове загальне нагрівання.

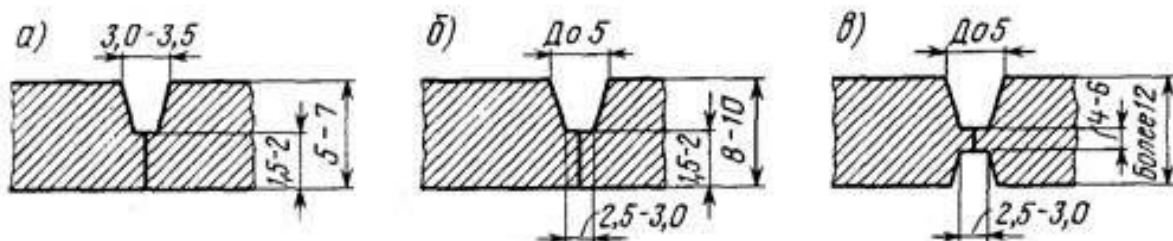


Рис.3 Зварювання чавуну

Способи нагріву і нагрівальні пристрої застосовують в залежності від характеру виробництва – усунення дефектів лиття, ремонтне зварювання і т.п. Наприклад, при масовому виробництві в ливарних цехах доцільно застосовувати конвеєрні печі. Для ремонтних робіт зручно використовувати нагрів у муфельних печах, або в горнах з відкритим кожухом. Для разових ремонтних робіт великогабаритних виробів виготовляють тимчасові нагрівальні пристрої з вогнетривкої цегли, в тому числі печі - ями в земляній підлозі цеху.

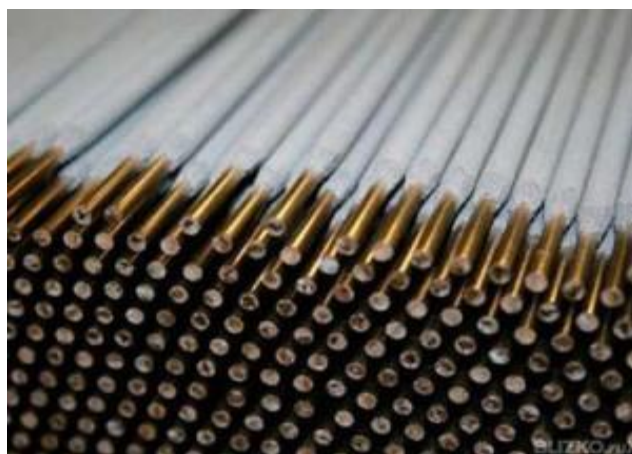


Фото 3. Електроди зварювальні МНЧ-2

Гаряче зварювання чавуну виконують без перерв до повного заварювання дефекту. При великих об'ємах дефекту, що заварюється, зварювання виконують два зварника, які працюють по чергові. Охолодження заварених чавунних виробів залежно від їх маси і форми продовжується від декількох годин до декількох діб. Отримання чавуну з заданою структурою і властивостями досягається застосуванням відповідних зварювальних матеріалів. Вибором відповідних зварювальних і присадкових матеріалів, а також способів зварювання можливо отримати наплавлений метал в вигляді не тільки чавуну з заданими властивостями, а і вуглецевої та високолегованої сталі, сплавів з високим вмістом міді, нікелю та ін., що в найбільшій мірі відповідають характеру дефекту, який заварюється і експлуатаційному призначенню виробу. Зварювальні матеріали класифікують з урахуванням якісних характеристик наплавленого металу, технологічних ознак застосування, показників технологічності при виправленні певних груп дефектів та економічних показників. Для зручності оцінки зварювальні матеріали розділяють на дві великі групи: – матеріали, що забезпечують отримання в наплавленому металі чавуну – матеріали, що забезпечують отримання в наплавленому металі сталі або сплавів з високим вмістом кольорових металів (міді, нікелю та ін).

Зварювання *вугільними електродами* діаметром 8 - 20мм виконують на постійному струмі прямої полярності. Діаметр електроду і силу зварювального струму обирають в залежності від товщини металу дефектного місця, (Табл. 1)

Табл.1 Режими зварювання вугільним електродом

Товщина металу, мм	Діаметр електроду, мм	Сила струму, А
6 - 10	8 - 10	280 - 350
10 - 20	10 - 12	300 - 400
20 - 30	12 - 16	350 - 500
30 і більше	16 - 20	350 – 600

В якості присадки використовують прутки марок А і Б. Для захисту і розкислення металу зварювальної ванни, переведення тугоплавких окислів в легкоплавкі з'єднання застосовують флюси на борній основі, частіше всього технічну безводну буру, прокалену при температурі 400°C. Під час зварювання слід безперервно підтримувати значний об'єм розплавленого металу в зварювальній ванні та ретельно перемішувати метал кінцем електроду або присадковим стрижнем.

Для уповільнення охолодження заварені деталі засипають мілким дерев'яним вугіллем чи сухим піском. Головними недоліками гарячого зварювання чавуну являються велика трудомісткість процесу і важкі умови праці зварників, особливо при зварюванні масивних виробів покритими і вугільним електродами.

Механізоване зварювання чавуну порошковим дротом є прогресивний способом, який значно полегшує працю зварника і збільшує продуктивність, а введені у склад шихти компоненти дозволяють отримувати в шові чавун.

Приклад складу порошкового дроту марки ППЧ-3 для гарячого зварювання чавуну і складу наплавленого металу приведені в Табл. 2

Табл.2 Склад порошкового дроту ППЧ-3 і наплавленого металу, %

Матеріал	C	Si	Al	Ti
ППЧ-3	4,5 – 5,0	3,3 – 4,0	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3
Наплавлений метал*	3,0 – 3,8	3,0 – 3,8	До 0,1	До 0,1

Гаряче зварювання чавуну дозволяє отримати зварні з'єднання, які рівноцінні основному металу по механічним властивостям, щільності, здатності до механічної обробки, тощо. Водночас гаряче зварювання чавуну це трудомісткий та дорогий процес. Разом з тим у ряді випадків до зварних з'єднань з чавуну не пред'являють таких вимог.

Холодне зварювання чавуну електродами позитивного результату не забезпечує тому, що при великих швидкостях охолодження утворюється структура білого чавуну в шві і високотемпературній області навколошовної зони, а також відбувається різке загартування металу ділянок зони термічного впливу, що нагріваються в процесі зварювання вище температури АСЗ. Деформації, які при цьому виникають, перевищують деформаційну здатність металу шва і НШЗ, в результаті чого утворюються тріщини. Для попередження відбілювання необхідно забезпечити такий склад металу шва, для якого в цих умовах буде отримана структура сірого чавуну з найбільш сприятливою формою графітних включень. Це може бути досягнуто шляхом введення в наплавлений метал достатньо великої кількості графітізаторів і легування чавуну елементами, що сприяють сфероїдизації карбідів, наприклад, магнієм. Прикладом таких електродів можуть служити електроди марки ЕМЧ, стрижень яких представляє собою чавун з підвищеним (до 5,2 %) вмістом кремнію, а покриття має два шари: перший шар - легуючий, другий - забезпечує газовий і шлаковий захист.



Фото 4

При зварюванні такими електродами чавунних деталей з товщиною стінки до 12 мм без попереднього підігріву вдається отримати шви і навколошовну зону без відбілювання і загартування. Певному уповільненню швидкості охолодження при евтектичній температурі сприяє реакція між залізною окалиною та алюмінієвим порошком, що протікає з виділенням теплоти. При зварюванні такими електродами масивних деталей, для отримання бездефектних зварних з'єднань, приходиться їх підігрівати до температури 400°C. Для покращення здатності до механічної обробки і деякого підвищення пластичності металу шва застосовують електроди з нікелевих чавунів, наприклад, нірєзиста або нікросілалє, склад яких наведений в табл. 3

Табл. 3 Склад електродних стрижней з нікелевих чавунів, %

Чавун	C	Ni	Si	Cu	Mn
Нірє- зист	2,0	29	1,3	7,6	0,4
Нікросі лалє	2,0 – 2,3	19 - 22	5,2 – 6,4	-	0,5

Електроди з нікелевих чавунів забезпечують отримання швів, що мають хорошу здатність до механічної обробки. Тонке покриття (*М*), що наноситься на стрижні з нікелевих чавунів, рекомендується наступного складу: карборунд 55%, вуглекислий барій 23,7%, рідке скло 21,3%. Зварювання виконують в декілька шарів при зворотно-поступовому переміщенні електроду. Основний 35 недовлік електродів з нікелевих чавунів - підвищена схильність до утворення гарячих тріщин. Отримати в наплавленому металі сірий чавун можна, застосовуючи спеціальні зварювальні матеріали, що забезпечують легування через електродне покриття. Прикладом таких матеріалів можуть служити електроди, стрижень яких виготовлений з низьковуглецевого дроту *Св-08* чи *Св-08А* (ГОСТ 2246-70), а в легуючим покритті міститься достатня кількість елементів - графітізаторів – вуглецю і кремнію. Найбільш характерні електроди марки *ЕМЧС*, стрижень яких – низьковуглецевий електродний дріт, а покриття має три шари: 1-й шар є легуючим, 2-й – шлако- і газоутворюючим, 3-й – газозахистним. Графіт і силикомагній, що входять у склад 1-го шару, служать графітізаторами. Магній в деякій мірі сприяє сфероїдизації графіту; гематит і алюміній, при взаємодії, сприяють певному зниженню швидкості охолодження при евтектичній температурі і тим самим отриманню у шові структури сірого чавуну. Застосування таких електродів при зварюванні чавунних виробів з відносно невеликою товщиною металу (до 8 - 10 мм) дозволяє отримати якісні зварні з'єднання без попереднього підігріву виробу; при більшій товщині необхідно застосовувати напівгаряче зварювання. Для холодного і напівгарячого механізованого зварювання чавуну використовують спеціальні порошкові дроти, що забезпечують отримання у шві сірого чавуну. Для холодного зварювання з відносно невеликою товщиною металу дефектного місця рекомендується дріт марки *ГШЧ-1*, для напівгарячого зварювання – дріт *ППЧ-2* (табл. 5), а також дроти *ППНЧ-7*, *МН-25* та ін.

Табл. 4 Склад порошкових дротів і наплавленого металу для холодного і напівгарячого зварювання чавуну, %

Ма- теріал	C	Si	Mn	Ti	Al	Призначення
По- рошковий дріт ППЧ-1	6,5 - 7,0	3,8 - 4,2	0,4 - 0,6	0,4 - 0,6	0,7 - 1,0	Холодне зва- рювання
Напла- влений метал	4,5 - 5,5	3,5 - 4,2	0,5 - 0,9	0,3 - 0,5	0,5 - 0,8	
По- рошковий дріт ППЧ-2	5,7 - 6,5	3,3 - 4,0	0,4 - 0,6	0,4 - 0,6	0,6 - 0,9	Напівгаряче зварювання
Напла- влений метал	3,5 - 4,5	3,0 - 3,8	0,5 - 0,9	0,2 - 0,5	0,3 - 0,6	

Механізоване зварювання порошковим дротом дозволяє отримати наплавлений метал близький по складу і структурі до чавуну, що зварюють. 36 При заварюванні дефектів в великих чавунних відливках, для виправлення яких необхідно наплавити великий об'єм металу, а також при виготовленні великогабаритних масивних виробів з високоміцного чавуну з сфероподібним графітом, можна використовувати електрошлакове зварювання пластинчастими електродами. Такі електроди представляють собою литі чавунні пластини з вмістом елементів-графітізаторів (вуглецю і кремнію), рівним вмісту останніх в електродних стрижнях марок А і Б, та магнію 0,04 ... 0,08 %. Крім загального підігріву, який виконують при напівгарячому зварюванні різними способами, у ряді випадків (в залежності від конструкції) можливо обмежитися місцевим підігрівом до потрібної температури. Під час зварювання необхідно звертати увагу на те, щоб метал виробу в районі зварювання не охолоджувався нижче заданої температури підігріву. Для гарячого зварювання чавуну дуговим і газовим методами застосовують зварювальні і присадкові матеріали першої групи – чавунні литі прутки, чавунні електроди і порошкові дроти, які мають свої раціональні області застосування при ремонті деталей і конструкцій зварюванням: – прутки присадкові чавунні $10 - 12\text{ мм}$ - для газового зварювання при виправленні дефектів невеликих і середніх розмірів; – прутки присадкові чавунні $6 - 8\text{ мм}$ - для газового низькотемпературного паяння-зварювання при виправленні дефектів невеликих розмірів; – прутки чавунні $8 - 12\text{ мм}$, в деяких випадках до 16 мм, для виготовлення покритих електродів для дугового зварювання при виправленні дефектів великих і дуже великих розмірів; – порошкові дроти $3 - 5,5\text{ мм}$ - для дугового механізованого зварювання при виправленні дефектів великих і дуже великих розмірів. Для виготовлення присадкових прутків і стрижней покритих електродів поширено використовують чавун марок А або Б (табл. 5).

Табл. 5 Склад чавунних присадкових прутків і електродних стрижней, %

М арка	C	Si	M п	C r	N і	P	S	Призначення
А	3. 0 – 3.5	3, 0 – 3.4	0. 5-0.8	Д о 0.05	Д о 0.3	0. 2-0.4	Д о 0.08	Для гарячого зварювання
Б	3. 0 – 3.5	3. 5 – 4.0	0. 5-0.8	Д о 0.05	Д о 0.3	0. 3-0.5	Д о 0.08	Для гарячого і напівгарячого зварювання

Стрижні отримують відливкою в кокіль та іншими способами. У склад покриття, що наноситься на литі стрижні, входять стабілізуючі і легуючі матеріали. В якості останніх використовують графіт, карборунд, ферросиліцій, силікокальцій, силікомагній та інші елементи – графітізатори. Умовам отримання феритної і феритно-перлітної структури наплавленого металу відповідають зварювальні матеріали, що мають високий вміст графітізаторів вуглецю, кремнію, кальцію, які вводять у вигляді феросплавів, карбіду кремнію та ін. До них відносять прутки чавунні (ГОСТ 2671-70) для газового зварювання і стрижні для виготовлення електродів; прутки чавунні ПЧ1 (завод «Станколіт»), а також порошкові дроти ПП-АНЧ-2, ПП-АНЧ-3 (ІЕЗ ім. Є. О. Патона), ППЧ-3 («Станколіт»), ППСВ-7 (ВНДІ «Компресор»), ППСЧ-19 і ППСЧ-6Ф (ВПТІ «Стройбудмаш») та ін. При дуговому гарячому зварюванні кількість феритної фази складає 40 - 60%. Вуглець кристалізується з утворенням графіту в кількості, яка перевищує необхідну. Твердість і здатність до механічної обробки наплавленого металу, як правило, задовільні. Показники ж міцності менше межі міцності чавунів типу СЧ 18-21. При газовому заварюванні невеликих дефектів твердість наплавленого металу не має стабільних показників (НВ 220-260). Чавун з високим вмістом фериту, отримання якого можуть забезпечити наведені матеріали, непридатний для поверхонь, які піддаються в подальшому поверхневому загартуванню, а також для відливок з високомарочних чавунів, де необхідні максимальне наближення фізико-механічних властивостей наплавленого і основного металу. Умовам отримання перлітної структури в наплавленому металі відповідають зварювальні матеріали, в яких при підвищеному вмісті вуглецю та пониженому вмісту кремнію введена невелика кількість рідкоземельних металів. До них відносяться прутки чавунні ПЧ-2 (ВНДІ «Літмаш»); прутки чавунні з самофлюсуванням («Станколіт»); електроди чавунні ЭЧ-2 (ВНДІ «Літмаш»); порошковий дріт ППЧ-3М (ВНДІ «Літмаш» і «Станколіт»). При гарячому дуговому і газовому заварюванні кількість фериту складає 5 - 10%, залишок – перліт дрібнопластинчатий і сорбітоподібний. Показники твердості і здатності до механічної обробки - стабільні. Умовам отримання високоміцного чавуну при гарячому дуговому і газовому зварюванні відповідають прутки чавунні ПВЧ-1, електроди чавунні ЭВЧ1, порошковий дріт ППВЧ-1 (ВНДІ «Літмаш») і ПП-АНЧ-5 (ІЕЗ ім. Є. О. Патона). Введення у склад зварювальних матеріалів рідкоземельних металів забезпечує зберігання сфероподібної форми графіту в умовах тривалого існування рідкої ванни в процесі зварювання. Умовам отримання наплавленого металу у вигляді чавуну, що має стабільні показники по структурі, твердості, здатності до обробки і т. п., зварюванням та наплавленням без попереднього (супутнього) підігріву чавуну не відповідає жодна марка чавунних присадкових прутків, електродів і порошкових дротів, яку можна було б рекомендувати в якості базової.

Умовам отримання в наплавленому металі чавуну при низькотемпературному паянні-зварюванні, тобто без розплавлення основного металу, відповідають прутки НЧ-1 і НЧ-2 (ГОСТ 2671-70), а також їх модифікація УНЧ-1 (ВНДІ «Автогенмаш») та прутки ПЧ-2 і ПЧ-3. При виборі зварювальних мате-

ріалів, які входять в першу групу, необхідно враховувати, що централізовано чавунні прутки і чавунні електроди в Україні не виготовляються. Потреба в них задовольняється відомчими ливарними підприємствами. Електроди з чавунним стрижнем застосовують головним чином для заварювання дефектів лиття. Орієнтовний режим зварювання електродами типу *СТЧ-5а*, *СТЧ-5б*, *СТФЧ-9*, *УНЧ-2*, *ПЧС-1* з чавунним стрижнем діаметром 8 мм складає – сила зварювального струму $I_{ЗВ} = 500 - 700A$; напруга на дугі $UД = 35 - 45В$, струм змінний або постійний зворотної полярності. Порошкові дроти використовують для заварювання великих дефектів лиття. Орієнтовний режим зварювання сварки проволами типу *ППЧ* діаметром 3 мм складає – сила струму $I_{ЗВ} = 350 - 550A$; напруга $UД = 25 - 35В$; швидкість подачі дроту $VДР = 100 - 180 м/г$, струм постійний прямої полярності. Порошкові дроти *ПП-АНЧ-1*, *ПП-АНЧ-2*, *ПП-АНЧ-3* застосовують відповідно для холодного зварювання, напівгарячого і гарячого зварювання. При використанні дроту *ППСВ-7* зварювання деталей товщиною 6 - 8 мм виконують без підігріву, товщиною 8 - 12 мм з підігрівом до 300 - 400°C, більше 12 мм – до 500 - 600°C. Дріт *ПП-АНЧ-5* використовують для зварювання високоміцного чавуну. Покриті електроди з чавунними стрижнями і порошкові дроти мають порівняно невисоку вартість. В поєднанні з високою продуктивністю це забезпечує відносно низьку вартість наплавленого металу. Для гарячого зварювання чавуну можна застосовувати дугове зварювання вугільним електродом. По можливості зміни теплової дії на метал зварювання вугільним електродом займає проміжне положення між газовим зварюванням і зварюванням плавким електродом.

Водночас гаряче зварювання чавуну це трудомісткий та дорогий процес. Разом з тим у ряді випадків до зварних з'єднань з чавуну не пред'являють таких вимог. Часто, наприклад, достатньо забезпечити тільки рівномірність або задовільну здатність до механічної обробки чи щільність зварних швів. За допомогою різних металургійних і технологічних заходів можна отримати зварні з'єднання з чавуну з тими чи іншими властивостями при зварюванні з невеликим підігрівом або взагалі без попереднього підігріву, тобто за допомогою напівгарячого або холодного зварювання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

<https://zvarka.info/zvaryvannya-chavunu-osoblyvosti-tehnologiyi-metody/>
<https://weldelec.com/info/kak-pravilno-varit/chugun/svarka-elektrodami/>

Assessment of the wear rate of sliding bearings of parts of ship technical equipment (STE)

STE, in particular crankshafts, contain tribocouplings - sliding supports, which are the main source of their failure and failure. Contact interaction of parts in these interfaces occurs under various types of sliding friction. Wear as a result of the contact interaction of rubbing bodies leads to an irreversible change in their sizes, which significantly affects the durability and reliability of crankshafts.

In this regard, assessing the wear rate of the friction pair "shaft journal - bearing liner" (Fig. 1) is a very urgent task, since the wear resistance of these particular friction units determines the service life of the entire system.

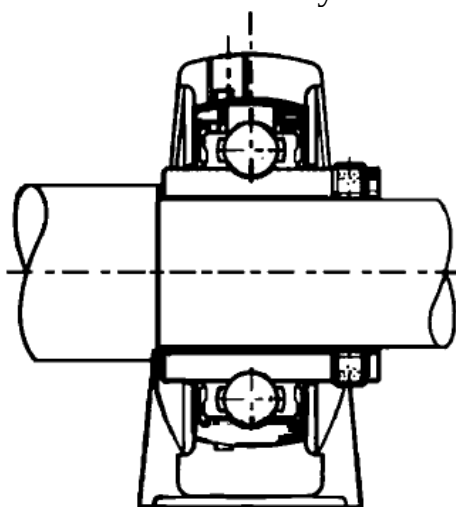


Fig.1. Longitudinal section of the sliding support

In accordance with [1], the wear resistance of plain bearings is understood as the property of antifriction bearing material in a tribological system to resist wear, assessed by a wear resistance indicator - a value reciprocal to the wear rate or wear intensity.

When planning experimental studies on the choice of lubricant, materials and assessing the wear resistance of the friction pair "shaft journal - bearing liner", it is advisable to draw up maps of the external primary and secondary friction conditions of this friction pair, which allow us to give a comprehensive picture of some important parameters of bearing operation.

The assessment of the possible development of events in frictional contact begins with establishing the compliance of the friction conditions with the previously laid down functional and technical requirements in the given parameters [2]. This stage is designated as external primary friction conditions. Here we observe the initial, primary act of interaction and formation of frictional bonds or, what is the same, bond reactions. This is still static.

Next comes the actual friction process. The second stage requires taking into account the specified motion parameters. It can be perceived as external secondary friction conditions. At the next stage - the third - new physico-chemical effects ap-

pear, which are already a consequence of friction and create their own internal primary friction conditions. At the fourth stage, changes occur on surfaces and in sub-surface layers as a consequence of internal secondary processes that form new operating conditions for the friction pair. And finally, the fifth stage begins - the stage of violation of frictional bonds - a harbinger of damage or destruction of friction surfaces with loss of mass of material. The last act of the friction process is the result of the synergistic accumulation of defects and a number of serious changes and transformations in materials. This is the wear of materials and the final stage at the corresponding stage of operation of the friction unit.

It is important to trace the relationships between the stages and take into account their cumulative influence on the types of frictional failures and the type of wear.

The external primary conditions of friction should include such parameters as the magnitude and location of application of active forces (torques), the nature of their action (monotonic, impact, periodic), the totality of the initial physical, mechanical and chemical properties of materials bodies and lubricating layers, coatings, environmental properties (including external pressure and temperature), shape (macrogeometry), state of interaction surfaces (quality, microgeometry, presence of contamination), design features of parts or friction units (type of interface, its rigidity).

The most important role is played by the contact conditions of the surfaces. Friction is influenced by the time of stationary contact, specific pressure on the contact, deformation, and the size of the contact areas. As a result of the interaction of friction surfaces and the presence of surface energy, mechanical frictional bonds arise (elastic deformations and the introduction of microroughness) and stable atomic-molecular bonds (adhesion) are formed. In this case, a volumetric complex stress state arises in the contacting bodies and the formation of attached masses of the boundary layer occurs [3-5].

External secondary conditions that have a significant impact on friction are characterized by a combination of factors. Firstly, this is the kinematics of movements (types of friction according to the kinematics of movements), the actual kinematic parameters of movements. These include the law (equations) of movement of a body (mechanism), the presence (absence) of reversibility of body movement; it is also necessary to take into account the trajectory of movement, the path of friction, the speed and acceleration of the body. Secondly, these are the characteristics, conditions and parameters of dynamic influences. The mechanical behavior of the system is influenced by dynamic factors: laws of change of driving forces as a function of time, the presence and nature of oscillations, vibrations, impact, number of loading cycles, kinetic energy of a body or system of bodies, friction work (power), resistance movement (friction force). The time factor of the process is also taken into account (time of continuous operation, duration of the process in the running-in mode of the friction unit and in the operating mode).

The internal primary conditions of friction include those new phenomena and factors that arise at frictional contact and in the bodies themselves under the influence of the process of vision itself and environmental influences. The main and significant thing in this case is the heating of the bodies, an increase in the friction temperature and the emergence of a temperature gradient both in the bodies themselves

and in the thin surface layer, leading to a change in the physical and mechanical properties of the materials.

To assess the wear rate of the friction pair “shaft journal - bearing liner”, other scientific approaches are also used. A joint solution of the basic equations of the energy theory of friction and wear by G. Fleischer [6] and the molecular mechanical theory of wear by I. V. Kragelsky [7] can be used.

In accordance with [8], the best deterministic basis for wear intensity is the multiplicative dependence on the dimensionless generalized criteria of the system. In relation to sliding bearings, the lubricating fluids of which may contain a certain amount of mechanical impurities, this dependence has the form

$$l = a_0 \left(\frac{p}{HB_{1,2}} \right)^{a_1} \left(\frac{\lambda}{h} \right)^{a_2} \left(\frac{E_{1,2}}{\sigma_0} \right)^{a_3} (1 + \alpha K)^{b_1} \left(1 + \frac{HB_a}{HB_{1,2}} \right)^{b_2} \left(1 + \gamma \frac{Sd_0}{V} \right)^{b_3}$$

where $p/HB_{1,2}$ is a dimensionless complex characterizing the stressed state in contact (p is the specific load, MPa; $HB_{1,2}$ is the hardness of the working surfaces of the shaft and bearing, MPa); λ/h - complex that determines the contacting mechanism (in the absence of mechanical impurities in the lubricant

$$\lambda = \sqrt{R_{a1}^2 + R_{a2}^2}$$

Here $R_{a1,2}$ is the standard deviation of surface roughness, μm ; d_0 is the reduced particle diameter; h – thickness of the lubricant film; $E_{1,2}/\sigma_0$ – a complex that takes into account the plasticity and fatigue strength of materials ($E_{1,2}$ - modulus of elasticity of the 1st kind, σ_0 - fatigue limit of materials, MPa); $1+\alpha K$ - criterion for the concentration of mechanical impurities (α - coefficient taking into account the degree of influence of the concentration of particles on wear; K - concentration, kg of abrasive/kg of liquid); HB_a - hardness of mechanical impurities, MPa;

$$1 + \gamma \frac{Sd_0}{V}$$

particle shape criterion (γ is a coefficient that takes into account the degree of influence of particle geometry on mating wear; S , d_0 , V are, respectively, the surface, reduced diameter and volume of particles); a_1 , a_2 , a_3 , b_1 , b_2 , b_3 - exponents determined on the basis of available information on the wear of materials or when testing similar samples.

One of the ways to increase the performance of the friction pair “shaft journal - bearing shell” and control the processes of friction and wear is the use of special additives in lubricating oils that generate various lubricant films on the friction surfaces that protect against seizing and seizing. To obtain oils with high performance indicators, it is necessary, first of all, to select high-quality raw materials and improve technology. However, a fundamental solution to the problem is unthinkable without the use of additives - this is the most progressive and cost-effective way to obtain high-quality oils. Additives help form a self-healing film of soft metal on friction surfaces, which provides a low coefficient of friction. This allows you to increase the durability of friction units by 2-3 times (realize the wear-free effect). reduce friction losses by 30-200%, reduce material consumption by 2-3 times and increase the period between lubrication works by the same amount [10].

To implement the above effects, an oil additive containing micelles based on molecules of solid plastic lubricant iron oxide (Fe_3O_4) with surrounding molecules of oleic acid ($\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$) is recommended [9]. the use of which leads to an increase in the lubricity of oils.

The additive is a liquid with micelles added to it, including iron oxide and oleic acid. Oleic acid molecules are adsorbed on the surface of magnetite as a result of the chemisorption process. The iron oxide included in the micelle is characterized by low shear resistance and is a plastic lubricant that reduces the coefficient of friction and the wear rate of surfaces in places of their contact. The oleic acid molecules that make up the micelles prevent them from sticking together and ensure that they remain suspended in the liquid. Iron oxide Fe_3O_4 (magnetite) has the following characteristics: molecular weight - 231.54; color - dark red; density - 5.11 g/cm^3 . Oleic acid is a colorless liquid with a boiling point of 286°C and a density of 0.9 g/cm^3 . The length of the oleic acid molecule is 2 nm. The average micelle size is 10 nm. The saturation magnetization is about 10 kA/m. The additive is designed to work in weak magnetic fields with a magnetic field strength of 20-40 kA/m. The basis of the micelle is molecules of solid grease iron oxide, and the surrounding molecules are oleic acid containing substances in the additive. %: Fe_3O_4 - 0.00001, $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$ - 0.0001, diesel fuel - up to 100.

To improve additives of this type and create new ones, devices were developed and patented [10] that evaluate the lubricity of hydrocarbon liquids, taking into account the influence of the physical parameters of the magnetic field on the efficiency of the additives used: tribometers with a permanent magnet and a tribometer with alternating electromagnetic field.

Conclusions

1. One of the most convenient and promising ways to assess the wear rate of sliding bearings is to compile equations of the multiplicative dependence on the dimensionless variables of the tribosystem, which makes it possible to predict the service life of this interface.
2. The development of the most efficient and economically optimal lubricating medium is currently a very urgent task.
3. The most modern and cheapest way to increase the service life of bearings is to replace the lubricating medium with a magnetic lubricant with an anti-wear micellar additive.

LIST OF LITERATURE USED

1. GOST ISO 4378-1-2001. Sliding bearings. Terms, definitions and classification. Part 1. Design, bearing materials and their properties.
2. Gura G. S. Maps of friction conditions in tribology // World of Transport. - 2010. - No. 2. - P. 34-43.
3. Gura G.S. Method of testing materials for abrasive wear at high sliding speeds using an elastic-abrasive cloth // Friction and Wear. - 1986. -T. 7, No. 4. - P. 35-42.
4. Gura G. S. Unfree movement taking into account the deformability of the friction contact // Problems of mechanical engineering and machine reliability. - 2001. - No. 5. - P. 15-21.

5. Gura G. S. The second law of mechanics in a modern setting // World of Transport. - 2003. - No. 2. - P. 24-33.
6. Fleischer G. Energetischemethode der Bestimmung des Verschleihs // Schmierungstechnik. - 1973. - B. 4. - P.9-12.
7. Calculation of friction, wear and durability from the standpoint of molecular mechanical, fatigue and energy theories / I. V. Kragelsky, G. Fleischer, V. S. Komalov, X. Thum // Problems of mechanical engineering and automation . - 1986. - No. 12. - P. 13-24.
8. Drozdov IO. N., YudinE. G., Belov A. I. Applied tribology (friction, wear, lubrication) / under. ed. Yu. N. Drozdova. - M.: Eco-Press. 2010. - 604 p.
9. Pruzhansky L. Yu. Abrasion ability of treated surface. - M.: Science. 1975. - 640 p.
10. Area of actual contact of mating surfaces / P. E. Dyachenko. N. N. Tolkaheva. G. A. Andreev. T. M. Karpova. - M.: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1963. - 95 p.

Застосування наномодифікаторів для збільшення ресурсу на судні

Питання отримання інформації про характеристики відповідальних деталей та вузлів, зокрема, про їх напружено-деформований стан (н.д.с.), в режимі реального часу надзвичайно актуальне у наш час. Введення у виробництво полімерних композиційних матеріалів інтелектуальних датчиків (ІД) дозволяє проводити дистанційну діагностику та моніторинг цих виробів безпосередньо під час їх експлуатації. Це актуально в таких сферах, як: суднобудування (контроль зносу найбільш відповідальних елементів підводних човнів); автомобілебудування та машинобудування (контроль напружень, які виникають у відповідальних місцях під час експлуатації) тощо [1].

Високовідповідальні конструктивні елементи та виробництво, які здатні сигналізувати про настання критичних навантажень або зміни контрольованих параметрів, називають інтелектуальними. З метою забезпечення максимальних експлуатаційних характеристик відповідальних конструктивних елементів останнім часом все ширше використовують наномодифіковані композиційні матеріали.

Наномодифіковані інтелектуальні полімерні композиційні матеріали (НМІПКМ) – це полімерні композиційні матеріали, які мають специфічні властивості завдяки їх модифікації вуглецевими нанонаповнювачами (нанотрубками) з уведеними у їх структуру інтелектуальними датчиками, які дозволяють контролювати напружено-деформований стан (НДС) виробів та здійснювати певні перетворення форми або структури матеріалу [2].

Інтелектуальний датчик – це мініатюрний вимірювальний пристрій у вигляді конструктивної сукупності одного або декількох вимірювальних перетворювачів величини, яка вимірюється і контролюється, який виробляє вихідний сигнал, зручний для дистанційного передавання, зберігання та використання у системах керування і має нормовані характеристики.

Датчики на основі різних матеріалів і процесів вже тривалий час використовуються в різних областях техніки, перетворюючи не електричні сигнали в електричні. Датчики, які використовуються для інтелектуальних полімерних композиційних матеріалів (ІПКМ) мають вигляд мініатюрних сенсорних пристроїв, що вводяться в матеріал [2].

Інтелектуальні матеріали потребують змін методів контролю дефектності матеріалів і переходу від традиційних методів неруйнівного контролю (сканування ультразвуком, томографія, акустичні, рентгеноструктурні та інші) до систем самодіагностики з використанням мікродатчиків (сенсорів), вбудованих в структуру матеріалу (конформних, капсульованих) [2].

1. Аналіз типів інтелектуальних датчиків та можливостей їх застосування [1]

Датчики поділяють на два типи: активні та пасивні. Активні датчики випромінюють і приймають сигнали, пасивні – реєструють і аналізують зміни без використання випромінювань.

Ємнісні системи датчиків фіксують зміни величини і фази змінного струму, індукційні датчики фіксують зміну індуктивності при внесенні в контрольований об'єм феромагнітних і електропровідних компонентів (при зміні магнітних і електричних властивостей).

Датчики, які отримують і обробляють сигнали, що виникають при механічному впливі на матеріал, використовують процеси акустичної, електронної, молекулярної, електромагнітної емісії [1].

Імпульси електромагнітного поля реєструються при зародженні та розвитку тріщин, розриві волокон, розшаруванні матеріалу. Електромагнітна емісія дозволяє прогнозувати з високою точністю міцність ІПКМ, граничні навантаження, залишковий ресурс роботи виробів, експлуатованих в умовах статичного, динамічного, вібраційного навантаження. При дії на матеріал динамічних навантажень (удар, імпульсний акустичний або тепловий вплив) емісія виникає як в точці впливу, так і в напрямку поширення акустичних хвиль, і несе інформацію про внутрішню будову матеріалу.

Поведінка матеріалів в електричних полях визначається складним зв'язком між інформаційними, тепловими властивостями та індукцією. При цьому можливе виникнення п'єзоефекту (механічна деформація —> електрична індукція) і піроефекту (теплове розширення —> електрична індукція) [1].

На вібрації та імпульси реагують п'єзокерамічні, електромагнітні, магнітометричні, інерційномеханічні, трибоелектричні (ефект контактної електролізації), вібродатчики.

П'єзоелектричні датчики – вимірювальні перетворювачі, дія яких заснована на п'єзоелектричному ефекті, служать для перетворення механічного зусилля в електричний сигнал. Найпростіший п'єзоелектричний датчик – пластина п'єзоелектрика, затиснута між струмопровідними поверхнями, до яких прикладаються вимірювані зусилля. Електрорушійна сила, що виникає між струмопровідними шарами, обкладинками п'єзопластини, пропорційна зусиллю [1].

Залежно від конструкції деталей та умов їх навантаження використовують п'єзопластини, що працюють на розтяг, стиск (компресійні), вигин, зсув.

Датчики, які використовують принцип акустичної емісії, виготовляють з полімерів (наприклад, з полівініліденфториду), в яких при зміні зовнішнього навантаження генеруються електричні заряди. Ультразвукові п'єзоперетворювачі, чутливі елементи яких виготовлені у вигляді монолітних блоків в поєднанні з демпферами зі змінними акустичними характеристиками, використовуються в якості сенсорів, які інформують про н.д.с., розшарування, тріщини, пористості, розташування дефектів в об'ємі ІПКМ.

Датчики тиску на основі магнітострикційних матеріалів (магнітострикція – зміна розмірів і форми кристалічного тіла при намагнічуванні через зміни від-

станей між вузлами решітки в ферро- і феримагнетиках) – вимірювальні перетворювачі, дія яких заснована на магнітострикційному ефекті (перехід електромагнітної енергії в механічну), і ефекті Віллари, зворотному магнітострикції – зміні намагніченості матеріалу при його деформації. Магнітострикція використовується при розробці датчиків і мікродвигунів з п'єзомагнітних (зміна довжини стержня під впливом зовнішнього магнітного поля) і п'єзоелектричних (зворотний п'єзоефект) матеріалів [1].

Електроп'єзокерамічні полімерні матеріали отримують наповненням епоксидних полімерів, полуретанів, термопластів, гум керамічними порошками і волокнами. У керамічних п'єзоматеріалів напруження деформації призводять до появи електричного заряду. Він же перетворює електричне поле в механічне напруження, збуджуючи ультразвукову хвилю. Аналогічними властивостями володіють п'єзополімери і полімерні матеріали, наповнені п'єзокомпонентами.

П'єзоелектричні пристрої у вигляді гнучких п'єзоелектричних сенсорних полімерних плівок дозволяють проводити вимірювання відразу в безлічі точок, мають мікроканали зв'язку, дають $\int E$ інтегральну інформацію про стан матеріалу конструкції, про тиск у багатьох точках поверхні виробу [1].

Датчиками для оцінки ступеня вібрації є магнитоеластичні аморфні матеріали з високим (до 95%) коефіцієнтом прямого і зворотного перетворення електричної енергії в механічну, наприклад, на основі полімерних магнітів. Полімерні магнітні матеріали – композиції на основі полімерних сполучних (термореактивних епоксидних, фенолоальдегідних, ненасичених олігоєфірних; термопластичних – пластифікований ПВХ, ПЕ, сульфохлорирований ПЕ, поліаміди, полістироли; еластичних – гумові суміші з каучуками різних типів, в тому числі олігомерних «рідких», термоеластоласти) і магнітних порошків (ферити, порошки сплавів з рідкоземельними елементами самарій-кобальт, самарій-залізо) [1].

Постійні магніти на полімерній основі з наповнювачами у вигляді дисперсних магнітних частинок використовують у виробництві датчиків і виконавчих пристроїв, електронних систем управління, приводних механізмів і електродвигунів. Перевагою їх використання в якості генераторів сигналів в датчиках є можливість додання різноманітних магнітних функцій компактному пристрою шляхом створення різних магнітних напрямних полів при формуванні в литтєвій формі. Вони легко вбудовуються в різні пристрої, з'єднуються з різними компонентами складних вузлів (зубчастими колесами, валами, фіксаторами), мають високу міцність і стабільність розмірів, корозійну стійкість.

Принцип роботи датчиків з магнітними елементами заснований на зміні магнітних властивостей під впливом виникаючого в системі механічного напруження. Найбільш ефективні композиції з частинками анізотричної форми (голчастої, пластинчастої) – анізотропні магнітопласти, рівень магнітних властивостей яких в 3-3,5 рази вище, ніж у ізотропних, і на основі самарій-кобальтових сплавів, які забезпечують високі магнітні характеристики. Загальна концепція оптико-волоконних датчиків (волоконно-оптичні розподілені сенсорні системи) для діагностики ІПКМ запозичена з техніки зв'язку [1].

Використання оптоволоконних датчиків дозволяє об'єднати датчики зі структурою ІПКМ, забезпечити контроль параметрів по всьому об'єму виробу, провести множинні вимірювання за допомогою одного оптичного волокна без використання інших систем датчиків і засобів транспортування сигналів.

Системи, що складаються з одного датчика, можуть давати лише обмежену інформацію. При використанні системи сенсорів виникає проблема обробки величезної кількості даних. Це вимагає введення обмежень в кількості датчиків та у виборі контрольованих параметрів для забезпечення адекватної оцінки стану матеріалу і конструкції. Від системи сенсорів необхідно отримувати сигнали і передавати їх в систему аналізу даних без зміни параметрів сигналу при передачі його через поверхню розділу. У багатосенсорних системах створюються синергетичні ефекти, що підвищують кількість і доступність інформації про стан вимірюваного об'єкта. Основними напрямками розвитку сенсорної техніки є мініатюризація, застосування бездротових і багатосенсорних систем.

Перевага багатосенсорних систем – досягнення високого рівня точності і надійності. Тенденція розвитку багатосенсорних систем спрямована на розвиток модульних систем, що дозволяють додавати нові блоки і оновлювати старі без порушення функцій всієї системи.

За наявності великої кількості компонентів їх з'єднання електричними проводами створює значні труднощі. Тому використовують бездротові датчики, які можуть взаємодіяти за допомогою ультразвукових, електромагнітних або інфрачервоних сигналів. Амплітуда, частота, фаза і час відгуку несуть інформацію, яка відноситься до вимірюваного явища (н.д.с., температура, тиск і т.д.). Для енергетично автономних бездротових датчиків не потрібно струмопроводів навіть для електроживлення [1].

2. Методи дозованого введення інтелектуальних датчиків у процеса виготовлення виробів з ІПКМ.

На базі проведеного аналізу існуючих типів бездротових ІД запропоновано низку методів та пристроїв, які дозволитимуть вводити певну їх кількість в наперед задані області полімерних виробів в ході технологічних процесів пресування, екструзії та лиття під тиском [2].

При серійному виготовленні індивідуальних полімерних виробів методами пресування та лиття під тиском необхідно здійснювати автоматизоване введення ІД в певні точки об'єму виробів [2].

Для виготовлення виробів методом лиття під тиском пропонується застосування такого методу. На термопластавтоматі здійснюють впорскування в форму розплаву полімеру до моменту її заповнення під заданим тиском. Після цього вводять щупом датчик на задану координату по товщині та ширині виробу, виводять щуп з порожнини форми, а тиск знижують до заданого в технологічному регламенті значення і витримують певний час, потім охолоджують без тиску, розкривають форму та виймають виріб [2].

Для виготовлення виробів методом екструзії та співекструзії пропонується попередньо сформований довгомірний елемент, який може бути виконаний

циліндричної або довільної форми поперечного перерізу, з розміщеними в ньому чи на його поверхні ІД, заправляти в екструзійну головку, крізь яку екструдувати розплав термопластичного полімеру, вході чого відбувається оплавлення довгомірного елементу, спільна течія з основним потоком полімеру та охолодження [2].

Для формування виробів з ІД методом пресування запропонована конструкція прес-форми, оснащеної пристроєм їх дозованого введення в задану точку об'єму виробу [2].

Висновки

Запропоновані методи та пристрої забезпечать введення ІД в будь-які задані точки полімерних виробів, що дозволить контролювати цілісності днища судна під час руху та НДС корпусу судна при дії зовнішніх сил та природних явищ, зменшити кількість аварій та нещасних випадків під час експлуатації таких виробів завдяки завчасному отриманню сигналів від введених ІД про настання критичного стану під дією механічних навантажень, температурних та інших експлуатаційних факторів [1].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сівецький В.І. Методи та пристрої для виготовлення виробів з інтелектуальних полімерних композиційних матеріалів. //Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Куриленко В. М.// Вісник НТУ «ХП». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків : НТУ «ХП», 2016. – №4 (1176) – С.95–101.
2. Сівецький В.І. Перспективи створення й використання інтелектуальних виробів із наномодифікованих полімерних композитів / Сівецький В.І., Сокольський О.Л., Івіцький І.І., Куриленко В. М. // Вісник Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. - 2017. - № 1. - С. 7-13.

Визначення потужності генератора, що працює за принципом органічного циклу Ренкіна

Вступ. Відомо, що при спалюванні вуглеводневого палива, яке застосовується для всіх видів енергії на морських судах, в атмосферу викидаються оксиди вуглецю (CO_x). Вони належать до парникових газів (ПГ). На їх скороченні нині і зосереджується все більша увага. Для цього відповідно до рекомендацій міжнародної Конвенції MARPOL 73/78 емісію ПГ слід враховувати за допомогою індексу енергоефективності (ІЕ). При цьому враховується вплив на ІЕ як традиційних, так і інноваційних технологій.

Тому виникла необхідність розгляду питання застосування інноваційної технології - генератора, працюючого за принципом органічного циклу Ренкіна (ОЦР).

Коротко проаналізуємо стан цього питання. Аналіз теплового балансу малооборотних головних двигунів (ГД) рис.1 показує, що основним джерелом відпрацьованого тепла ГД є тепловиділення від відпрацьованих газів - 25%. Цей вид енергії на сьогоднішній день є найбільш привабливим через високі значення теплового потоку і температури.



Рисунок 1 – Тепловий баланс ГД із системою утилізації тепла та без неї

Наступним суттєвим джерелом вода, що охолоджує ГД -5,2%, що раніше ця вода або охолоджувалась у спеціальних радіаторах, або просто зливалася в океан, то в даний час, з розвитком та вдосконаленням ряду технологій з'явилася можливість використання та теплового потенціалу води з ГД [1]. Схематична така установка представлена на рис.2. При цьому інформація про роботу генератора носить обмежений характер, більшою мірою можна вважати рекламний чи інформаційний. Звичайно, що в умовах експлуатації може знадобитися більша кількість інформації. Тому розглянемо детальніше це питання.

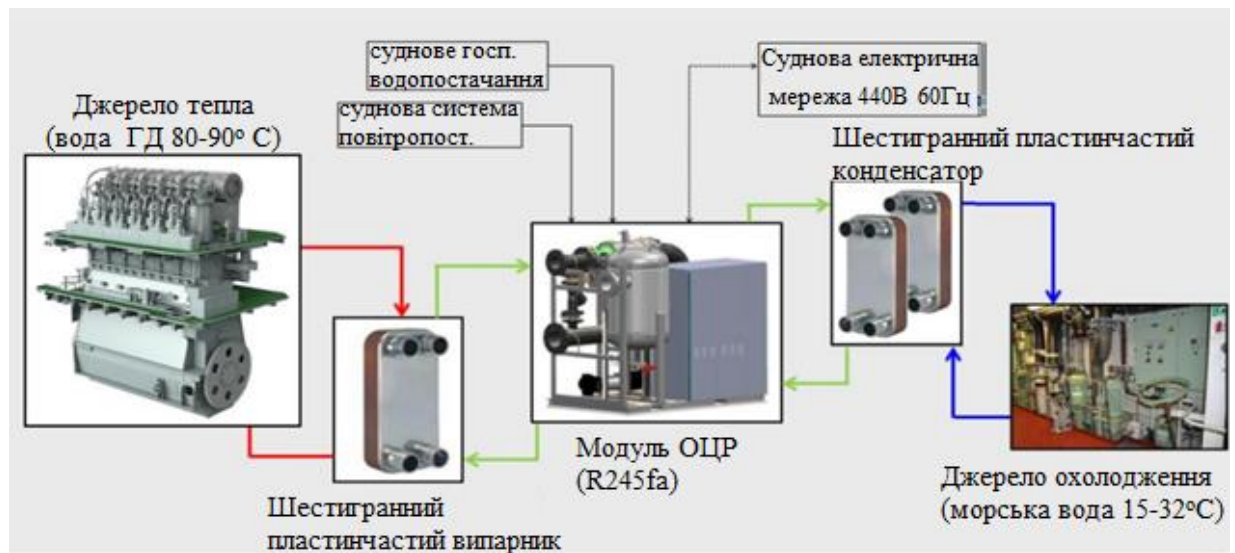


Рисунок 2 – Склад системи

Для отримання теоретичної залежності потужності, що генерується, від витрати охолоджуючої води скористаємося співвідношеннями, наведеними в (2). При цьому приймаємо рівність теплоти, віддане охолоджувальною водою (Q_B) теплоті, переданої фреону R245fa (Q_{R245fa}):

$$Q_B = Q_{R245fa} \cdot \quad (1)$$

При цьому:

$$Q_B = C_B \cdot Q_{B.OB} \cdot \Delta t \cdot \rho_B, \quad (2)$$

де: C_B – питома теплоємність води, 4,2 кДж/(кг·°С);

$Q_{B.OB}$ – об'ємна витрата води, м³/с;

Δt – різниця температур води, °С;

ρ_B – густина води, кг/м³.

Діюча потужність турбіни, що генерується, дорівнює:

$$N_D = \frac{N_T}{\eta_{BH} \cdot \eta_M \cdot \eta_{ЭЛ}}, \quad (3)$$

де: G_Φ – масова витрата пари R245fa через турбіну, кг/с;

$i_2 - i_1$ – різниця ентальпій R245fa, що визначається по $lgP - i$ діаграмі (рис.3).

Масова витрата пари R245fa визначається за формулою:

$$G_\Phi = \frac{Q_{R245fa}}{(i_2 - i_3)} = \frac{Q_B}{(i_2 - i_3)}. \quad (5)$$

З урахуванням формули (2):

$$G_\Phi = \frac{C_B \cdot Q_{B.OB} \cdot \Delta t \cdot \rho_B}{(i_2 - i_3)} = \frac{Q_B}{(i_2 - i_3)}. \quad (6)$$

З урахуванням формули (3) та (4):

$$N_D = \frac{C_B \cdot (i_2 - i_1) \cdot \Delta t \cdot \rho_B}{(i_2 - i_3) \cdot \eta_{BH} \cdot \eta_M \cdot \eta_{ЭЛ}} \cdot Q_B. \quad (7)$$

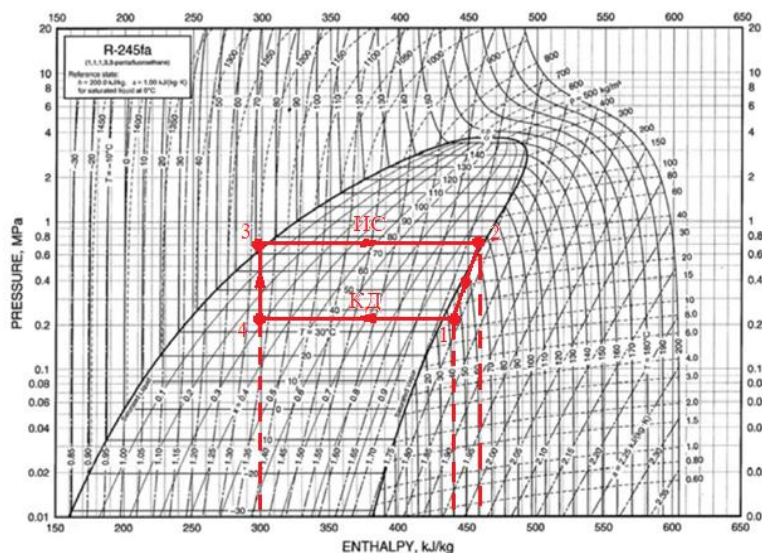


Рисунок 3 – $\lg P - i$ – діаграма визначення ентальпій

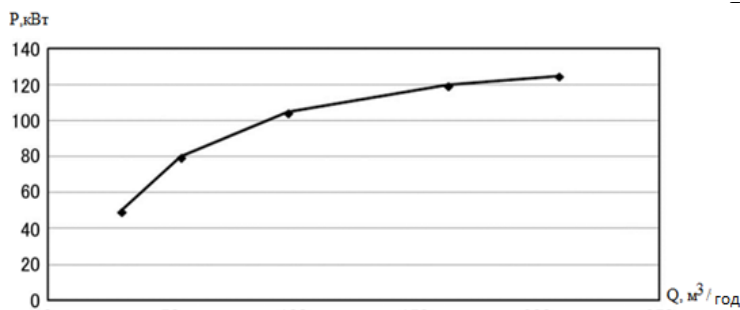


Рисунок 4 – Потужність, що генерується модулем ОЦР залежно від витрати охолоджуючої води

За наведеними вище ввідношенням була зримана теоретична залежність потужності, що генерується, залежно від витрати охолоджуючої рідини $f(Q)$ (рис.4).

Таким чином, знаючи грату охолоджуючої рідини для відповідного типу, можна визначити потужність, що генерується модулем ОЦР.

Висновки. Застосування інноваційної технології на підставі ОЦР дозволяє не лише підвищити індекс енергоефективності, а й скоротити кількість викидів CO_2 .

Як випливає з рис.4, максимальна потужність такого генератора буде 125 кВт. Якщо прийняти, на-

приклад, що питома витрата палива для середньо обертових судових дизелів, що застосовуються як привод генераторів становить $250 \text{ г}/(\text{кВт} \cdot \text{г})$, то економія палива складе 22,5 т палива на місяць.

Якщо порівнювати потужність, що генерується ОЦР, з потужністю, що споживається самим ГД – 69700 кВт або генерується дизельними генераторами, наприклад потужністю 2500 кВт, то ця величина виявляється значно меншою. При цьому застосування такої інноваційної технології є дуже вагомим у плані знижок при обробці морських суден у низці зарубіжних портів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.Дубровська В.В. Технологія виробництва електричної енергії: підручник / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 316 с.

<https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/aa67af18-8677-49fb-b6b3-dc3135a079a0/content>

2.С.М. Василенко Теплохолодотехніка: навч. посібник / С.М. Василенко, В.І. Павелко, А.В. Форсюк, М.М. Масліков, Н.В. Іващенко, С.В. Барановська. – К.: Видавництво Ліра-К, 2019. – 258 с.

https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Vasilenko_2019_258.pdf

Національний університет «Одеська морська академія»
**Організація технологічних заходів по забезпеченню
непотоплюваності судна.**

У світовій статистиці судноплавства, під час аналізу ризиків, фінансових втрат і репутаційних витрат операторів судів, проблемними областями залишаються водонепроникність і непроникність судна під впливом моря. На це робиться акцент у звітах Австралійського управління з безпеки на морі (ASMA) за 2021-23 рік. Проблемні області входять до п'ятірки основних критеріїв недоліків, виявлених у ході перевірок судів портовим контролем.

Слід зазначити, що водонепроникні і проникні під впливом моря елементи є частиною конструкції судна. Водонепроникність повинна бути забезпечена для всіх отворів, розташованих нижче ватерлінії судна. Їх проектування і техобслуговування повинні гарантувати запобігання попаданню і виходу води під час тривалого занурення. Непроникними при впливі моря повинні бути всі інші компоненти судна, і спроектовані і підтримуватися в такому технічному стані, щоб запобігти попаданню води на судно за будь-яких морських умов.

Типовим прикладом є наведений нижче випадок затоплення машинного відділення, яке сталося під час шторму на одному з контейнеровозів компанії CMA GGM в районі інтенсивного судноплавства в 2023 році.

Контейнеровоз місткістю 9200 контейнерів TEU був зданий в експлуатацію в 2014 році, і в 2015 році проходив докування: проводилися ремонтні докові роботи з модернізації, і було встановлено систему очищення вихлопних газів.

При встановленні системи на верхній палубі кормової надбудови, на лінії вихлопних колекторів були неякісно загерметизовані та залишені зазори. Попадання судна в шторм призвело до повного затоплення зливних колодязів машинного відділення. На момент виявлення вода виступала на 150...200 мм вище за рівень кришок всіх трьох колодязів.

У ліквідації аварійної ситуації працювало 5 осіб машинної команди: другий і третій механіки, два мотористи і машинний кадет.

Мотористи взяли під контроль верхні палуби кормової надбудови. Вода, що стікає вниз уздовж вихлопних труб, затримувалася на палубі через велику кількість піддонів, проливалася на нижні палуби, внаслідок чого почалося затоплення машинного відділення.

Відкривши на рівні машинного відділення люки верхньої палуби, було усунуто заповнення палуби і потоку води, що надходить через зазори вихлопних труб вниз.

Машинний кадет на нижній палубі перевів систему стічних вод в екстрений режим відкачування води з колодязів безпосередньо в танк зберігання. У звичайному режимі, зважаючи на незначні протікання стічних колодязів, вода щодня відкачувалась у відстійний танк, і звідти переливом у танк зберігання ємністю 157 м³. Причиною переведення системи в екстрений режим послужив малий обсяг відстійного танка, який становив лише 20,5 м³. Після перемикавання

клапанів, був запущений пневматичний насос мембранного типу продуктивністю 10 м³/год.

Зважаючи на малу продуктивність насоса, у цій ситуації було прийнято рішення запустити додатково пожежний насос.

З наявних на судні трьох пожежних насосів відцентрового типу продуктивністю 150 м³/год, два можуть бути використані для екстреної відкачування води з машинного відділення за борт.

Так як відкриття люків стабілізувало ситуацію і зупинило поступ води в машинне відділення, було прийнято рішення використовувати пожежний насос для перекачування води з нижньої палуби в танк зберігання, для уникнення попадання разом з водою за борт незначної кількості палива і мастила внаслідок можливих проточок.

У роботу було введено після виконаного другим механіком калібрування сепаратор стічних вод, який почав відкачувати воду із танка зберігання за борт.

Загалом на ліквідацію аварійної ситуації пішло три години із задіянням трьох одиниць суднового обладнання та роботи п'яти осіб машинної команди.

Пожежний насос був зупинений, коли рівень води в машинному відділенні опустився нижче за нижню палубу, при цьому мембранний насос і сепаратор стічних вод продовжували працювати.

Коли рівень води в колодязях залишився на позначці 1/5 від загальної висоти танка, мембранний насос був зупинений, і система була переведена на відстійний танк. Сепаратор льяльних вод перестав працювати і був зупинений, коли у танку зберігання залишилася половина заповненого об'єму.

Зазначена позаштатна ситуація стала наслідком недотримання екіпажем вимог безпечної експлуатації суднового обладнання та невиконання планового технічного обслуговування.

Екіпажам суден слід проводити регулярні перевірки технічного стану водонепроникних і непроникних під впливом моря компонентів судна, виконувати моніторинг та грамотне їх технічне обслуговування.

СПИСОК ВИКОРОСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дрозд, Е. В., Сандлер, А. К. Повышение безопасности эксплуатацим ролкеров // Судовые энергетические установки. – 2014. – Вып. 31. – Одесса: ОНМА. - С. 111- 113.
2. Обертюр К.Л. Энергетический подход к приобретению навыков операторами в борьбе за живучесть судна // Матеріали Міжнародної конференції «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві» 18-19 листопада 2014р. – Одесса: ОНМА, 2014. – С. 70-75.
3. Бураковский Е.П., Нечаев Ю.И. Эксплуатационная прочность судов. – К.: Лань, 2018 – 404 с.

Математична модель аварійного опускання вантажу козловим краном із ступінчастим опором зрівняльного пристрою здвоєного підвісу

Для запобігання падіння вантажу після обриву вантажного троса у вантажопідійомних пристроїв були запропоновані технічні рішення, які використовують резервування у здвоєному підвісі з двома окремими тросами. Після обриву одного троса утримання вантажу передбачено на другому тросі. Проведені дослідження показали, що при роботі з номінальним вантажем необхідне застосування пристроїв, які забезпечують обмеження навантажень у силовому ланцюзі. Для мостових кранів були запропоновані рішення із гідравлічними пристроями та фрикційними із ступінчастим опором. Дослідження ефективності застосування таких пристроїв для козових кранів не проводились.

Метою доповіді є опис математичної моделі опускання вантажу козловим краном у випадку обриву троса здвоєного підвісу із ступінчастим опором фрикціонна зрівняльного пристрою.

Динамічна модель козового крана при знаходженні вантажного візка на консолі з боку жорсткої опори, наведена на рис. 1, де:

m_0 — маса візка й металоконструкції крана, приведена до вертикального переміщення кінця консолі у , де розташований візок, кг;

m_2 — маса візка й металоконструкції крана, приведена до горизонтального переміщення x пролітної будови, кг;

δ_{xx} , δ_{yy} , δ_{xy} , δ_{yx} — піддатливості металоконструкції крана, причому δ_{yy} визначається як переміщення маси m_0 у напрямку y при дії на неї одиничної сили в цьому ж напрямку, аналогічно визначаються й інші параметри, причому $\delta_{yx} = \delta_{xy}$, м/Н;

m_1 — приведена маса рухомих частин приводу механізму підйому, кг;

m_3 — маса вантажу, кг;

G — вага вантажу, Н;

F_d — зусилля опору фрикціону зрівняльного пристрою, приведені до вантажу, Н,

$$F_d = kG ,$$

де k — заданий коефіцієнт опору фрикціону.

$\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{y}_1$, $\ddot{y}_3$ — прискорення мас m_2 , m_0 , m_1 і m_3 відповідно, м/с².

Рушійне зусилля привода, приведені до вантажу, визначається за формулою

$$P = P_0 - \beta \dot{y}_1,$$

де P_0 — зусилля в момент пуску двигуна при числі обертів, рівному нулю, Н;

β — коефіцієнт жорсткості механічної характеристики електродвигуна, Н с/м;

$\dot{y}_1$ — швидкість руху маси m_1 , м/с.

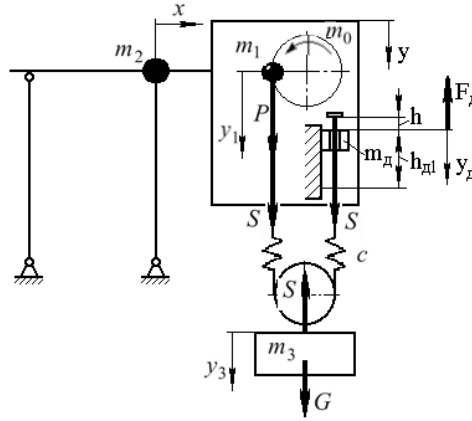


Рис. 1. Динамічна модель козлового крана у випадку обриву каната при опусканні вантажу

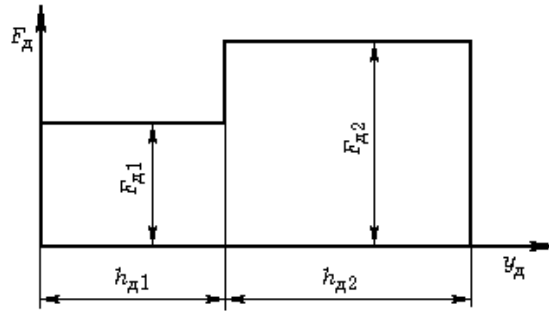


Рис.2. Залежність опору фрикціона від переміщення рухомих його частин

Рух мас після обриву троса розділений на шість етапів. Рівняння руху мас, початкові умови й умови переходу для перших двох етапів співпадають з аналогічними для випадку обриву каната звичайного зведеного поліспасти.

Умовою переходу до третього етапу є рівність $S = F_{д1}$, тобто зусилля у підвісі досягає величини опору першого ступеня фрикціона. При цьому рух мас описується системою

$$\left. \begin{aligned} m_2 \delta_{xx} \ddot{x} + m_0 \delta_{xy} \ddot{y} + x - c(y_3 - y - y_d - y_1) \delta_{xy} &= 0; \\ m_0 \delta_{yy} \ddot{y} + m_2 \delta_{yx} \ddot{x} + y - c(y_3 - y - y_d - y_1) \delta_{yy} &= 0; \\ m_1 \ddot{y}_1 + \beta \dot{y}_1 - c(y_3 - y - y_d - y_1) &= P_0; \\ m_d \ddot{y}_d - c(y_3 - y - y_d - y_1) &= -F_d; \\ m_3 \ddot{y}_3 + c(y_3 - y - y_d - y_1) &= G. \end{aligned} \right\} (1)$$

Зусилля в поліспастовому підвісі визначається за формулою

$$S = c(y_3 - y - y_d - y_1).$$

Початкові умови для третього етапу

$$\begin{aligned} t_3 = 0, x &= (x)_2, \dot{x} = (\dot{x})_2, y = (y)_2, \dot{y} = (\dot{y})_2, y_1 = (y_1)_2, \dot{y}_1 = (\dot{y}_1)_2, \\ y_3 &= (y_3)_2, \dot{y}_3 = (\dot{y}_3)_2, y_d = \dot{y}_d = 0, \end{aligned}$$

де $(x)_2, (y)_2, (y_1)_2, (y_3)_2$ й $(\dot{x})_2, (\dot{y})_2, (\dot{y}_1)_2, (\dot{y}_3)_2$ — переміщення й швидкості мас m_2, m_0, m_1 і m_3 наприкінці другого етапу.

Умова переходу до етапу, на якому відбувається рух мас після вимикання фрикціону з роботи $y_d = h_{d1}$.

Рух мас на четвертому етапі описується системою рівнянь

$$\begin{cases} m_2 \delta_{xx} \ddot{x} + m_0 \delta_{xy} \ddot{y} + x - c(y_3 - y - y_1) \delta_{xy} = 0; \\ m_0 \delta_{yy} \ddot{y} + m_2 \delta_{yx} \ddot{x} + y - c(y_3 - y - y_1) \delta_{yy} = 0; \\ m_1 \ddot{y}_1 + \beta \dot{y}_1 - c(y_3 - y - y_1) = P_0; \\ m_3 \ddot{y}_3 + c(y_3 - y - y_1) = G. \end{cases} \quad (2)$$

Початкові умови для четвертого етапу

$$t_4 = 0, x = (x)_3, \dot{x} = (\dot{x})_3, y = (y)_3, \dot{y} = (\dot{y})_3, y_1 = (y_1)_3, \dot{y}_1 = (\dot{y}_1)_3,$$

$$y_3 = (y_3)_3 - (y_d)_3, \dot{y}_3 = (\dot{y}_3)_3,$$

де $(x)_3, (y)_3, (y_1)_3, (y_3)_3, (y_d)_3$ — переміщення мас m_2, m_0, m_1, m_3 і m_d наприкінці третього етапу, м;

$(\dot{x})_3, (\dot{y})_3, (\dot{y}_1)_3, (\dot{y}_3)_3$ — швидкості мас m_2, m_0, m_1 і m_3 наприкінці третього етапу, м/с.

Умова переходу до п'ятого етапу $S = F_{d2}$, тобто зусилля у підвісі досягає величини повного опору фрикціону.

На п'ятому етапі рух мас описується системою диференціальних рівнянь (1).

Умова переходу до шостого етапу $\dot{y}_d = 0$.

Рівняння руху мас на шостому етапі мають вигляд (2).

Розв'язання рівнянь руху мас методом Рунге-Кутта 4-го порядку для козлового крана вантажопідйомністю 12,5 т для випадку обриву троса під час опускання вантажу наведено у вигляді залежностей зусиль у підвісі і металокопструкції (рис. 3).

У процесі розв'язання рівнянь динамічні навантаження, що діють на металокопструкцію [1],

$$F_x = x c_x, F_y = y c_y,$$

де F_x — горизонтальне навантаження, Н; F_y — вертикальне навантаження, Н; c_x — жорсткість металокопструкції в горизонтальному напрямку, Н/м; c_y — жорсткість металокопструкції у вертикальному напрямку, Н/м.

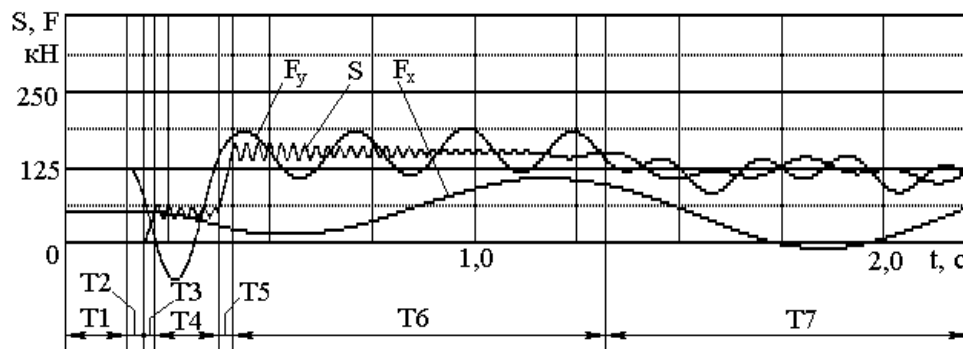


Рис. 3. Зусилля у підвісі і металоконструкції під час утримання вантажу

За результатами розрахунків горизонтальна складова зусиль у металоконструкції досягає величин, за яких руйнування крана неминуче. Отже для вирішення проблеми запобігання падіння вантажу та аварії крана після обриву троса для козлових кранів необхідні нові рішення.

Описана математична модель дозволяє досліджувати динамічні процеси, що відбуваються в козловому консольному крані після обриву троса здвоєного підвісу із ступінчастим опором фрикціона.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Математична модель аварійного опускання вантажу козовим краном після обриву одного з тросів / О. М. Стукаленко // Матеріали науково-технічної конференції "Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт", 22.03.2023 – 23.03.2023. – Одеса: НУ «ОМА», 2023. – С. 43-86.

Hybrid Propulsion Plants on Ships

1.What are hybrid ships?

Hybrid ships are vessels that use two power sources, usually a conventional combustion engine and a rechargeable battery. They can be as small as a local ferry or as large as a Pure Car and Truck Carrier (PCTC). The number of hybrid ships is growing across all segments. The offshore industry used to be the biggest market for ships with hybrid systems, but today there are hybrid versions of small merchant vessels, RoRo ferries, smaller ferries, and special vessels like tugs and research ships.

2.Why hybrid propulsion systems?

Hybrid propulsion systems provide a superior solution for the ship industry, delivering lower operating costs, reduced emissions and long-term sustainability. This innovative solution, combining economic efficiency and environmental care, is becoming a key factor in the pursuit of sustainable and responsible maritime transportation.

3.Benefits from electric marine propulsion systems:

1)Cost reduction

Optimization of energy consumption results in a significant reduction in fuel costs. Cost savings are important for the marine industry in the face of ever-changing fuel costs.

2) Lower emissions

The electrical propulsion system is an environment-friendly choice – even with diesel generators. This is because the electrical propulsion system makes it possible to operate the generators within their optimal operational range even when the load from propulsion varies. Therefore, adopting electrical propulsion for a ship will significantly reduce the emissions of CO, CO₂, and soot.

3)Ensuring long-term sustainability

Hybrid plants increase the long-term sustainability of ships. Less dependence on conventional energy sources makes ships more flexible and environmentally friendly.

4) Low noise and vibration

Electric propulsion drives are unsurpassed for their quietness of operation

5) Saves fuel

At lower propeller speeds, the number of generators that are online can be adjusted according to the power demand. The engines will run more efficiently, which saves fuel.

4.Integration of different energy sources

Hybrid systems on ships integrate different energy sources such as solar and wind power with conventional generators and batteries. This combination provides a continuous power supply:

1)Solar power:

Utilizing solar panels on the surface of the ship to convert sunlight into electrical energy. Efficient use of daylight to maintain energy in the system.

2) Wind power:

Installing wind turbines on the ship to convert the kinetic energy of the wind into electricity. Efficient utilization of offshore wind for additional power generation.

3) Generators:

Generators running on conventional fuels provide additional power in case of shortage of renewable energy. The generators ensure system stability under various sailing conditions.

4) Batteries:

The use of batteries to store excess energy produced during good weather conditions. Batteries provide a reserve of energy, which is particularly useful during periods of poor visibility or at night.

5. Working principle

The working principle of a diesel-electric propulsion system on a ship is usually based on a combination of different energy sources such as diesel engines, electric motors, batteries and renewable energy sources. Here is the general scheme of how they work:

1) Power generation:

Diesel engines generate electrical energy, which is then used to drive electric motors or charge batteries.

2) Energy storage:

Excess electrical energy can be diverted to charge batteries, which can then be used as an additional source of energy during peak periods or when main sources are shut down.

3) Utilization of renewable energy sources:

Wind turbines or solar panels can generate electrical energy, which can also be directed to charge batteries or used directly to drive electric motors.

4) Energy management:

The EMS regulates the flow of energy between different sources depending on current sailing conditions, required power and battery charge.

5) Energy Optimization:

The purpose of the system is to ensure optimal energy use, minimize fuel consumption and emissions, and ensure continuous and reliable power supply to the vessel.

6. Examples of successful implementation

1. Discovery Princess:

- Description: The cruise vessel Discovery Princess has implemented a diesel-electric propulsion system including diesel generators, electric propulsion motors, frequency converters, propellers and control software.
- Results: 20% reduction in CO₂ emissions, fuel savings and lower operating costs.

▪ Jákup Sverri:

- Description: The Faroese research vessel Jákup Sverri with ultra-silent propulsion technology.

- Results: Reduced underwater radiated noise (URN) and emissions.

2. Viking lady:

- - Description: The supply vessel Viking Lady has been installed with dual-fuel liquefied natural gas (LNG)/diesel-electric power plant.
- - Results: The Viking Lady is the most environmentally friendly vessel ever built.

Environmental protection during ship operation

Shipping is a critical industry that enables global trade and transportation. However, it also has the potential to cause significant environmental damage if it is not properly managed. Environmental protection involves managing various types of wastes and emissions generated from ships' daily activities. 'This includes air pollution, such as exhaust gases, water pollution like oil and chemical spills, sewage, and ballast water discharge' [1]. This topic is of critical importance in the maritime industry for several reasons:

1. **Regulatory Compliance:** The maritime industry is subject to numerous environmental regulations, such as MARPOL and other international and national laws. Compliance with these regulations is essential to avoid legal penalties, reputational damage, and financial losses.

2. **Sustainability:** The maritime industry has a significant environmental impact, contributing to climate change, air and water pollution, and the spread of invasive species. Environmental protection measures can help reduce these impacts and promote sustainability, which is increasingly important to customers, investors, and regulators.

3. **Public Health:** Marine pollution can have significant impacts on public health, such as respiratory issues from air pollution, contamination of seafood, and the spread of diseases from sewage and ballast water. Environmental protection measures can help protect public health and reduce the risk of disease outbreaks.

4. **Economic Benefits:** Environmental protection measures can also have economic benefits, such as reducing costs associated with waste management, improving fuel efficiency, and reducing the risk of accidents and spills. Additionally, customers and investors are increasingly demanding environmentally responsible practices, which can provide a competitive advantage for shipping companies.

International regulations and guidelines play a crucial role in promoting environmental protection during ship operation. They establish a framework for managing wastes and emissions, ensuring compliance with sound environmental principles and regulatory requirements. The International Maritime Organization (IMO) and the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) set comprehensive, consistent, and uniform international standards for waste management. These standards are adopted by most flag and port States and are enacted into national legislation and regulation.

MARPOL is an international convention developed by the International Maritime Organization (IMO) to minimize pollution of the oceans and seas, including dumping, oil and air pollution. It is divided into Annexes, each of which deals with the regulation of a particular group of ship emissions. For example, Annex I regulates the discharge of oil into the ocean environment, while Annex II details the discharge criteria for the elimination of pollution by noxious liquid substances carried in large quantities.

'The IMO is responsible for developing and adopting international conventions and codes that set standards for environmental protection' [2]. Flag States are re-

sponsible for ensuring that ships flying their flag comply with these standards. Port States are responsible for enforcing these standards in their ports, and they can inspect ships and impose penalties for non-compliance. Regional organizations, such as the European Union, can also adopt and enforce their own environmental regulations for ships operating in their waters. Non-compliance with international regulations and guidelines for environmental protection during ship operation can result in various consequences, including [2]:

- Legal Penalties;
- Reputational Damage;
- Financial Losses;
- Criminal Liability, etc.

The shipping industry is taking steps to minimize its environmental impact by adopting advanced technologies and innovative solutions. These measures aim to reduce emissions, increase energy efficiency, and promote sustainability. One such technology is the use of low sulfur fuel oil (LSFO) and marine gas oil (MGO) to meet the International Maritime Organization's (IMO) 2020 sulfur limit requirement. This limit reduces the sulfur content in ships' fuel oil from 3.5% to 0.5%. The use of LSFO and MGO can significantly lower harmful emissions from diesel combustion. Another solution is the use of liquefied natural gas (LNG) as a fuel for cargo ships. LNG is a mature alternative fuel option that can help reduce air pollution. However, there are many technology choices that need to be made depending on specific vessel design and operational requirements. 'Exhaust gas cleaning systems, also known as 'scrubbers', are another technology that can help ships meet the sulfur limit requirement' [3]. These systems are geared towards reducing sulfur or capturing sulfur before it escapes through the exhaust funnels. Ballast water management is another critical area where advanced technologies are being used. The IMO is introducing regulations to reduce the impact of the marine industry on both the sea and atmosphere, and ballast water is one of the topics being addressed. The use of digital systems can help ship operators manage ballast water more effectively. In addition to these technologies, other solutions such as speed nozzles, anti-fouling paint, waste heat recovery systems, and sail and kite systems can also help reduce fuel consumption and emissions.

Conclusion:

Environmental protection during ship operation has critical importance for several reasons. Firstly, the maritime industry has a significant environmental impact, contributing to climate change, air and water pollution, and the spread of invasive species. Compliance with environmental regulations, such as MARPOL and other international and national laws, is essential and necessary. Non-compliance can result in various consequences, including legal penalties, reputational damage, financial losses, and criminal liability. It is crucial to prioritize environmental protection during ship operation to minimize the industry's environmental impact, promote sustainability, protect public health, and gain economic benefits. The use of advanced technologies and innovative solutions can help reduce emissions, increase energy efficiency, and promote sustainability in maritime industry.

REFERENCES:

1. [Електронний ресурс] : https://en.wikipedia.org/wiki/Environmental_effects_of_shipping— Назва з екрана.
2. [Електронний ресурс] : <https://www.imo.org/en>— Назва з екрана.
3. [Електронний ресурс] : <https://clearseas.org/insights/exhaust-gas-cleaning-systems-scrubbers-on-ships-clearing-the-air-on-the-scrubbers-controversy/>— Назва з екрана.

Multi-cultural crews on board: how to communicate effectively.

Navigating multi-cultural crews on ships requires understanding effective communication, especially as these teams become more common in maritime operations. Clear communication is vital for safety, efficiency, and team unity.

With regard to culture in everyday life, we'll most likely think of music, art and such. However, culture is relevant to almost every aspect of human life. We can speak of national culture, communicative culture, work culture etc. And all they really matter for promoting a conducive working environment in multinational crews on board ships.

In multi-cultural teams, it's helpful to learn about each member's cultural background to foster respect. Understanding the differences between your culture and other people's cultures makes a difference on board, as culture and communication are closely linked. Maintaining professionalism in dress, manners, and behaviour sets a positive tone. Patience in greetings and meetings, along with a sincere interest in colleagues' concerns, builds trust—a key element for successful partnerships.

Dealing with problems in multi-cultural teams involves different strategies. Adapting to cultural differences openly, restructuring tasks, and setting norms early are effective approaches. If needed, removing a crew member might be considered as a last resort.

Identifying cultural differences, coexisting harmoniously, and fostering open dialogue through occasional multi-cultural crew meetings are essential. Captains play a crucial role in promoting norm-setting early on, emphasizing expertise over English fluency in job assignments.

Effective communication at sea goes beyond words—it includes information dissemination, providing communication facilities, and ensuring awareness of issues impacting crew members' professional life, health, safety, and welfare. Clear instructions in face-to-face interactions are crucial for comprehension.

In the maritime industry, effective communication is central to good leadership. Leadership training standards highlight communication's pivotal role in creating a cohesive and efficient maritime environment. In the evolving landscape of multi-cultural teams on board, mastering effective communication is the compass steering the ship toward success.

Within the context of multi-cultural teams aboard ships, it's imperative to underscore the significance of cultural competence. Crew members should be encouraged to participate in cross-cultural training programs that go beyond basic awareness, delving into the nuances of cultural norms and communication styles. This proactive approach ensures that individuals not only recognize cultural differences but also acquire the skills to navigate them effectively.

Moreover, the implementation of a feedback loop within multi-cultural teams can significantly enhance communication dynamics. Regular check-ins and anonymous suggestion boxes provide crew members with avenues to express concerns or propose improvements, fostering a culture of continuous improvement. This two-

way communication system reinforces the notion that every voice within the team is valued, irrespective of cultural backgrounds.

In line with the emphasis on leadership, cultivating emotional intelligence among captains becomes a linchpin for successful multi-cultural team management. Understanding and managing emotions, both one's own and those of others, equips captains with the ability to navigate the nuanced interpersonal dynamics inherent in diverse teams. Leadership development programs should incorporate modules on emotional intelligence to empower captains in fostering a positive and collaborative team culture.

As we navigate the waters of multi-cultural collaboration, the incorporation of these complementary elements—cultural competence, a robust feedback mechanism, and emotional intelligence—further fortifies the foundation of effective communication within maritime teams. This holistic approach ensures not only the successful navigation of cultural diversities but also the continuous improvement of communication strategies in the ever-evolving maritime landscape.

Finally, effective communication lies at the heart of good leadership, and that is why, in developing its standards of training in leadership for sea and shore staff, the Maritime Industry has set a specific standard for effective communication.

REFERENCES:

1. Молодцова В. Coursebook on intercultural communication for seafarers. – Одеса, НУ «ОМА», 2021. - 96 с.
2. Дідерко М., Сибірко О. Форсування міжкультурної компетенції моряків як передумова ефективної міжкультурної комунікації. (2022). *Наукові записки Національного університету «Острозька академія»: Серія «Філологія»*, 15(83), 97-101.

<https://journals.oa.edu.ua/Philology/article/view/3637>

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

УДК629.5

Сагін А.С.

Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості налаштування паливної апаратури високого тиску під час переведення суднових дизелів на використання палива з низьким вмістом сірки

У сучасному світі питання екології та енергетики займають центральне місце в порядку денному, зумовлює все більший інтерес суспільства та урядів. Особлива увага приділяється судноплавству та його впливу на довкілля, враховуючи високий рівень забруднення морських екосистем. Суднові енергетичні установки стають об'єктом особливої уваги у зусиллях зменшення екологічного шкоди. Одним із ключових аспектів у цій галузі є забезпечення екологічних та енергетичних показників суднових енергетичних установок. Ця проблема активно регулюється міжнародними документами, на сам перед Annex VI MARPOL та багатьма резолюціями Міжнародної морської організації (ІМО). У цьому контексті особливо важливими є МЕРС.203(62) та МЕРС.259(68), що встановлюють нові правила енергетичної ефективності суден, необхідні для зменшення негативного впливу судноплавства на довкілля [1].

Ці міжнародні стандарти та резолюції фокусуються на обмеженні викидів сірки та інших шкідливих речовин у атмосферу від суднових двигунів. Вони визначають допустимі сорти палива та встановлюють заходи щодо дотримання екологічних вимог. Наприклад, використання палива з вмістом сірки не більше 0.5% є одним із критеріїв відповідності екологічним нормам, а в особливих районах це значення знижується до 0.1%. Для забезпечення дотримання цих стандартів можуть застосовуватися різні технології, такі як скруберні системи очищення вихлопних газів.

Однак використання палива з низьким вмістом сірки зумовлює деякі складнощі. По-перше, перехід з одного сорту палива на інший потребує часу та спеціальних процедур. Це може включати не лише зміну самого палива, але й зміну параметрів роботи суднових двигунів та паливних систем. Постійні переходи між різними сортами палива також можуть позначитися на технічному стані суднових енергетичних установок, збільшуючи знос елементів паливної апаратури та витрату палива.

По-друге, використання палива з низьким вмістом сірки у суднових енергетичних установках стало неодмінною частиною стратегії зменшення екологічного впливу з боку морського судноплавства. Однак за цими зусиллями стоїть цілий комплекс проблем, пов'язаних з експлуатацією суднових двигунів, які потребують серйозної уваги та вирішення.

По-третє, однією з основних складнощів, пов'язаних з використанням палива з низьким вмістом сірки, є необхідність часткої зміни типів палива під час заходу в порт або плаванні у спеціальних районах екологічного контролю (Sulfur Emission Control Area - SECA). У цих районах діють суворі норми щодо вмісту оксидів сірки в випускних газах суднових двигунів, що потребує пере-

ходу на паливо, вміст сірки в якому не перевищує 0,1 %. Процес зміни палива починається задовго до входу в спеціальну екологічну зону, де діють суворі норми щодо емісій SO_x . Це може включати очищення та підготовку паливних систем, а також навчання персоналу правильній процедурі заміни палива.

В четвертих, під час підготовки до переходу на новий тип палива необхідно враховувати ряд факторів, таких як поточний рівень запасів палива на борту, доступність потрібного палива у порту призначення, а також технічні характеристики суднових двигунів та систем. Усе це вимагає детального планування та координації дій між різними відділами судна та його оператором [3].

Крім цього, поряд з цими технічними складнощами, пов'язаними з процесом зміни палива, існують і економічні аспекти. Зміна типу палива може вплинути на операційні витрати судна [4].

Постійні переходи на різні типи палива створюють складнощі, пов'язані зі зміною температурних режимів їх експлуатації. Наприклад, для палива з вмістом сірки 0,5 %, експлуатаційна температура знаходиться в межах 90...105° С, тоді як для дистильованих палив (з вмістом сірки до 0,1 %) вона становить 30...40° С. Ці різниці в температурі негативно впливають на ресурс двигуна та тривалість служби паливної апаратури високого тиску, що в результаті призводить до її зносу та збільшення витрат палива.

Важливо відзначити, що робота суднового двигуна та ефективність спалювання палива залежать від правильної температури палива. За різних температурних режимах змінюються властивості палива, такі як його в'язкість та густина. Це може впливати на роботу паливних систем та їхню ефективність, що в свою чергу впливає на загальну ефективність двигуна та споживання палива.

Таким чином існує складна проблема забезпечення екологічних та енергетичних показників суднових енергетичних установок. Морське судноплавство, як ключова складова глобальної економіки та торгівлі, має значний вплив на довкілля через викиди забруднюючих речовин у атмосферу. Одним із основних джерел забруднення є викиди від суднових двигунів внутрішнього згоряння, що працюють на паливі з високим вмістом сірки. Тому вирішення проблеми екологічних та енергетичних показників суднових енергетичних установок є актуальним завданням сучасності.

Одним із способів вирішення цієї проблеми є використання палива з низьким вмістом сірки, які мають менший вміст сірки. Використання таких палив дозволяє зменшити викиди з'єднань, що містять сірку в атмосферу, що в свою чергу сприяє зменшенню негативного впливу суднових енергетичних установок на довкілля. Однак, це вимагає розробки та впровадження спеціальних технологій очищення випускних газів та адаптації паливної апаратури високого тиску суднових двигунів до використання палив з низьким вмістом сірки.

Ці складнощі зумовлюють розв'язання проблеми екологічних та енергетичних показників суднових енергетичних установок, яка виникає під час використання палива з низьким вмістом сірки. Продовження досліджень та розробок в цій області є критично важливим для забезпечення сталого розвитку морського та внутрішнього транспорту. Це також відкриває широкі можливості для співпраці між науковими установами, промисловими підприємствами та

урядовими органами для забезпечення впровадження нових технологій та практик у судновій галузі.

Проведення додаткових досліджень та розробок може сприяти створенню більш ефективних технологій очищення випускних газів, адаптації суднових двигунів до роботи на палива з низьким вмістом сірки, а також розробці нових способів виробництва та транспортування палива, що забезпечить зменшення викидів та забруднення довкілля.

Крім того, важливо враховувати і соціальні аспекти цього питання. Збереження екологічно чистого середовища та забезпечення сталого розвитку є глобальною відповідальністю, яка стоїть перед усією міжнародною спільнотою. Тому співпраця на рівні міжнародних організацій, держав та громадських організацій є ключовою у забезпеченні ефективної реалізації заходів з покращення екологічних та енергетичних показників суднових енергетичних установок.

Таким чином розв'язання проблеми екологічних та енергетичних показників суднових енергетичних установок потребує комплексного підходу, спільних зусиль та постійних досліджень і розробок. Лише шляхом співпраці всіх зацікавлених сторін, ми зможемо досягти значних успіхів у забезпеченні сталого розвитку морського судноплавства та збереженні навколишнього середовища для майбутніх поколінь.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sagin S., Kuropyatnyk O., Sagin A., Tkachenko I., Fomin O., Píštěk V., Kučera P. Ensuring the Environmental Friendliness of Drillships during Their Operation in Special Ecological Regions of Northern Europe. J. Mar. Sci. Eng. 2022, 10(9), 1331. <https://doi.org/10.3390/jmse10091331>

2. Sagin A.S., Zablotskyi Yu.V. Reliability maintenance of fuel equipment on marine and inland navigation vessels // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. Scientific journal. – 2021. – № 7–8 (July – August). – P. 14-17. <https://doi.org/10.29013/AJT-21-7.8-14-17>.

3. Заблоцький Ю.В., Сагін А.С. Визначення динамічних навантажень під час зміни режимів мащення прецизійних пар паливної апаратури суднових дизелів // Суднові енергетичні установки : науково-технічний збірник. – 2022. – Вип. 44. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 121-131. doi: 10.31653/smf44.2022.121-131.

Національний університет «Одеська морська академія»
Оптимізація процесу впорскування паливних сумішей

Використання паливних сумішей, до складу яких входить біопаливо, змінює перебіг робочого циклу в циліндрі дизеля та процес згоряння. Це призводить до зміни експлуатаційних показників дизелів, при цьому виникає завдання визначення фаз паливоподачі (насамперед кута випередження подачі палива) за яких зміна цих показників підвищує ефективність роботи дизеля та покращує його екологічні показники.

Дослідження виконувались на морському спеціалізованому судні класу Bulker Carrier дедвейтом 63246 тонн. В енергетичну установку судна входили дизелі 5S60ME-C8.2 MAN-Diesel&Turbo та 6EY18ALW Yanmar [1, 2]. Основні характеристики дизелів представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Основні характеристики дизелів судна класу Bulker Carrier дедвейтом 63246 тонн

Параметр	5S60ME-C8.2 MAN- Diesel&Turbo	6EY18A LW Yanmar
Діаметр циліндра, М	0,6	0,18
Хід поршня, М	2,4	—
Кількість циліндрів	5	6
Номинальна потужність, кВт	8050	800
Частота обертання вала, хв^{-1}	89	900
Питома витрата палива, $\text{г}/(\text{кВт}\cdot\text{год})$	0,187...0,174	0,198...0,183
Кількість у складі СЕУ	1	3

Під час експлуатації дизелів у спеціальних екологічних районах з контролю емісії викидів сірки (Sulphur Emission Control Areas – SECAs) використовувалося паливо DMA, під час експлуатації дизелів за межами SECAs використовувалося паливо RME180. Це забезпечувало вимоги Додатку VI Міжнародної конвенції МАРПОЛ та сприяло зменшенню забруднення довкілля оксидами сірки в цих районах. Основні характеристики палив наведені у таблиці 2.

Відповідно до попередніх досліджень та випробувань, на судні була реалізована технологія, яка дозволяє застосовувати біодизельне паливо. Як таке використовувалось паливо B30 класу FAME (таблиця 2). Це дозволяло як для головного двигуна 5S60ME-C8.2 MAN-Diesel&Turbo, також і для допоміжних дизелів 6EY18ALW Yanmar використовувати паливні суміші, основним компонентом яких було паливо нафтового походження (RME180 або DMA), як добавка – паливо біологічного походження FAME B30. Вміст біопалива FAME B30 в паливній суміші змінювався в діапазоні 5...20 % від загального об'єму.

Таблиця 2 . Характеристики палив

Параметр	RME180	DMA	FAME B30
В'язкість за 50 °С, сСт	184	12,8	36,3
Густина за 15 °С, кг/м ³	928	896	914
Вміст сірки, %	0,48	0,082	0,018
Температура спалаху, °С	73	67	71
Теплотворна здатність, кДж/кг	40480	43420	36890

Паливо FAME B30 відноситься до одного з найбільш поширених типів біопалива, бункерування яким можливо в багатьох морських портах Європи.

Як контрольні показники, за якими оцінювались експлуатаційні показники судових дизелів, обирались максимальний тиск згоряння p_z , питома ефективна витрата палива b_e та концентрація оксидів азоту у випускних газах NO_x . Їх визначення виконувалось за допомогою судової системи моніторингу та діагностування [199, 200]. Вибір саме цих показників ґрунтувався наступним чином. Максимальний тиск згоряння характеризує енергетичну ефективність робочого циклу дизеля, з його збільшенням підвищуються всі основні показники роботи дизеля, насамперед середній індикаторний тиск та індикаторна / ефективна потужність. Максимальний тиск згоряння є обов'язковим показником, який контролюється під час експлуатації дизеля, при цьому також обов'язково ця величина визначається для кожного окремого циліндра, середня для всіх циліндрів дизеля, а також відхилення цього значення для окремих циліндрів від середнього. Це відхилення не повинно перевищувати $\pm 3,5\%$. Питома ефективна витрата палива характеризує паливну економічність роботи дизеля та характеризує економічну доцільність вибору тих чи інших параметрів паливоподачі. Також питома витрата палива прямо-пропорційно пов'язана з загальною витратою палива (годинною або добовою) та впливає на судові запаси палива, показник, що є актуальним саме для суден морського транспорту, які здійснюють довготривалі морські або океанські переходи без можливості бункерування. Концентрація оксидів азоту у випускних газах є основним показником, що характеризує екологічні показники роботи судових дизелів. Її значення регламентується відповідно вимог Додатку VI МАРПОЛ та залежить від швидкісного режиму роботи дизеля та року побудови судна.

Дослідження виконувались під час експлуатації дизелів 5S60ME-C8.2 MAN-Diesel&Turbo та 6EY18ALW Yanmar на суміші, яку складали паливо RME180 та біопаливо FAME B30 (з концентрацією 15 %), а також паливо DMA та біопаливо FAME B30. Під час досліджень кут випередження подачі палива для судового дизеля 6EY18ALW Yanmar змінювався в діапазоні -18...-6 °повороту колінчатого валу (пкв), для дизеля 5S60ME-C8.2 MAN-Diesel&Turbo – в діапазоні -7...-1 °пкв. Саме цей діапазон рекомендований фірмами виробниками під час експлуатації дизелів, при цьому як найбільш раціональний для дизеля 6EY18ALW Yanmar рекомендований кут -14 °пкв, для дизеля 5S60ME-C8.2 MAN-Diesel&Turbo – кут -4 °пкв. Саме з такими кутами

випередження впорскування експлуатувались дизелі під час використання палива без додавання до його об'єму палива біологічного походження, саме ці кути були обрані як «базові» під час випробувань з використанням паливних сумішей. Дослідження виконувались для наступних експлуатаційних режимів роботи дизеля 6EY18ALW Yanmar – $0,4N_{\text{ном}}$, $0,55N_{\text{ном}}$, $0,7N_{\text{ном}}$, $0,85N_{\text{ном}}$ та $0,6N_{\text{ном}}$, $0,7N_{\text{ном}}$, $0,8N_{\text{ном}}$, $0,9N_{\text{ном}}$ для дизеля 5S60ME-C8.2 MAN-Diesel&Turbo (де $N_{\text{ном}}$ – номінальне навантаження відповідного дизеля) [196].

Виконані на суднових дизелях 6EY18ALW Yanmar та 5S60ME-C8.2 MAN-Diesel&Turbo дослідження дозволили зробити наступні висновки та визначити напрямок подальших досліджень.

Під час спалювання в циліндрі дизеля паливних сумішей, до складу яких входить біопаливо, змінюються (порівняно з експлуатацією дизеля лише на нафтовому паливі) процеси окислення та згоряння, що призводить до зміни термодинаміки процесу згоряння. Це стає підставою зміни основних експлуатаційних показників дизеля.

Підвищення ефективності використання паливних сумішей, до складу яких входить паливо біологічного походження, полягає не лише у визначенні оптимального вмісту біопалива в суміші, але також у визначенні оптимальних кутів процесу подачі паливної суміші (кутів випередження впорскування палива), зміна яких необхідна у зв'язку зі зміною складу паливної суміші, що потрапляє для спалювання в циліндр дизеля. Обидва значення (вміст біопалива в паливній суміші та кут випередження впорскування) визначаються експериментальним шляхом та залежать від характеристик дизеля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мадей В.В., Сагін С.В., Волков О.М. Управління процесом впорскування під час використання в суднових дизелях паливних сумішей до складу яких входить паливо біологічного походження // Водний транспорт. Збірник наукових праць. – 2024. – Вип. 1(39). – С. 194-206. doi.org/10.33298/2226-8553.2023.2.38.21.

2. Мадей В.В., Волков О.М., Сторчак О.О. Забезпечення експлуатаційних показників дизелів морських суден під час використання палива біологічного походження // Суднові енергетичні установки : науково-технічний збірник. – 2023. – Вип. 47. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 55-68. doi: 10.31653/smf47.2023.55-68.

Національний університет «Одеська морська академія»
**Визначення характеристик робочого процесу суднового
 малообертового дизеля**

У сфері сучасних методів розрахунку робочих процесів дизелів склалися два напрями: термодинамічних і численних методів. Останні ґрунтуються на вирішенні завдань механіки рідини та газу засобами комп'ютерного моделювання – CFD (Computational Fluid Dynamic).

Розрахунок процесу згоряння в термодинамічних моделях зводиться до визначення швидкості тепловиділення, яка залежить від швидкості згоряння палива $dx/d\phi$. Саме його знаходження становить найбільші труднощі, будучи водночас найбільш істотною величиною. Складність рішення полягає у різноманітності чинників, що впливають на швидкість згоряння палива, а актуальність визначається необхідністю використання цього параметра для визначення пов'язаних показників двигуна. До них, зокрема, належать найважливіші параметри – екологічні дані двигуна.

В даній роботі при виведенні розрахункових формул для визначення характеристик тепловиділення використано як вихідне співвідношення перший закон термодинаміки:

$$dQ = dU + dL \quad ,$$

окремі складові якого мають вигляд:

$$\frac{dQ}{d\phi} = Q_H^p q_{\Pi} \frac{dx}{d\phi} \quad ,$$

швидкість виділення тепла при згоранні палива, де

Q_H^p - нижча теплота згоряння палива,

q_{Π} - циклова подача палива,

$\frac{dx}{d\phi}$ - швидкість відносного тепловиділення.

Зміна внутрішньої енергії робочого тіла

$$\frac{dU}{d\phi} = c_v^{cm} G_{cm} \frac{dT}{d\phi} \quad ,$$

де c_v^{cm} - теплоємність робочого тіла,

G_{cm} - кількість газів у циліндрі,

$\frac{dT}{d\phi}$ - швидкість зміни температури.

Робота газів

$$\frac{dL}{d\phi} = p \frac{dV}{d\phi} \quad ,$$

де p - тиск у циліндрі,

$$\frac{dV}{d\phi}$$

- швидкість зміни обсягу.

З урахуванням тепловіддачі в стінки розрахунковий вираз швидкості виділення отримано у формі

$$\frac{dx}{d\phi} = \frac{\frac{k}{k-1} p \frac{dV}{d\phi} + \frac{1}{k-1} V \frac{dp}{d\phi} + \frac{dQ_w}{d\phi}}{[Q_H^p + (c_V^{cm} - 2,9302)T + 761,85]q_{II}}.$$

Чисельне інтегрування рівняння проведено методом Рунге-Кутта четвертого порядку.

Наступним етапом аналізу робочого процесу є дослідження процесу згоряння. Передбачено створення інформаційного середовища для фізико-хімічних процесів у циліндрі дизеля. Разом про те, розглянуто методологічні основи моделювання робочого процесу - статистичні характеристики, що замикають розрахункову схему і мають бути отримані при використанні тих самих феноменологічних підмоделей, що і при синтезі робочого циклу.

При великому різноманітті уявлень про механізм формування факела, а також роль різних факторів у процесах сумішоутворення та згоряння базовим у всіх феноменологічних підходах є опис поведінки краплі розпиленого палива.

Зміна маси краплі в результаті випаровування може бути виражено наступним чином.

$$d(\rho_{\text{ж}} \frac{\pi d_{\text{к}}^3}{6}) = -\pi d_{\text{к}}^2 g_{\text{п}} d\tau,$$

де $\rho_{\text{ж}}$ – щільність рідини, τ – час, $g_{\text{п}}$ – потік пари (питомий) з поверхні краплі.

Істотним для розрахунку випаровування краплі є визначення режиму горіння.

За досвідченими даними зривні швидкості для крапель бензину діаметрів 0,2 - 1 мм при горінні повітря з температурою 870°C становлять 4-9 м/с. Чим менший діаметр крапель, тим нижче значення швидкостей зриву полум'я.

Оскільки для дизельного процесу швидкості руху крапель як мінімум на порядок вище зазначених значень, а діаметр настільки ж менше, згоряння парів відбувається поза межами наведеної плівки в об'ємі камери згоряння.

Кінцевим результатом аналізу процесу згоряння є визначення величини коефіцієнта швидкості хімічного реагування.

Для бімолекулярної схеми реакції швидкість згоряння палива представляється наступною залежністю:

$$\frac{dG_T}{d\tau} = k_p c_T c_{O_2},$$

де k_p - коефіцієнт швидкості,

$$k_p = \frac{dG_T}{d\tau} / (c_T c_{O_2}).$$

TGM (-3), К	X1, ед	CT	CO	R KE,	E $\frac{M^3}{c \cdot K_{O_2}}$	LogRK
		$\frac{K_2}{M^3}$	$\frac{K_2}{M^3}$			

концен-
трація па-
лива
(підготов-
леного до
згоряння)

та кисню; $\frac{K_2}{M^3}$. Для такої схеми стиль розмірності k_p буде $\frac{M^3}{c \cdot K_{O_2}}$.

Аналіз робочого процесу виконаний за індикаторною діаграмою двигуна 7S50ME-C в режимі 75% потужності, поєднаній з осцилограмою паливоподачі, представленої на рис.1.

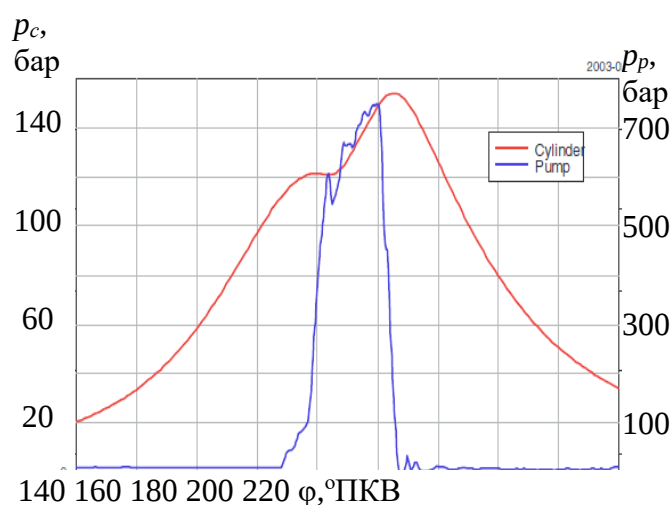


Рис.1. Індикаторна діаграма двигуна 7S50ME-C з осцилограмою паливоподачі

Параметри режиму є наступними. Загальний кут впорскування фвп = 11,7о ПКВ, кут початку впорскування палива фн = 0,32о ПКВ за ВМТ, кут початку згоряння фн.сг = 2,86 о ПКВ за ВМТ.

Основні параметри двигуна: діаметр циліндра D=500 мм, хід поршня S=2000мм, номінальний середній ефективний тиск $p_e=20$ бар, питома ефективна витрата палива на режимі 75% потужності $g_e=166$ г/кВт-год.

Результати обробки осцилограм представлені в таблиці з наступними позначеннями, використаними надалі для статистичного моделювання обробки:

TGM(-3) – температура газів у циліндрі масштабована *10-3;

X1 - сумарна частка згорілого палива;

CT – концентрація палива, підготовленого до згоряння;

CO2 – концентрація кисню;

RKE – коефіцієнт швидкості реакції згоряння;

LogRKE – логарифм RKE.

Графічне уявлення залежності швидкості згоряння від кута повороту представлено на рис.2).

Для отриманих параметрів процесу згоряння побудовано статистичні залежності у формі регресійних рівнянь першого порядку. Як

Параметри процесу згоряння двигуна 7S50ME-C

278	1.105	93	0.00	5	0.26	9	9.	63	9.	287	0.983626
975	1.146	023	0.05	9	0.30	8.77	12	.8	12	97	1.107209
496	1.199	334	0.10		0.34	8.47	13	.7	13	57	1.136720
766	1.259	52	0.16	1	0.36	8.14	15		15	26	1.176091
881	1.321	243	0.23	7	0.37	7.78	16	.2	16	01	1.209515
424	1.388	704	0.30	5	0.38	7.4	17	.3	17	1	1.238046
994	1.460	017	0.39	4	0.38	6.98	20	.5	20	86	1.311753
596	1.531	618	0.47	9	0.37	6.56	21		21	29	1.322219
588	1.593	905	0.55	7	0.38	6.15	17	.8	17		1.25042
943	1.640	973	0.62	6	0.31	5.78	21	.9	21	11	1.340444
549	1.680	444	0.69	4	0.25	5.44	23	.5	23	86	1.371067
657	1.704	644	0.74	5	0.20	5.15	22	.7	22	86	1.356025
711	1.716	72	0.78	7	0.16	4.89	26	.1	26	51	1.416640
401	1.720	092	0.82	6	0.13	4.65	18	.4	18	82	1.264817
588	1.716	563	0.84	3	0.11	4.44	25	.7	25	12	1.409933
855	1.707	731	0.86	43	0.09	4.25	25		25	01	1.397940
352	1.700	838	0.88	67	0.07	4.06	27	.6	27	08	1.440909
298	1.688	538	0.90	29	0.06	3.89	23	.2	23	98	1.365487
233	1.669	509	0.91	45	0.05	3.73	32	.4	32	01	1.510545
296	1.642	231	0.94	46	0.03	3.43	31	.2	31	59	1.494154
861	1.599	374	0.95	58	0.02	3.18	38	.2	38	36	1.582063
828	1.578	813	0.95	26	0.02	3.06	55	.2	55	08	1.741939

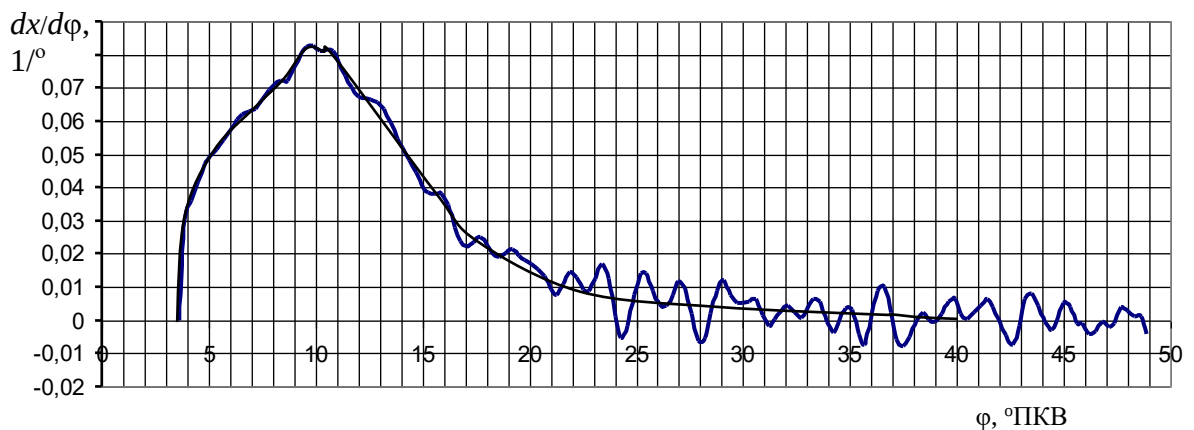


Рис.2 Швидкість відносного тепловиділення двигуна MAN 7S50ME на режимі 75% потужності

залежна змінна прийнятий коефіцієнт швидкості згоряння RKE.

Параметрами послужили TGM, X1, CT та CO2. Визначення коефіцієнтів багатофакторного регресійного рівняння та статистик створених моделей проведено у середовищі пакету Статистика 6.

З кількох варіантів обробки даних представлені два, що мають найкращі прогностичні характеристики. Дві вихідні величини перетворені: масштабована $TGM \cdot 10^{-3}$, в одному варіанті логарифмований LogRKE. При обробці даних з вихідним значенням RKE отримано наступне регресійне рівняння (відтворюється у формі, поданій пакетом Статистика 6).

$$RKE = 261.07 + 13.13 \cdot "TGM(-3)" - 151.7 \cdot "X1" + 25.93 \cdot CT - 30.22 \cdot "CO2".$$

Другий варіант моделі отримано при логарифмуванні залежної змінної. Регресійне рівняння представлене у формі

$$\text{LogRKE} = 7.555 + 2.804 \cdot "TGM(-3)" - 7.404 \cdot "X1" - .1788 \cdot CT - 1.058 \cdot "CO2"$$

Підсумковою характеристикою прогностичних якостей моделей є коефіцієнт детермінації (або множинний коефіцієнт кореляції) R^2 , що характеризує частку дисперсії Y, поясненої регресією Y по X.

У першому варіанті обробки без коригування RKE отримані $R = 0,9244$ і $R^2 = 0,8545$.

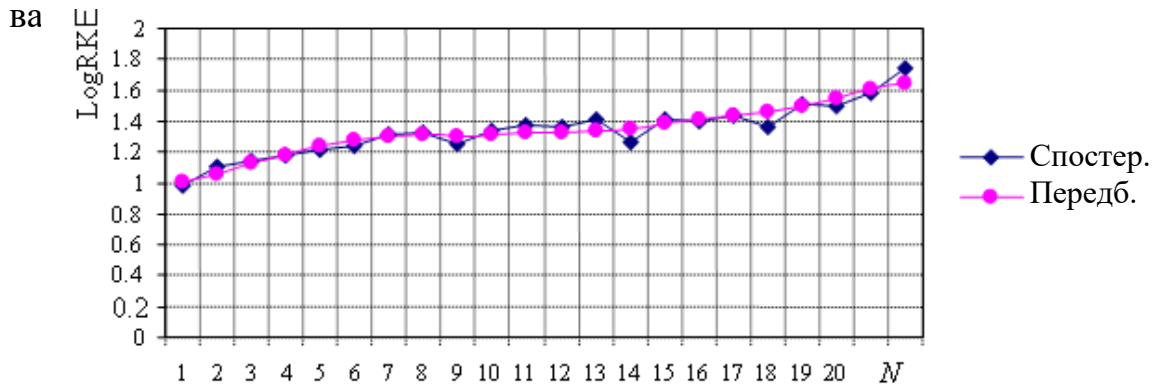
В результаті логарифмування функції при статистичному аналізі даних складено регресійне рівняння, верифікація якого показала прогностичні якості, що склали значення $R = 0,9575$ та $R^2 = 0,9169$.

Аналогічно співвідносяться критерії адекватності: $F_e = 24,96$ і $46,91$.

З розподілу Фішера - Снедекора при $\alpha = 0,05$; $\nu_T = 1$; $\nu_D = 20$ слід табличний $F_{\alpha, \nu_T, \nu_D} = 4,35$.

Процедура апроксимації відображена на графіках рис. 3,4.

Оцінка адекватності обох рівнянь позитивна: $F_e \geq F_{\alpha, \nu_T, \nu_D}$ -рівняння адек-



Найкращими прогностичними властивостями, як за F_e і для оцінок R^2 , має друге рівняння, де використаний LogRKE .

Номер спостереження N , співвідношення експериментальних та розрахункових значень логарифму RKE представлено на рис.3. Додаткову інформацію щодо якості регресійного рівняння містить графік розсіювання даних рис. 4.

Висновки

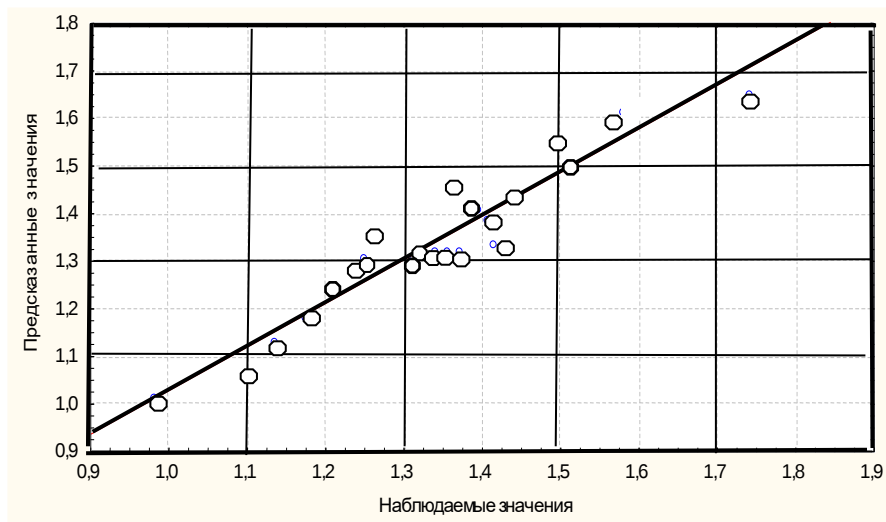


Рис. 4. График рассеяния значений logRKE .

Запропоновано робочу методику розрахунку характеристик тепловиділення за індикаторними діаграмами. Проведено обробку індикаторної діаграми суднового малооборотного дизеля.

Наведено методику аналізу процесів сумішоутворення та алгоритм підготовки даних для оцінки умов процесу згоряння. Використано комбінований підхід: поєднання феноменологічного та стохастичного методів.

Проведено аналіз характеристик сумішоутворення та згоряння по індикаторній діаграмі та осцилограмі паливоподачі дизеля. Отримано регресійні рівняння для коефіцієнта швидкості згоряння бімолекулярної реакції. Коефіцієнт детермінації (множинний коефіцієнт кореляції) становив $R^2 = 0,9169$.

**Аналіз моделювання течій в головці газових інжекторних клапанів
суднових двигунів**

Дослідження головки клапана нагнітання газу двох-паливних суднових двигунів (GIV) [1], проведено у вигляді комп'ютерного моделювання течій, для чого створені дві твердо-тільні моделі за даними [1] та [2]. Метою роботи є дослідження гідродинамічного режиму роботи та гідравлічного опору отворів головки клапана GIV.

Комп'ютерне моделювання дозволяє отримати дані про характер газорозподілу в об'ємі моделі, а також дозволяє швидко змінювати конструкцію або режим роботи і отримувати візуальні і кількісна інформація про об'єкт дослідження [3].

Для моделювання використовувався програмний комплекс [4]. Проведення чисельних розрахунків у Flow Simulation включало наступні основні етапи:

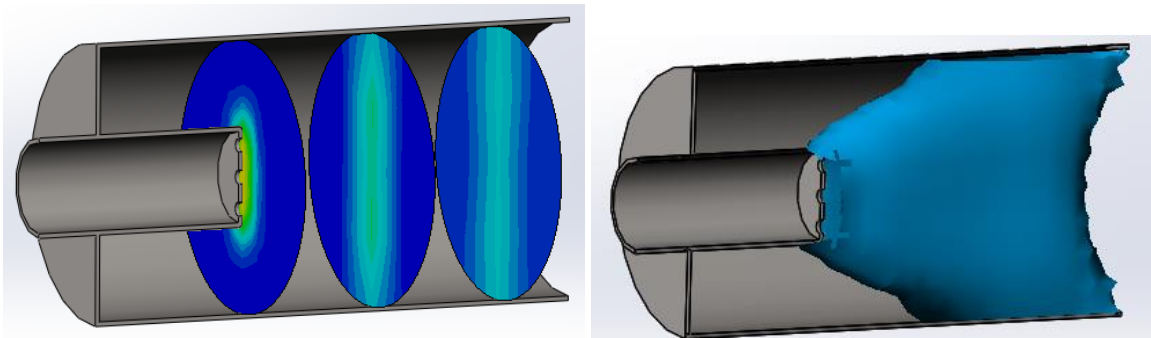
- завантаження геометричної моделі;
- побудова сіткової моделі розрахункової області;
- завдання початкових і граничних умов;
- налаштування розв'язника (вибір і налаштування моделі);
- коригування параметрів розчину;
- початок розрахунку та отримання результатів розрахунків;
- візуалізація та аналіз результатів чисельних розрахунків.

Розрахунки проводились на комп'ютері з 2-ядерним процесором з 32 ГБ оперативної пам'яті. Час отримання результату рішення становив від 1,5 до 2 годин.

Як середовище, що рухається вздовж головки клапана GIV, використовується газ пропан з температурою 20 °С і щільністю 1,84 кг/м³. Моделювання руху газу проводилось окремо для кожної моделі. Моделі дозволяють шляхом побудови полів швидкостей виявити раціональні конструктивні та експлуатаційні параметри CIV.

Візуалізація розподілу швидкості в моделях наведена на рис. 1 - 4. Для середніх і бічних отворів в моделях створені спеціальні елементи (прямі віртуальні лінії), по довжині яких можна відстежити зміна швидкостей і тиску.

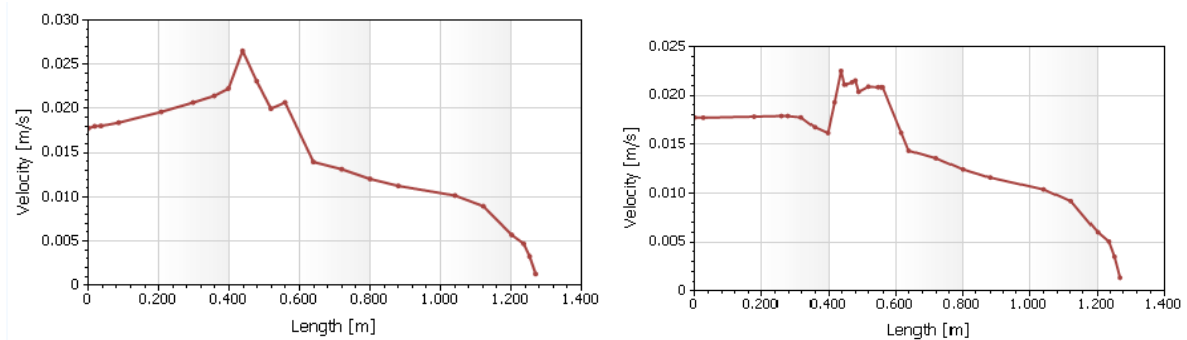
Дивлячись на візуалізацію руху газу через отвори (в а (у моделі 1, рис. 1), можна побачити, що після виходу з отворів основний потік газу формується в центрі циліндра, максимальні швидкості спостерігаються в центрі циліндра, на площі приблизно 0,51 м², форма зони з максимальними швидкостями має овальну форму. Далі під час руху газу площа зони з підвищеними швидкостями розширюється до стінок циліндра, площа цієї зони збільшується до 0,94 м². В кінці циліндра швидкість руху газу зменшується, зона підвищених швидкостей трохи збільшується до 0,98 м², починається рівномірний потік газу. розійтися.



а) б)

Рисунок 1 – Моделювання течії газу на виході з головки GIV в циліндр (модель 1 [1]):
а – в поперечних перерізах течії; б - в поздовжньому перерізі течії

Аналіз швидкостей у центральному та бічних отворах (рис. 2), знятих по довжині інтегрованих віртуальних елементів, показує наявність стрибків при проходженні через отвори та подальше поступове зменшення швидкісної дистанції. від 0,6 до 1,2 м від розрахункової точки входу газу. На цій відстані швидкість газу в центральному і бічних отворах істотно не відрізняється.



а)

б)

Рисунок 2 – Графік швидкості вздовж отворів при течії газу в GIV (модель 1 [1]): а – по осі центрального отвору; б - по осі бокового отвору

Візуалізація потоку газу через отвори (в посиленій конструкції, модель 2 [2]) показує, що після виходу з отворів основний потік газу формується в центрі циліндра, зона підвищених швидкостей має овальну форма (рис.3).

Максимальні швидкості спостерігаються в центрі циліндра, на площі приблизно $0,48 \text{ м}^2$, форма зони максимальних швидкостей має овальну форму, подібну до форми потоку в звичайній конструкції головки (рис. 3). Далі під час руху газу зона з підвищеними швидкостями перетворюється на коло, площа якого $0,7 \text{ м}^2$. У кінці циліндра швидкість руху газу зменшується, зона підвищених швидкостей збільшується до $0,9 \text{ м}^2$, рівномірний потік газу значно не розсіюється.

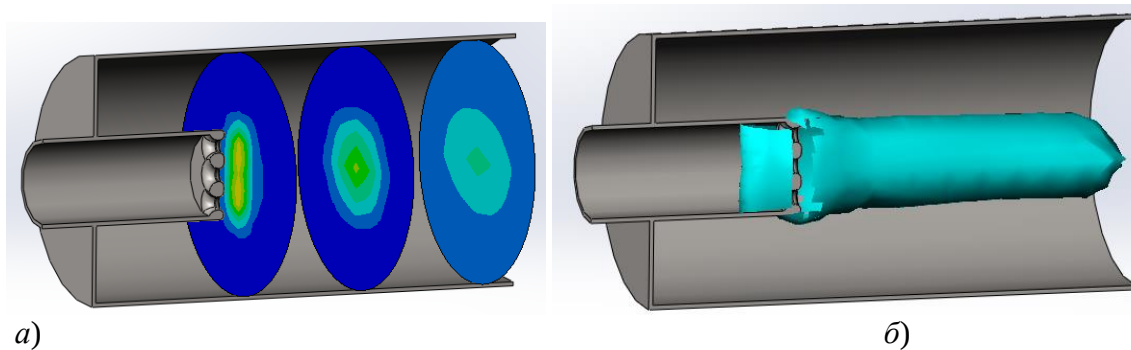


Рисунок 3 – Моделювання течії газу на виході з головки GIV в циліндр (модель 2 [2]):
а – в поперечних перерізах течії; б - в поздовжньому перерізі течії

Аналіз швидкостей у центральному та бічних отворах (рис. 4), знятих по довжині інтегральних елементів, показує наявність стрибків при проходженні через отвори та подальше поступове зниження швидкості на відстані 0,6 до 1,2 м від розрахункової точки входу газу. Однак на цій відстані швидкості газу в центральному і бічних отворах істотно відрізняються (приблизно в 1,4-1,5 рази).

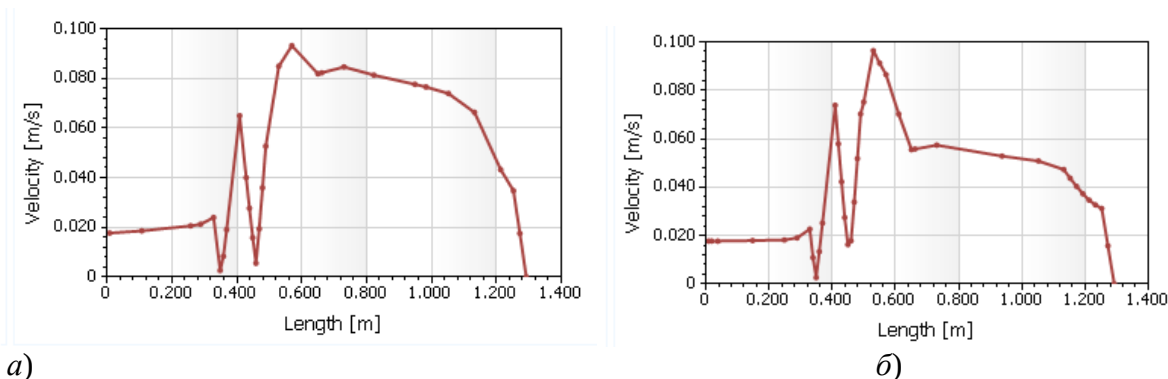


Рисунок 4 – Графік швидкості вздовж отворів при течії газу в GIV (модель 2 [2]): а – по осі центрального отвору; б - по осі бокового отвору

Для визначення та порівняння втрат тиску в обох структурах були проведені розрахунки з урахуванням тиску газу на вході та виході з моделі, а також температури, густини та швидкості газу. Розрахунок гідравлічного опору свердловини для обох моделей показує, що коефіцієнт втрати напору для першої моделі $\xi = 2,2$, для другої моделі $\xi = 2,4$.

В результаті аналізу комп'ютерних CFD моделей визначено раціональні розміри отворів для посиленої конструкції головки клапана GIV (модель 2 [2]).

Аналіз траєкторій руху газу (пропану) показує, що посилена конструкція головки GIV (модель 2 [2]) зі згладженими отворами створює основне поле швидкостей у центрах циліндра. Це дозволяє забезпечити концентровану подачу газу в циліндр.

Незначне збільшення коефіцієнта гідравлічного опору ($\xi = 2,4$) для модернізованої головки GIV (модель 2 [2]) не впливає суттєво на гідродинамічний режим подачі палива в циліндр і не вимагає зміни конструкції (діаметр отворів). або їх кількість).

У підсумку можна зробити висновок, що посилена конструкція головки GIV (модель 2 [2]) може забезпечити продовження ресурсу суднового двигуна при використанні газового палива, не порушує гідродинамічні характеристики системи паливоподачі при використанні газ.

В цілому реалізація посиленої конструкції головки GIV (модель 2 [2]) дозволяє забезпечити тривалу роботу суднового двигуна на газовому паливі, тобто підтримувати на високому рівні сталість екологічних та економічних показників експлуатація судна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. MAN Energy Solutions .Service experience – two-stroke technologies. – Copenhagen: MAN Diesel & Turbo, 2020. – 52 p. Available from: <http://www.man-es.com>.
2. Афтаниук В.В., Кіріс О.В., Афтаниук А.В. Аналіз експлуатації та модернізація клапанів нагнітання газу двохпаливних суднових двигунів. Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 47 - Одеса: НУ «ОМА», 2023. - С. 5-10.
3. Kiris O.; Garagula B.; Aftaniuk V. Research of the flow around the steam turbines blades of biconvex profile, 24th International Scientific Conference on Transport Means 2020, Kaunas, 311 – 315. ISSN 1822-296X.
4. Discover the power of SOLIDWORKS with a free trial. Available from: <https://plm-group.ru/solidworks-trial>

Combustion optimization in a modern diesel engine by means of pre-injection strategy

One of the most significant disadvantages of direct injection (DI) diesel engines is the high level of noise as a result of high rate of heat release (ROHR) during the premixed combustion period. That high combustion speed is determined by injected fuel mass during the ignition delay period in DI diesel engines. The more fuel injected during the ignition delay, the stronger the initial pressure rise in the combustion chamber, and the better boundary conditions for NO_x formation occurs. For those reasons it is important to reduce the ROHR during the premixed combustion period.

There are a few methods of reducing the ROHR such as control of injection rate at the beginning of injection, dual-stage injection, reduction of ignition delay period by in-cylinder turbulent flow, pre-injection strategy and etc.. However, number of research revealed that pre-injection strategy is the most effective approach. In fact, this approach is realized by one or few injections of small fuel mass shortly before the main injection. This small quantity of fuel is called preinjection. It is easy to realize that strategy by means of the modern common rail fuel systems Fig.1.

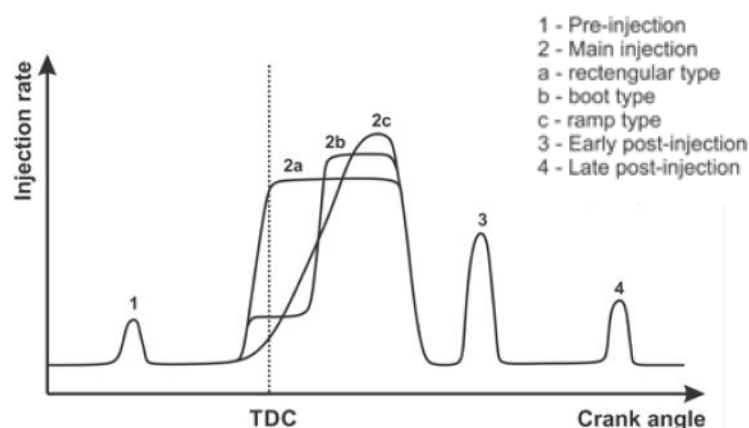


Figure 1. Schematic diagram on multiple injections in modern Common rail DI Diesel engines

A typical injection process in common rail systems consists of a pre-injection, main injection and post-injection. Mainly, the aim of pre-injection is to reduce the rate of heat release as it reduces the engine noise. However, the preinjection can be used for control the NO_x formation by mean of temperature reduction in combustion chamber. Usually, the pilot injection quantity is not more than 5% of the injected fuel. Common rail systems that use solenoid injectors can realize up to five separate injections which means that not more than two preinjection can be produced. In order to further reduction of ROHR at the beginning of the combustion process, the main injection can be realized with different shape such as boot type or ramp type (Fig.1).

The most commonly used is rectangular type of main injection due to the simplification of injector design. The early post-injection is used in order to soot formation control as the late post-injection is realized at that engine operating mode in

which the regeneration of the particle filter occurs. Piezo-controlled injectors can produce more than five injections due to fast response time of the injector control valve.

Pre-injection strategy

The single pre-injection strategy is most commonly used because it is less complicate to realize. Both common rail injector (servo and piezo-controlled) can

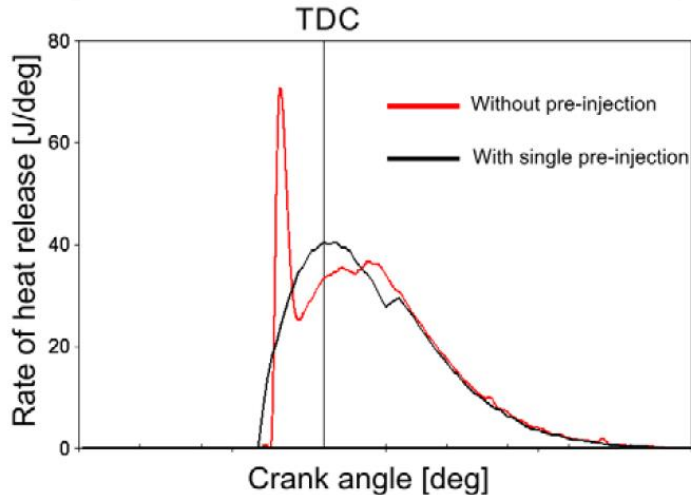


Figure 2. Effect of pre-injection on the ROHR

study it is important to note that the quantity of pre-injected fuel should be chosen within the range of 2% and 5% of overall injected mass. The start of pilot and main injection should be chosen in way that start of main injection coincides with the start of combustion.

The basic research shows that a single pre-injection is an efficient method of reducing the maximum pressure rise in combustion chamber respectively the noise produced by diesel engines. For that reason the main aim of this report is to study the influence of multiple (dual) pre-injection on the ROHR and pressure rise in a DI diesel engine.

A simulation model was built in advanced simulation package AVL. The engine performance, pollutant emissions, fuel consumption and other parameters can be estimated as well.

The engine under study is 2.0 liter four cylinders direct injection diesel engine. The maximum output power is 101kW at 4000rpm. The engine is equipped with variable geometry turbocharger. The boost pressure is limited to 1.4bar. The common rail fuel system; maximum injection pressure is 1600 bar. The injectors can realize up to five injections for a cycle. The engine is also equipped with EGR system and post treatment system including catalytic converter.

The variation of injection rate estimated by the model in case of double pre-injection is shown in Fig. 3.

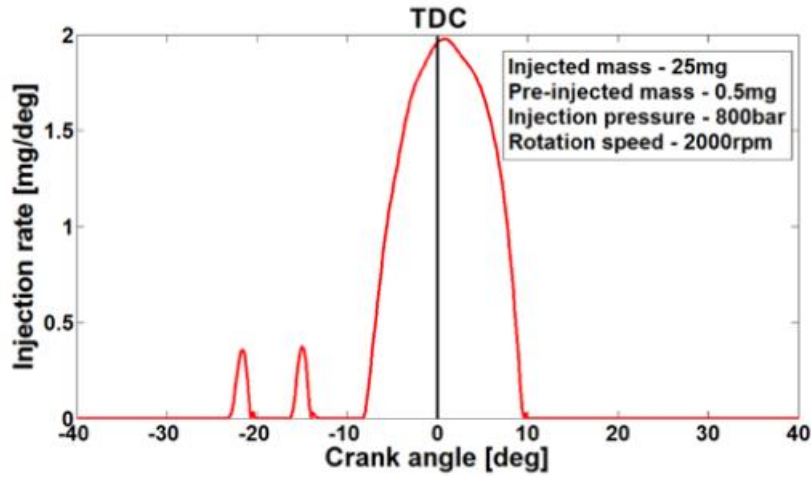


Figure 3. Fuel injection rate with two pre-injection, estimated by injector model

A study of pre-injection strategy was conducted. For rise were estimated as three injection strategies was applied – without pre-injection, single preinjection and double pre-injection. In order to achieve comparative results some constrains was defined.

The overall mass of injected fuel was 25mg; The start of main injection was constant – 8deg BTDC; The overall mass of pre-injected fuel was 1mg; In double pre-injection case, the pre-injected mass was separate by two equal parts; The start of first pre-injection was constant – 20deg BTDC.

The influence of injection strategy on ROHR is presented in Fig. 4. It was observed a significant reduction of ROHR in case of pre-injection. The maximum ROHR was reduced from 89,1J/deg without pre-injection to 67,4J/deg in case of pre-injection. The function variation revealed that pre-injection strategy eliminated the pre-mixed combustion period. It provides slightly increasing of ROHR up to maximum value.

Obviously, the reduction of ROHR decreases the maximum pressure rise into the cylinder – Fig.5. Pre-injection reduced maximum pressure rise from

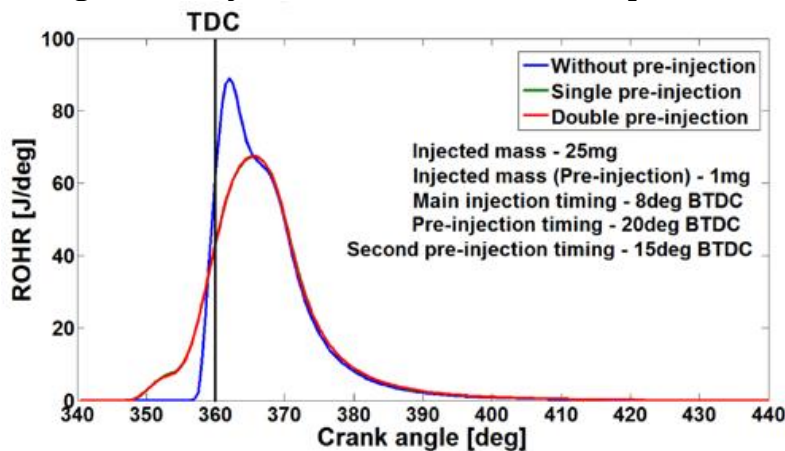


Figure 4. ROHR variation as function of injection strategy

0,65MPa/deg to 0,37MPa/deg. This significant reduction accounts to 43% lower maximum pressure rise. Although the combustion noise was not studied, we expected much lower noise level.

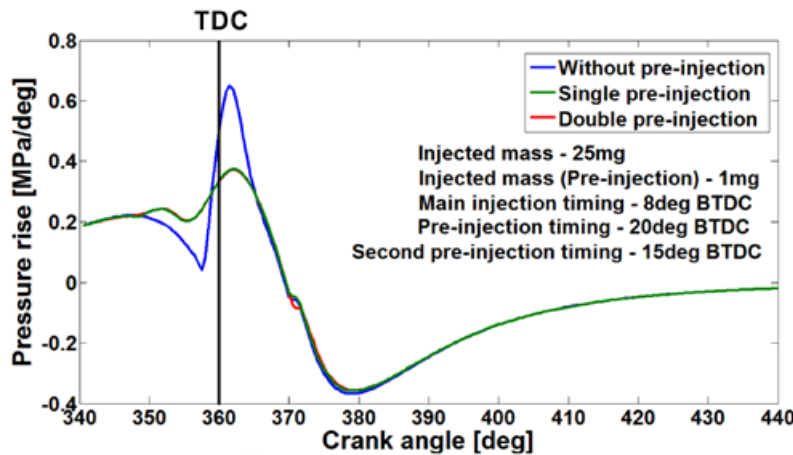


Figure 5. Pressure rise variation as function of injection strategy.

The influence of double pre-injection strategy on combustion parameters was insignificant in comparison with single preinjection. Practically, the ROHR and pressure rise curves were absolutely the same and were not influenced by pre-injection separation. That interesting fact can be explained with equal preinjected fuel mass.

The single pre-injection

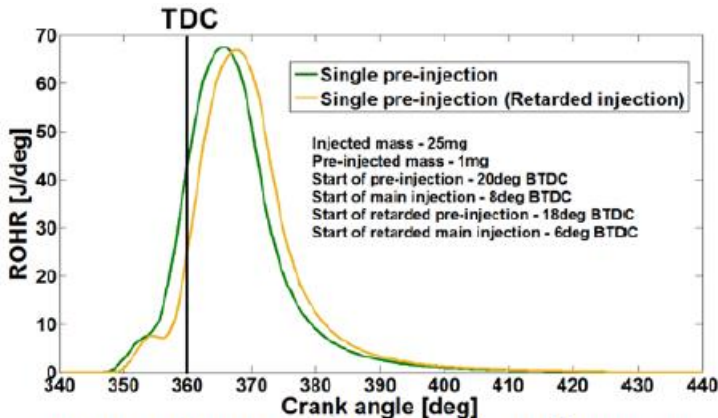


Figure 9. ROHR variation as function of injection timing

The effect of late injection on the variation of ROHR and pressure rise is shown in Fig. 6 and 7.

Finally, a study of double pre-injection strategy was conducted as the pre-injected fuel was increased up to 2mg. The injected fuel was separate equally between first and second pre-injection. The pre-injection timing was the same as that in the first study. Increasing of pre-injected fuel reduced the engine effective power by 0,7% and the effect on ROHR and pressure rise was not significant. The maximum ROHR was 65,6 J/deg and maximum pressure rise was 0,36MPa/deg. In order to eliminate engine efficiency reduction the double pre-injection process was retard-

reduced engine output

power by 0,3%. In order to achieve the same effective power, respectively the same engine efficiency injection timing of both pre and main injection were retarded by 2deg. It was applied to single pre-injection mode. In result of that, the maximum pressure rise was additionally reduced to 0,29MPa/deg or the final reduction by 55% was observed compared to the maximum pressure rise achieved without pre-

ed by 3deg as the timing interval between each of injection was the same. The pressure rise variation is shown in Fig. 8.

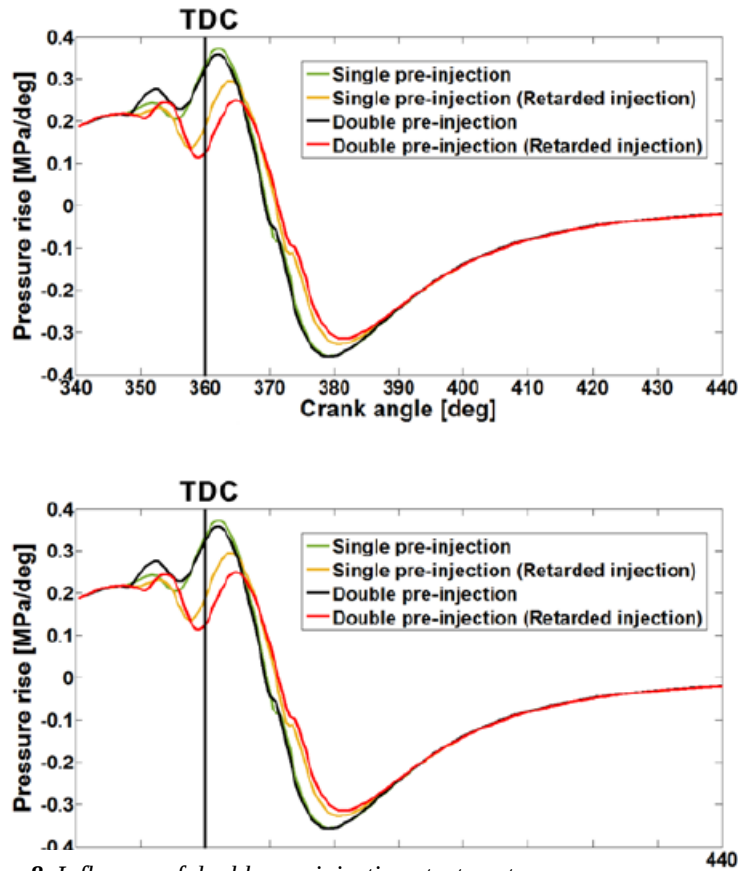


Figure 8. Influence of double pre-injection strategy to pressure

Conclusion Pre-injection strategy can be successfully applied as combustion control strategy due to reducing of maximum pressure rise at low speed and engine load. The study revealed that single pre-injection strategy can reduce pressure rise by 43%. By applying this strategy it is necessary to reduce injection timing in order to obtain the same engine power.

Additionally, it can reduce pressure rise up to 55%. Double pre-injection is more effective. To achieve significant impact on in-cylinder pressure rise it is necessary to increase preinjected mass and to retard the injection up to 3deg by crank angle rotation for studied operating point. In that case pressure rise reduction by 61,5% was observed. This study optimized the pre-injection parameters at single engine operating point. The results revealed that pre-injection strategy have to be precisely optimized at whole operating maps taking into consideration the injection system parameters.

Розробка комп'ютерних твердо-тілних моделей головки газового інжекторного клапану

При експлуатації додаткового газового обладнання суднового двигуна виявлено недоліки, що знижують ефективність використання газового палива [1].

Одним із елементів газової апаратури суднового двигуна, який не витримує тривалого експлуатаційного навантаження, є газовий нагнітальний клапан (GIV) [2]. За короткий період експлуатації спостерігалися тріщини (рис 1, а) на голівці клапана [2].



а)



б)

Рисунок 1 – Головка газового нагнітального клапану GIV [2]:

а - тріщини в голівці клапана GIV [2]; б - модернізована головка клапану GIV [2]

Вихід з ладу клапана GIV призводить до необхідності переведу двигуна на режим використання традиційного рідкого палива, що знижує ефективність екологічних та економічних показників експлуатації судна.

Для усунення цього недоліку фахівці [2] запропонували змінити довжину головки клапана (зменшити її) і змінити матеріал, з якого виготовлений клапан (рис 1,б). Ці зміни дозволили продовжити термін служби клапана [2].

Для покращення роботи газового нагнітального клапана (GIV) нами запропоновано змінити конструкцію головки клапана, а саме збільшити товщину стінки та форму отворів. Таке рішення дозволить також збільшити термін служби клапана GIV [3].

Для перевірки запропонованих нами змін у конструкції головки клапана GIV розроблені дві твердо-тілні моделі. Для моделювання використаний програмний комплекс [4].

Розроблені твердо тілні моделі головки клапана GIV складаються з твердо-тілних об'єктів, кожний з яких побудований шляхом створення цілісної

(суцільної, яка немає розривів) сукупності поверхонь, які обмежують простір заповнений матеріалом.

Тобто розроблені твердо-тільні моделі містять опис об'єкта в тривимірному просторі, з якого можна отримати всі дані щодо розмірів та координат тіла в будь-якій точці об'єкта. Модель дозволяє виконувати перерізи та відображати геометричні параметри у порожнинах об'єкту як усередині, так і зовні тіла.

Окрім того модель об'єкта описується математично, що дає можливість прогнозувати властивості та характеристики виробу що проектується. В тому числі, розрахунки плинності рідини при течії в головці клапану, визначати характеристики міцності та ін.

Заданий матеріал в моделях – легована сталь (при необхідності модель дозволяє змінювати матеріал на будь-який існуючий або на «уявний» матеріал з особливими характеристиками).

Твердо-тільні моделі головки клапана GIV, дозволяють виконати проведення порівняльного аналізу течій газоподібного палива в циліндрі з визначенням гідравлічного опору головки клапана.

Перша модель являє собою конструкцію головки клапана GIV нормальної товщини (рис. 2, а), отвори для подачі газу виконані в тонкій стінці (рис. 2, б).

Для середніх і бічних отворів в моделях створені спеціальні елементи (прямі віртуальні лінії, рис. 2, а), по довжині яких можна відстежити зміну швидкостей і тиску.

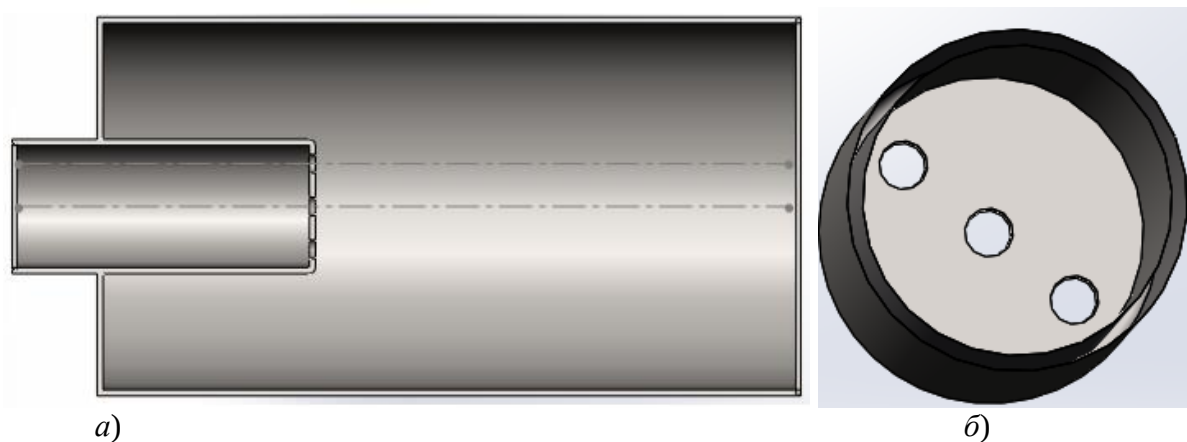


Рисунок 2 – Модель головки GIV з нормальною товщиною стінки (модель 1):
а – повздовжній переріз; б - отвори в головці CIV при нормальній товщині стінки

Друга модель являє собою модернізовану конструкцію клапана подачі газу зі збільшеною в 5 разів стінкою, в якій розташовані отвори (рис. 3, а). Для розрахунку гідравлічного опору в другій конструкції отвори закруглені (рис. 3, б).



Рисунок 3 – Модель головки GIV зі збільшеною товщиною стінки (модель 2):
 а – повздовжній переріз; б - отвори в головці CIV при збільшеній товщині стінки

Для перевірки доцільності виконання запропонованих змін у конструкції головки клапана GIV необхідно провести дослідження на розроблених моделях гідродинамічного режиму роботи та визначити вплив зміни конструкції за допомогою CFD-моделювання (Computational Fluid Dynamics - обчислювальна гідрогазодинаміка).

CFD-моделювання є віртуальним випробувальним експериментом, що дозволяє прогнозувати та досліджувати характеристики потоків газу в головці клапану GIV у 3D-форматі.

CFD-моделювання дає можливість проводити візуалізацію колірним полем градієнта будь-яких параметрів потоку газу що досліджується у головці клапану GIV: розподіл, швидкість, температуру, тиск. За необхідності можна також змінювати властивості газу або його тип.

Тобто за допомогою CFD-моделі можна оцінити працездатність запропонованої конструкції головки клапана GIV під впливом різних факторів, перевірити та випробувати зміни в конструкції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. MAN Energy Solutions. MAN B&W ME-LGIP dual-fuel engines. – Copenhagen: MAN Diesel & Turbo, 2020. – 29 p. Available from: <http://www.man-es.com>.
2. MAN Energy Solutions .Service experience – two-stroke technologies. – Copenhagen: MAN Diesel & Turbo, 2020. – 52 p. Available from: <http://www.man-es.com>.
3. Афтанюк В.В., Кіріс О.В., Афтанюк А.В. Аналіз експлуатації та модернізація клапанів нагнітання газу двохпаливних суднових двигунів. Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 47 - Одеса: НУ «ОМА», 2023. - С. 5-10.
4. Discover the power of SOLIDWORKS with a free trial. Available from: <https://plm-group.ru/solidworks-trial>.

Алгоритм керування гідравлічною мережею суднових танків

Кожне судно містить набір складових технологічних елементів, що відповідають за транспортування та зберігання води. До таких елементів

можливо віднести: нагнітачі, трубопроводи, регулювальну апаратуру, танки зберігання, технологічні кінцеві вузли споживання води. Всі перераховані елементи відповідають за широкій набір технологічних операцій але головними з них є первісний та вторинний контури охолодження судна та системи, що забезпечують життєдіяльність судна в цілому.

Якість експлуатації гідравлічної системи судна практично завжди визначається якістю використання алгоритмів керування сумісної роботи приладів, що відповідають за обсяг води в витратних танках та витратними автоматично керованими клапанами.

Наочним прикладом використання води в технологічному процесі є типова схема виробництва водяної насиченої пари, що показана на рисунку 1.

Рисунок 1. – Типовий судновий контур виробництва пари

Задіяна технологічна схема використовує два танки дистильованої води, що встановлені з обох бортів судна. Подання води в бойлери №1 - №3 здійснюється по гідравлічним лініям з використанням контрольно-регулювальної апаратури. Витратні характеристики системи напряму визначаються загальним обсягом води в танках зберігання, а його рівень необхідно підтримувати постійно на одному і тому ж значенні. В цьому випадку якість роботи контрольно-регулювальної апаратури напряму впливає на якість роботи судна, оскільки загальна продуктивність по парі всієї СЕУ напряму визначається кількістю води, що постійно накопичується в танках зберігання. Її рівень (загальна кількість) має бути постійно не змінним не зважаючи на коливання зовнішніх збуджень в системі.

На довільно взятому судні не зважаючи на його тип, конструктивні особливості і умови експлуатації всі системи керування технологічними процесами і саме система контролю рівня наповнення рідиною суднових танків залежать від зовнішніх факторів. Головними такими факторами являються зміни робочих умов і збурення. Ці фактори можуть суттєво вплинути на стабільність роботи всієї гідравлічної системи судна та загальну продуктивність виробничих процесів.

На теперішній час інтелектуальні алгоритми керування роботою суднової гідравлічної системи можуть і повинні мати такі характеристики як: самонавчання, самооптимізацію та самоадаптацію. На підставі такого підходу головне завдання виконаних досліджень полягало в розробці нового алгоритму детермінованого градієнта (АДГ) для керування системою рівня водяного резервуару подвійної ємності і підвищенні технологічних можливостей та ефективності обробки робочих параметрів суднової гідравлічної системи.

Базуючись на функції передачі, модель системи резервуарів для води подвійної ємності побудована в Simulink і кластеризована в модулі «Система резервуарів для води», як це показано на рисунку 2. У запропонованій системі керування адаптивною компенсацією інші частини, крім кластеризованого модуля «Система резервуарів для води», та танків для води, розглядаються як зовнішнє середовище.

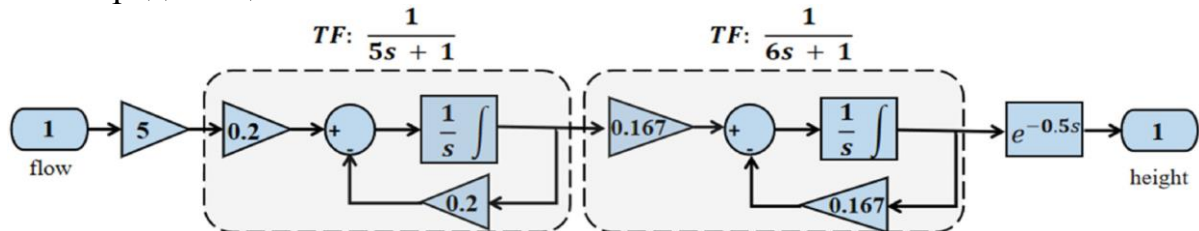


Рисунок 2. – Модуль «Система резервуарів для води»

У моделі навколишнього середовища входними даними спостерігача є ініціалізована висота рівня води в резервуарі та відхилення цього рівня. Діапазон змін висоти рівня води в танках становить від 0 до 20 дм. Значення початку процесу регулювання базується на врахуванні кількох параметрів, в основному включаючи відхилення рівня та значення завершення, де відхилення приймається як абсолютне значення для операції. Висота рівня використовується як контрольна ціль, і її відхилення від заданого значення є пріоритетним у розробці розміру часу спрацювання системи наповнення. Цей час визначається так, щоб бути вищим, коли відхилення менше, що стимулює контролер наблизити висоту рівня до цільового значення.

Ефективність процесу відтворення градієнтного спуску може бути покращено завдяки введенню повністю підключеного рівня автоматизації на стороні першої частини вимірювання, яка виконує функцію спостерігача критичної мережі. В цьому випадку можливо краще визначати ключові характеристики для контролю рівня води з середовища резервуара. Уточнені параметри вузла та використання функціональних залежностей вузла регулятора можуть запобігати зникненню градієнтів, щоб гарантувати якість оновлення параметрів мережі.

Контролер адаптивної компенсації в цьому випадку використовується як передній контролер. Щоб збільшити здатність системи до саморегулювання, передній контролер необхідно використовувати як регулятор зворотного зв'язку в контурі керування. Входними даними для нього стають висота рівня води в танках, відхилення рівня від технологічно необхідного значення та вихідні значення контролера зворотного зв'язку, які відображають поточний стан у часі для системи керування. Структурна блок-схема методу адаптивного компенсаційного керування, який необхідно застосовувати на судні під час наповнення танків подвійної ємності показана на рисунку 3. Як видно на цьому рисунку модель вже містить додаткову складову виходу регулятора зворотного зв'язку.

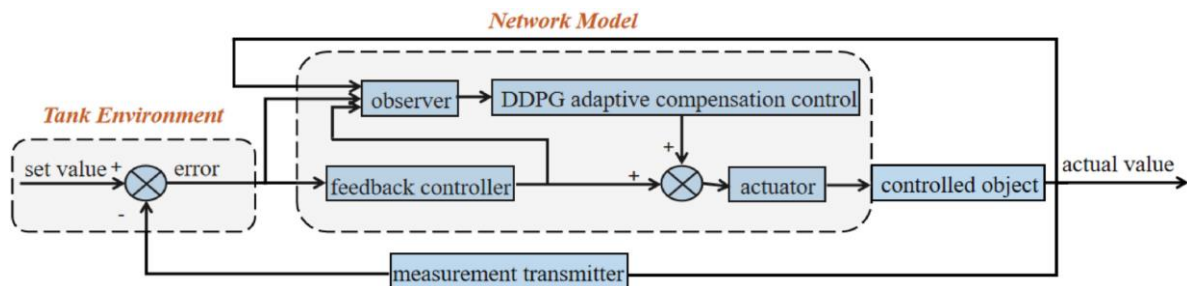


Рисунок 3. – Структурна схема системи керування з адаптивною компенсацією

Ефективність роботи системи керування з адаптивною компенсацією може вимірюватися функцією, яка визначається наступним чином

$$G_{\beta} = E_s \propto_{\beta} \{Q[s_t, \mu(s_t)]\}, \quad (1)$$

де s позначає стан навколишнього середовища, а $\propto_{\beta}$ функція його розподілу

Ефективність системи контролю зазвичай оцінюється за допомогою кількісних показників. Щоб забезпечити бажані критерії продуктивності, важливо порівнювати та аналізувати різні алгоритми керування за допомогою експериментів із моделюванням за однакових початкових умов. На цьому етапі було зроблене припущення, що цільовий рівень води в танку має бути зафіксований на рівні 10 дм. В модельних експериментах з моделюванням традиційний ПІД-регулятор і нечіткий регулятор були порівняні з АДГ алгоритмом керування, щоб перевірити продуктивність системи керування. Щоб усунути статичну різницю системи та, зрештою, стабілізувати вихід системи, він працює з попередньо визначеними параметрами та застосовує результати своєї роботи до керованого об'єкта через привід. Нечіткі регулятори є чудовим вибором для вивчення складних систем на відміну від звичайних лінійних регуляторів. Щоб досягти кращих результатів керування, нечітке керування включає фазифікацію точних значень параметрів ПІД-регулятора, створення правил висновку та виконання зворотної дефазифікації.

У випадках, коли навантаження в системі змінюється, тобто коли в певний момент часу коефіцієнт навантажувального клапана в системі резервуару подвійної ємності змінюється на 5% це буде незмінно призводити до збільшення витрати потоку, що подається в суднові водяні танки. В цьому випадку була отримана вихідна крива рівня в суднових танках подвійної ємності. Вона показана на рисунку 4. Пунктирні криві на графіку відповідають випадку коли система керування працювала в доповненні з ПІД контролером, а суцільні стандартному процесу регулювання.

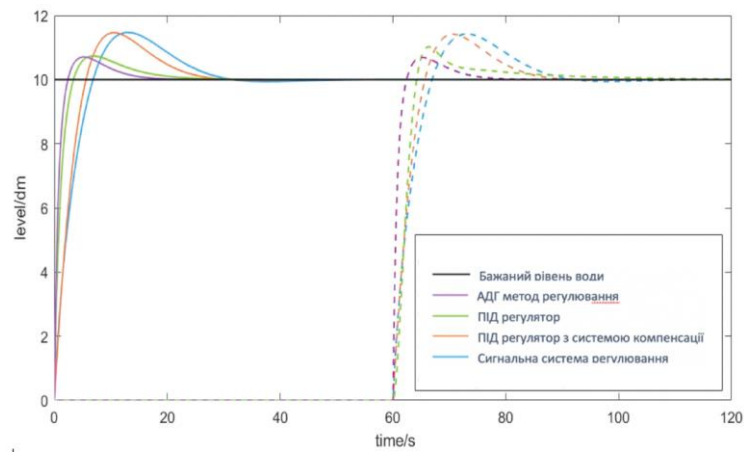


Рисунок 4. – Вихідна крива рівня води при зміні коефіцієнта клапана на 5 %

На підставі графіків на рис. 4 було проведено порівняння стану суднової гідравлічної мережі до і після змін в роботі клапана, тобто при введенні збурень, що відповідають змінам вхідних параметрів від навколишнього середовища. В результаті було встановлено, що метод керування на підставі АДГ алгоритму демонструє стійку реакцію та достатньо високу надійність, коли коефіцієнт клапана коливається в певному діапазоні. Зокрема, після роботи протягом 40 секунд з початку збурень виникає повна стабілізація в роботі системи. Як це видно метод керування на основі АДГ алгоритму у поєднанні з ПІД контролером займає менше часу (на 10 секунд), щоб відновити значення в стаціонарному стані. Також треба відзначити, що система реагує не тільки швидше, але і з меншим діапазоном коливань, що відображає її хорошу стійкість. Таким чином можливо зробити висновок, що АДГ алгоритм керування доповнений ПІД контролером демонструє виняткову надійність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Abe T, Oh-Hara S, Ukita Y. Adoption of reinforcement learning for the intelligent control of a microfluidic peristaltic pump. *Biomicrofluidics*. 2021; 15(3): 1
- 2.Dey N, Mandal R, Subashini MM. Design and implementation of a water level controller using fuzzy logic. *Int J Eng Technol*. 2013; 5(3): 2277-2285.
- 3.Divakar K, Kumar MP. A novel efficacious PID controller for processes with inverse response and time delay. *IEEE Access*. 2022; 10(7): 63626-63639.
- 4.Liu ZC, Liu YP, Xu H. Dynamic economic dispatch of power system based on DDPG algorithm. *Energy Rep*. 2022; 8(5): 1122-1129.
- 5.Qi X.W, Luo Y.D., Wu G.Y, et.al. Deep reinforcement learning enabled self-learning control for energy efficient driving. *Transp Res C: Emerg Technol*. 2019; 90(1): 67-81.

Збільшення ресурсу суднових установок шляхом застосування наноматеріалів

Наноматеріали, які утворені з елементів, розміром у діапазоні 1 -100 нм – наночастинок, проявляють нові особливі властивості і поведінку [1]. Для усіх наночастинок спостерігається зміна фундаментальних фізичних параметрів [2], а наноматеріали характеризуються підвищеними твердістю в 2...7 разів, межею міцності в 1,5...8 разів та межею плинності в 2...3 рази у порівнянні з традиційними матеріалами [3, 4]. Поведінка наночастинок виходить за рамки класичного уявлення про їх рух і потребує [5] застосування рівнянь нерівноважної термодинаміки та квантової механіки.

У роботі [6] розглянуті питання застосування наночастинок для збільшення ресурсу та ефективності суднових механізмів. У даній роботі розглядаються питання перспективи використання наноматеріалів з метою ефективного збільшення ресурсу суднових механізмів, збільшення ККД механізмів і захисту довшілля від викидів.

Наноматеріал компанії «XADO»

«XADO» – це українська компанія [7] заснована у Харкові, яка є виробником ревіталізанту – високомолекулярного мастильного матеріалу, до складу якого входить дуже активна карбоксильна група – COOH , а також суміші нанорозмірних оксидів Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 та їх гідратів, або Al_2O_3 , MgO і Fe_2O_3 чи Al_2O_3 , CaO та Fe_2O_3 та їх гідратів. Наночастинки цієї речовини мають форму близьку до сферичної.

Введення ревіталізанта до мастильних матеріалів приводить до формування захисного покриття на металевих деталях механізмів, які труться, безпосередньо у процесі їхньої експлуатації. Процес формування захисного покриття, який називається ревіталізація, заснований на фізико-хімічній взаємодії поверхонь тертя у присутності ревіталізанта при граничному або змішаному режимах змащення. Механізм утворення захисної плівки при використанні ревіталізанта зображено на рис. 1.

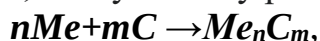


Рис. 1. Етапи ревіталізації в зоні тертя «метал – метал» і утворення захисної плівки,

В результаті процесу ревіталізації утворюється металокерамічне градієнтне покриття. Особливість процесу – це зміцнення покриття з одночасним його «зростанням», що має високу контактну міцність і пластичність, гарну теплопровідність, а при низьких швидкостях збільшує фактичну площу контакту,

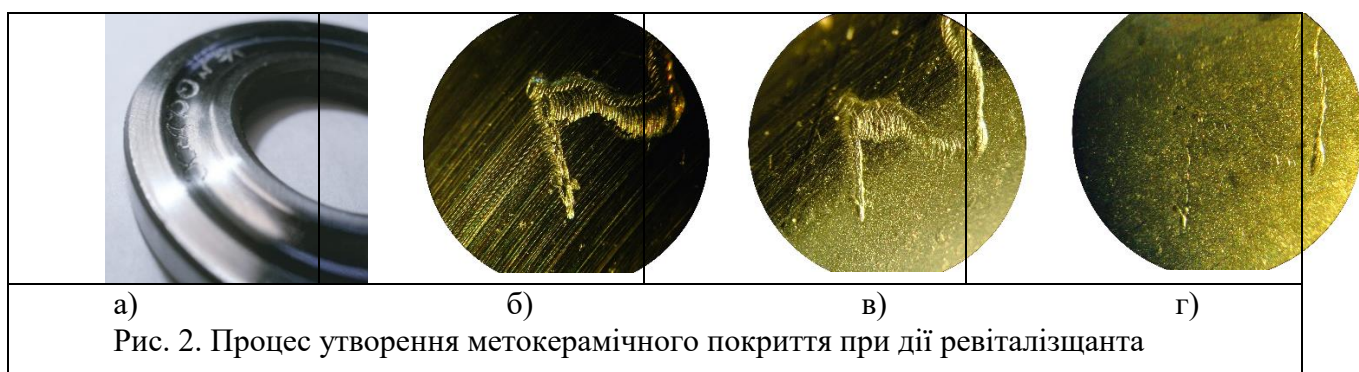
знижує коефіцієнт тертя та зношування, а також захищає поверхні від захоплення і зварювання.

Явище ревіталізації дає можливість повернути процес зносу у зворотному порядку і відновити зношену поверхню шляхом утворення металокерамічного покриття. Ревіталізація починається в зоні найбільшого зносу, оскільки саме тут досить надлишкової енергії для початку нового процесу та атоми металу мають найбільшу кількість некомпенсованих зв'язків, які захоплюють і утримують саме в місцях зносу будівельний матеріал - ревіталізант. Таким чином, на старій основі формується нове покриття. Речовини, що входять до складу ревіталізанта, під дією тиску та температури, що виникають в деталях при терті, виступають у ролі каталізатора утворення карбідів металів [8] за схемою



де **Me** – метал; **C** – вуглець.

Демонстрація утворення покриття зображена на рис. 2: а) зовнішній вигляд доріжки кочення підшипника зі спеціально нанесеним дефектом, б) поверхня деталі при збільшенні, в) дія ревіталізанта через 15 хв. - зникають дрібні подряпини та починається відновлення поверхні, г) усунений дефект поверхні після одної години ревіталізації за рахунок утворення металокерамічного покриття [7].



Компанія «XADO» повідомляє [7], що використання ревіталізанта дає наступні результати:

- повне усунення подряпин і мікрозадірів на робочій поверхні циліндрів глибиною до 0,03 мм;
- підвищення ресурсу циліндро-поршневої групи в 1,5 ~ 2,5 рази;
- вирівнювання і збільшення компресії та максимального тиску згоряння по циліндрах;
- економію палива до 8%.

Наноматеріал «Nano Vit Motor Renovator» (NVMR)

Продукт є сумішшю нанодисперсних порошків SiO₂ - 80%, Al₂O₃ - 10% та терморасщепленого інтеркальованного графіту - 10%. Середня розмірність частинок композиції нанопорошків становить 14 нанометрів [9].

При використанні NVMR як присадки нанорозмірні матеріали взаємодіють із поверхнями тертя та утворюють захисні плівки [9] за наступним механізмом. У зоні тертя, де виникають високі напружень, відбувається розрив зв'язків алюміній-кисень у триоксиді алюмінію і викликає заміщення атомів

заліза атоми алюмінію на поверхні. Утворена плакувальна плівка представляє собою твердий розчин зі значною пластичністю та міцністю за рахунок утворення оксидів та карбідів алюмінію і заліза, що збільшують його зносостійкість, а частинки графіту на поверхнях тертя беруть участь в утворенні зносостійкого шару.

Антифрикційні властивості NVMR багаторазово перевірялися в різних умовах змащення, при різних величинах навантаження і концентраціях продукту в маслі [8]. Були зроблені однозначні висновки про зниження коефіцієнтів тертя при певних умовах до значень 0,01-0,001, причому зі збільшенням навантаження реєструвалися більш низькі значення коефіцієнтів тертя.

Розбирання двигунів показало, що в результаті використання NVMR на стінках деталей у зонах тертя утворюються стійкі гедевидні плівки, які утримують мастильний матеріал. Діоксид кремнію SiO_2 та графіт створюють двовимірний ковзний шар, що різко знижує будь-які додаткові пошкодження фрикційних частин двигуна. Масло не стікає з її поверхонь, що додатково захищає пари тертя про холодному пуску двигуна від підвищеного зносу та відновлює дзеркало циліндра [10].

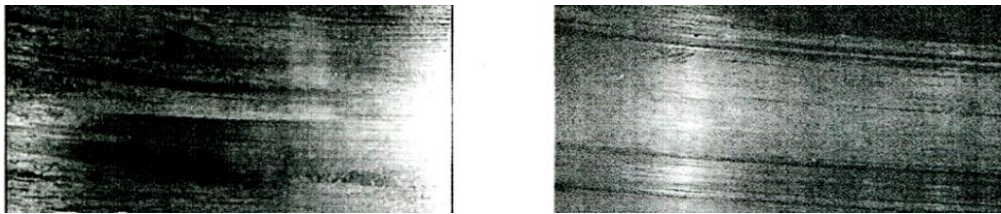


Рис. 3. Результат використання продукту NVMR – відмивання поверхні циліндра та відновлення його “дзеркала” [10]

Випробування на реальному двигуні при високих навантаженнях показали, що обробка NVMR призводить до зниження швидкості зносу поршневих кілець в 3 рази, а вкладишів підшипників колінчастого валу в 5 і більше разів.

Відмітимо вплив наноматеріалу NVMR на зменшення викидів, повноту згоряння палива та зниження рівня шуму. Дрезденський інститут FSD випробував дизельні двигуни внутрішнього згоряння при різних умовах експлуатації із додаванням NVMR.

Експериментально доведено, що нанокристали Al_2O_3 , які входять у склад NVMR накопичуються на поверхні камери згоряння і діють як незліченна кількість «міні-свічок запалювання». Ці «міні-свічки» викликають згладжування вибухового піку максимального тиску, що зображено на рис.4 та контрольоване згоряння палива.

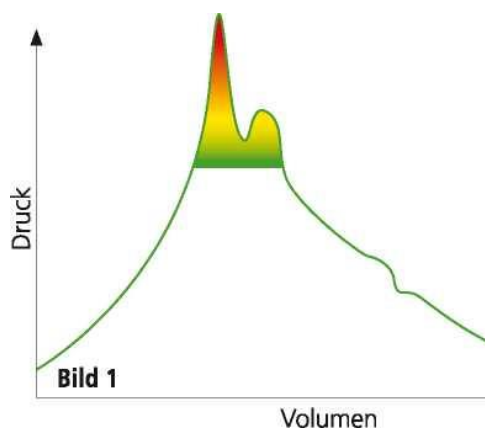


Рис.4. Залежність тиску при спалюванні палива при застосуванні NVMR [10]

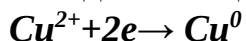
Використання NVMR дає наступні результати:

- Ретельне очищення двигуна, особливо поверхонь тертя;
- Модифікація поверхонь тертя;
- Зменшення внутрішніх механічних втрат двигуна;
- Зниження витрати моторного масла;
- Економія палива;
- Зменшення викидів забруднюючих речовин.

Наноматеріал NANOL

Наноматеріал Nanol формує захисний наночастинок шар на поверхнях тертя, який не дає водню руйнувати контактні поверхні [11]. Механізм дії наноматеріалу Nanol зводиться до утворення тонкого захисного шару на поверхнях тертя і у зонах контакту за рахунок наночастинок міді, що входять до складу наноматеріалу.

Формування наноплівки у продуктах компанії NANOL відбувається [11] шляхом поверхневої активації, яка запускає окислювально-відновну реакцію, що зменшує кількість іонів міді в добавці з подальшим відкладенням частинок міді на поверхні металу. Взаємодія між поверхневими нерівностями приводить до значних напружень, що викликає розкладання елементів, що входять до складу NANOL, в результаті чого утворюються вільні електрони. Далі відбувається відновлення іонів міді Cu^{2+} згідно реакції



та утворення захисного шару міді, який утворюється лише у зоні контакту, тобто тільки на поверхнях тертя.

Розробники NANOL стверджують, що мідна металева плівка захищає зони тертя від зносу, знижує робочу температуру вузлів тертя та подовжує термін служби машин і компонентів [11].

Особливу увагу слід приділити продукту «Nanol Power+ MH/ML» [12], який був спеціально розроблений для застосування у морській сфері та на морському транспорті, зокрема для суднових ДВЗ.

Судноплавна компанія «Transfennica Ltd.» повідомляє [12], що випробування, проведені компанією «Napa Ltd.» під наглядом Регістру судноплавства «Lloyds Register» на судні M/V «Seagard» (з головним двигуном Wärtsilä 16V46B, MCR-потужність якого становила 15600 кВт), показали, що при використанні продукту NANOL споживання палива скоротилося в середньому на 2%.

Судноплавна компанія – «Bore Ltd.» (експлуатує судна типу "Ro-Ro", а саме «Ro-Flex», «Ro-Ro» та «Car Carrier»), звітує [12], що у двигунах суден компанії загальна витрата палива була знижена приблизно на 4% за перші 12 місяців використання продуктів від компанії NANOL.

При застосуванні присадки «Nanol Power+ МН/МЛ» на морських суднах, було отримано:

- зменшення витрат палива до 6%;
- зменшення шкідливих викидів у атмосферу до 30%;
- зменшення показників тертя до 30%;
- зменшення зносу та задирів на поверхні циліндрів до 10%.

Висновки

Аналіз експериментальних досліджень підтверджує, що наноматеріали ХАДО, Nano Vit Motor Renovator та NANOL відіграють вирішальну роль у покращенні експлуатаційних характеристик судових механізмів.

Застосування зазначених наноматеріалів збільшує ресурс судових механізмів, захищає довкілля від забруднення.

Зазначені наноматеріали досліджуються та впроваджуються.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kumar Phany. Principles of Nanotechnology /Ph. Kumar // 2Nd.Edish, [Scitech Publications, 2020. – 115 p.](#)
2. Kozytskyi S. V. Properties and behavior of nanoparticles/ S. V. Kozytskyi, S. V. Kiriian. // Фізика аеродисперсних систем. – 2022. – №44. – С. 17–30].
3. Kozytskyi S. V. Effectiveness of nanomaterial utilization in ship's mechanisms / S. V. Kozytskyi, S. V. Kiriian. // Суднові енергетичні установки. – 2019. – №39. – С. 101–106.
4. Козицький С.В. Мікро-, мезо- та нанорозмірні кристали сульфідів цинку отримані методом високотемпературного синтезу, що само поширюється / Фізика аеродисперсних систем. – 2023 – № 61. – С.32-42
5. Козицький, С. В. Властивості нанооструктурованих матеріалів / С. В. Козицький, С. В. Кіріян // Суднові енергетичні установки. – 2022. – №45. – С. 123-133.
6. Козицький, С. В. Застосування наночастинок для збільшення ефективності судових механізмів / С. В. Козицький, С. В. Кіріян // Суднові енергетичні установки. – 2023. – №46. – С.53-66.
7. XADO Industrial: Revitalizants, oils, greases. Код доступу: https://xado-industrial.com/image/data/download/XADO_Industry
8. Трошин О.Н. Наукова парадигма досягнення аномально низького тертя в трибології / Вісник ХНТУСГ. Вип. 184, 2017. С. 102-110.
9. Nano Vit Research GmbH [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.nanovit-research.de/ueber-nanovit>
10. Nano Vit Research GmbH [https://www.nanovit.de/Der Einsatz von Nano Vit® in Schmierfetten und -pasten-Download](https://www.nanovit.de/Der_Einsatz_von_Nano_Vit%20in_Schmierfetten_und_-pasten-Download)
11. Nanol Technology. – Access mode: [https://nanol.eu/technology.Fighting friction with chemistry and innovation.htm](https://nanol.eu/technology.Fighting_friction_with_chemistry_and_innovation.htm).
12. Nanol Power+ [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.nplube.com/nanol>

Вибір хладону з урахуванням типу та умов експлуатації суднової холодильної установки.

В нинішній час процеси змін кліматичних умов на нашій планеті відіграють все більшу значущість. І ця тенденція посилюється з року в рік. Серед факторів впливу розглядаються, як найбільш важливі, парниковий ефект, тобто збільшення кількості парникових газів в атмосфері, зокрема CO_2 , та руйнування озонового шару нашої планети [1].

Заходи впливу на перший фактор оговорені в Кіотському протоколі до Рамочної конвенції ООН про зміни клімату. Заходи, щодо другого фактору, визначені Монреальським протоколом.

Враховуючи те, що застосуванням холодильних установок, як в промисловості, так і в повсякденному житті людського суспільства постійно зростає, а в якості робочих речовин в таких установках зазвичай використовуються речовини, що зазначаються вищезгаданими міжнародними документами, в процесі вибору робочої речовини – холодильного агенту слід комплексно оцінювати її вплив на земну атмосферу.

З іншого боку необхідно звернути увагу на енергетичну ефективність холодильної установки враховуючи її призначення та умови експлуатації в залежності від обраного холодильного агенту [2,4,5].

Найліпші значення достатньо великої кількості показників здатні створювати антагоністичні умови під час обрання конкретного холодильного агенту, що вимагає від проектанта пошуків оптимального рішення, яке в найбільшому ступені, буде відповідати всім наявним вимогам [2].

Одним зі шляхів розв'язання проблеми було б отримання комплексного критерію оцінки для обрання холодильного агенту, який би враховував, як його вплив на процеси в атмосфері, так і виконання технологічних вимог [3].

Зниження кількості озону в земній атмосфері, як відомо, є наслідком надходження галогенів, які є складовою частиною хлорфторвуглеців, до яких відноситься значна частина традиційних холодильних агентів. Така властивість цих речовин оцінюється коефіцієнтом озоноруйнуючого потенціалу *ODP* (*Ozone Depletion Potentional*), що змінюється від 1 (100%) до 0 для більшості холодильних агентів, що застосовуються нині (*R 507*, *R 404a* та інш.) [1].

Для оцінки впливу на парниковий ефект застосовують коефіцієнт глобального потепління *GWP* (*Global Warming Potentional*), в якості базового значення було прийнято $GWP=1$ для *R 11*, який може змінюватися дуже в широких межах від 1 до більш ніж трьох тисяч у *R 404a*, який теж використовується в деяких суднових холодильних установках.

Для остаточного урахування впливу функціонування холодильної установки на парниковий ефект в нинішній час рекомендують застосовувати показник *TEWI* (*Total Equivalent Warming Impact*), який враховує не тільки вплив холодильного агенту, але й вплив кількості енергії, яка вживається холодною установкою за весь час експлуатації.

$$TEWI = GWP \cdot M + \alpha \cdot B,$$

де M – загальна маса холодильного агенту, викинутого до атмосфери під час експлуатації, кг;

α – кількість двоокису вуглецю (CO_2), що надходить до атмосфери під час виробки 1 кВт години енергії, кг/кВт година;

B – загальне електроживлення холодильної установки за весь час експлуатації, кВт.

Не важко зробити висновок, що наведені вище показники та їх порівняння з умов використання різних холодильних агентів не дозволяють оцінити ефективність експлуатації холодильної установки та її конкретний вплив на навколишнє середовище.

Обираючи параметри, що дозволяють оцінити ефективність використання холодильної установки, перш за все, слід звернути увагу на холодильний коефіцієнт, який оцінює співвідношення відведеного від об'єкту тепла до витрати енергії на здійснення процесу (ϵ) [3].

З конструктивної точки зору важливими показниками є тиски конденсації (P_k) та випаровування (P_{vap}) для заданих технологічних умов експлуатації, коефіцієнт подачі компресору λ .

Енергетичні витрати можливо оцінити за значеннями теоретичної N_a , індикаторної N_i , ефективної N_e потужностей та потужності на валу електродвигуна $N_{e.n.2}$.

Розглядаючи випадки застосування обраних для порівняння холодильних агентів при стандартних умовах, тобто: температура випаровування $t_0 = -15^\circ C$; температура конденсації $t_k = +30^\circ C$; $t_{ec} = -5^\circ C$; температура переохолодження $t_{no} = +25^\circ C$, можливо отримати відповідні залежності, що характеризують взаємовідносини та зміну обраних для порівняння параметрів.

Отримані графічні залежності дозволяють зробити попередню оцінку енергетичної доцільності застосування обраних для розгляду холодильних агентів в залежності від технологічних умов [4].

Так, при відносно високих температурах випаровування (близько до $0^\circ C$) помітні переваги має $R\ 134a$, однак, зі зниженням температури до $-25^\circ C$ більш бажаним стає $R\ 507$, завдяки найвищому значенню холодильного коефіцієнту.

Дещо інакший характер має співвідношення експлуатаційних параметрів при стандартних умовах, що ілюструє гістограма наведена на рисунку 1.

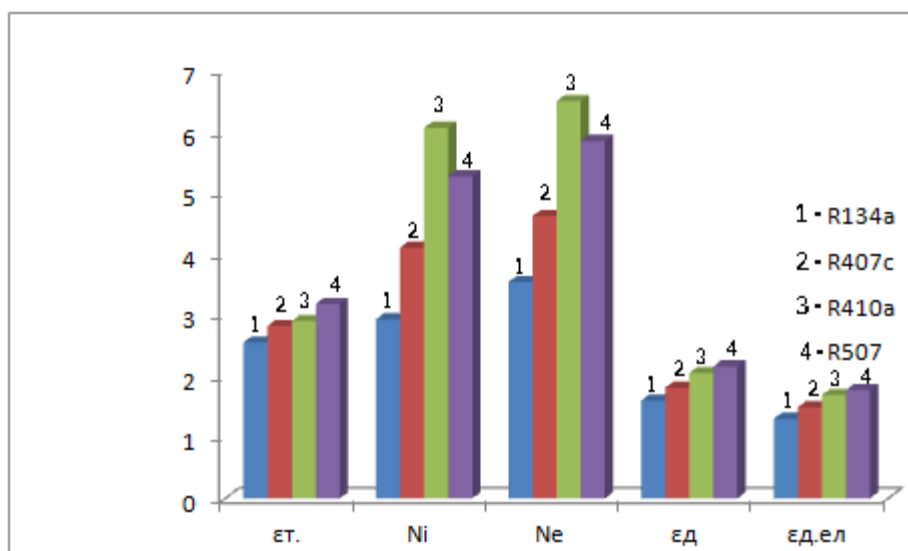


Рис. 1 – Порівняння експлуатаційних показників при стандартних умовах

Врахування тільки експлуатаційних показників в процесі обрання холодильного агенту для застосування в конкретній холодильній установці не достатньо для кінцевого висновку. Як під час проектування, так і у випадках необхідності заміни холодильного агенту важливе значення мають тиски конденсації (P_k), випаровування ($P_{вин}$) та їх співвідношення.

Виходячи з вищевикладеного можливо дійти до висновку, що при обранні холодильного агенту для застосування в конкретній холодильній установці при конкретних умовах доцільно враховувати як мінімум три групи факторів:

- вплив на земну атмосферу;
- енергетична ефективність холодильної установки;
- конструктивні вимоги до елементів холодильної установки.

В якості четвертого фактору бажано враховувати вартість експлуатації холодильного обладнання, в тому числі і ціну холодильного агенту, що обирається.

В нинішній час комплексний показник, який би дозволив прийняти рішення з урахуванням згаданих факторів не існує, хоча, можливо стверджувати, що його наявність значно спрощує формування завдань, як на етапі проектування, так і експлуатації, а також у випадку необхідності модернізації.

В якості показників, що визначають екологічність холодильних агентів доцільно запропонувати такі показники як GWP та ODP , значення яких відомі для майже всіх холодильних агентів та не пов'язані з енергетичною ефективністю та конструктивними чинниками.

Енергетична ефективність холодильної установки можливо оцінити за значенням холодильного коефіцієнту ϵ та витратою електричної потужності $N_{вод}$ (можливо застосування ефективної потужності N_e , що не буде здійснювати принципового впливу на одержані висновки).

Конструктивні особливості холодильного обладнання в цілому можливо оцінити за значеннями тисків випаровування $P_{вин}$ і конденсації P_k коефіцієнта подачі компресора λ .

При визначенні комплексного показника слід врахувати можливості випадків, коли $ODP=0$, а також достатньо великі значення GWP . У зв'язку з цим пропонується при розрахунку чисельного значення комплексного показника застосувати $ODP_p = ODP + 1$ та $GWP_p = GWP \cdot 10^{-3}$.

Таким чином, для визначення комплексного показника доцільності застосування холодильного агенту можливо запропонувати наступну залежність:

$$K = \frac{\varepsilon \cdot P_{\text{вип}} \cdot \lambda}{GWP_p \cdot ODP_p \cdot P_{\kappa} \cdot N_e} \cdot$$

Результати розрахунку для обраних для порівняння холодильних агентів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Значення комплексного коефіцієнту при різних температурах випаровування

K	$R134a$	$R407c$	$R410a$	$R507$
$t_{\text{вип}} (^{\circ}C)$				
-25	0,024	0,017	0,02	0,0097
-20	0,05	0,018	0,027	0,011
-15	0,049	0,023	0,033	0,012
-10	0,064	0,03	0,031	0,018
-5	0,1	0,03	0,027	0,02

Аналізуючи значення комплексного показника при зміні необхідної температури випаровування можливо зробити попередні висновки, що до доцільності використання того чи іншого холодильного агенту в залежності від технологічних вимог.

На перший погляд застосування $R 134a$ буде найбільш бажаним за будь-яких технологічних умов, однак враховуючи високе значення потенціалу глобального потепління ($GWP=1300$) слід шукати йому заміну у вигляді холодильного агенту з меншими значеннями GWP .

Можливо в якості альтернативи слід розглядати $R 32$ ($GWP=675$), $R 513a$ ($GWP=631$), $R = 450a$ ($GWP=605$) та $R 1234$ ($GWP<1$), але у випадку модернізації діючої холодильної установки таке рішення може бути неприємним у зв'язку з високими значеннями тисків, так, наприклад, при температурі випаровування $-25^{\circ}C$ тиск у випарнику буде сягати 3,2 бара, а так конденсації – майже 19 барів для $R 32$. Що до холодильного агенту $R 1234$, то він підходить до використання за термодинамічними властивостями, але на сьогоднішній день його ціна майже в вісім разів вища ніж у $R 134 a$. Крім того необхідно врахувати відсутність накопиченого досвіду використання згаданих альтернативних холодильних агентів в середніх та крупних, за холодопродуктивністю, холодильних установках, які характерні для морських суден.

Можливо використання методу оцінки доцільності вибору холодильного агенту за допомогою комплексного показника для випадків порівняння будь-якої групи наявних холодильних агентів, більш того, за необхідності, можливо

внести до запропонованої залежності додаткові показники, наприклад, питому холодопродуктивність та ціновий показник.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іщенко В.М., Брайковська Н.С., Щербіна Ю.В. Методичні підходи до ефективного використання альтернативних холодильних агентів в холодильному обладнанні рефрижераторного рухомого складу. Збірник наукових праць ДУПТ: серія «Транспортні системи і технології, Вип. 33, Т.1, 2019. – С. 202-212.
2. Іщенко В.М., Щербіна Ю.В., Осьмак В.Є., Горлушко Ю.В. Взаємозамінність альтернативних холодоагентів в системах кондиціонування повітря пасажирських вагонів. Вісник східноукраїнського національного університету ім. Володимира Даля, Вип. 2, 2021. –С. 96-100.
3. Галян І.С., Козьмініх М.А. Аналіз ефективності застосування сучасних холодильних агентів в транспортних холодильних установках. НТЗ Суднові енергетичні установки, Вип. 38, 2019. –С. 54-68.
4. Константинов О. І. Козьмініх М. А. Оцінка доцільності застосування холодильного агенту від умов експлуатації. НТЗ Суднові енергетичні установки, Вип. 44, 2022. –С. 79-87.
5. Константинов І.В., Хмельнюк М.Г. Порівняння енергоефективності торгового холодильного обладнання працюючих на різних холодильних агентах. Збірник наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської науково-технічної конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології», 2020. –С. 136-140.

Аналіз сучасних тенденцій використання холодоагентів з низьким потенціалом глобального потеплення у судновому холодильному обладнанні

Засоби морського та внутрішньогосподарського транспорту мають значне джерело прямих викидів парникових газів, яке наразі не регулюється безпосередньо та не вважається обов'язковим для інвентаризації – викиди гідрофторвуглецевих (ГФУ) холодоагентів із холодильних систем та систем кондиціонування повітря. Скорочення прямих викидів холодоагентів з систем, що встановлені на засобах водного транспорту, є найскладнішим серед усіх типів холодильних систем через найвищий рівень витоків холодоагенту [1]. Типове значення експлуатаційних втрат холодоагенту для суднових парокомпресійних холодильних систем та систем кондиціонування повітря оцінюється в 40% на рік [2] або 30% на рік [3] від маси заправки.

Відповідно до Кігальської поправки до Монреальського протоколу, найпоширеніші у судновому холодильному обладнанні холодоагенти (R134a, R404A, R407C та подібні) повинні бути вилучені через високий потенціал глобального потеплення (GWP). Але згідно з Додатком VI MARPOL, не існує обов'язкових вимог щодо значення GWP для холодоагентів на борту суден.

Холодильне обладнання на судні під прапором ЄС, яке використовує ГФУ з $GWP > 2500$ і кількістю, що відповідає 40 тоннам у CO_2 еквіваленті, заборонено заправляти новим холодоагентом після 1 січня 2020 року та відновленим (таким, що був відібраний з іншого обладнання) холодоагентом після 1 січня 2030 року відповідно до Положення ЄС по регулюванню F-газів [4]. Крім того, регламент DNV GL RulesforShips [5] щодо зменшення забруднення повітря рекомендують використовувати в судновому холодильному обладнанні холодоагенти з $GWP \leq 2000$. Lloyds пропонує «де це можливо, слід використовувати природні холодоагенти, такі як аміак, CO_2 і гідрофторолефіни (HFO)». Для ГФУ встановлюється максимальна межа $GWP=1950$. Ці вимоги відносяться до систем з масою заправки більш ніж 3 кг холодоагенту, але не застосовуються до автономних холодильників, морозильних камер і льодогенераторів [6].

Однак, слід пам'ятати, що вогнебезпечні холодоагенти (A3 і A2 згідно з класифікацією ASHRAE) заборонено використовувати в судновому холодильному обладнанні [6]. Єдиний горючий холодоагент, що дозволено використовувати у судновому холодильному обладнанні це аміак.

В таблиці 1 наведено основні холодоагенти, які на сьогодні можна використовувати у судновому холодильному обладнанні: це холодоагенти, які відносяться до класу безпеки A1 за ASHRAE (окрім аміаку, який також дозволений до застосування на судах), озонобезпечні та такі, що мають GWP менш ніж 2000. Додатково наведено два холодоагенти нового покоління з дуже низьким GWP, але які є «холодоагентами зниженої пожежної небезпеки з максимальною швидкістю горіння ≤ 10 см/с (клас безпеки A2L за ASHRAE)

На сьогодні у практиці заміни холодоагентів з високим GWP (наприклад, R404A) у судновому обладнанні переважно використовується R407F (R32/R125/R134a 30/30/40%). Незважаючи на відносно високий GWP=1670, сьогодні R407F пропонується як основна заміна R404A та R407C у судновому холодильному обладнанні без його модернізування, що є важливим аспектом. Таке значення GWP відповідає сучасним вимогам до холодоагентів на борту засобів морського та внутрішнього водного транспорту, зазначеним вище. Але, слід відзначити, що для нового парокомпресійного обладнання слід підбирати холодоагенти нового покоління з низьким GWP (що відповідає вимогам Кігальської поправки до Монреальського протоколу), тому що в майбутньому очікуються більш суворі вимоги до GWP холодоагентів.

Через неможливість використання в судновому холодильному обладнанні пожежонебезпечних робочих рідин (окрім аміаку) вибір холодоагентів з низьким GWP досить обмежений: це холодоагенти нового покоління (гідрофторолефіни), такі як R1233zd(E), або R744 (CO₂) та R717 (аміак) – табл. 1. Проблема у тому, що для низькотемпературного застосування немає альтернативного холодоагенту з дуже низьким GWP (окрім CO₂ та аміаку). Перспективними є R1234ze(Z) та R1234ze(E), але вони мають клас безпеки A2L – «слабкозаймісті». Очікується переглядання вимог до холодоагентів на суднах в сторону дозволу застосування «слабкозаймістих» речовин (така тенденція вже спостерігається стосовно залізничного транспорту у ЄС де у 2022 р. розглядалося питання дозволу використання холодоагентів класу A2L). В [6] також відзначається перспектива вуглеводнів (клас A3) як альтернативних холодоагентів для суднового застосування.

CO₂ як холодоагент має великі перспективи для транспортного холодильного обладнання [7]. Його перевагою є низька вартість, доступність на ринку. Однак через високий тиск CO₂ обладнання має великі масогабаритні характеристики порівняно з обладнанням на HFC. Крім того, обладнання на CO₂ має багато відмінностей та особливостей у конструкції, що є темою окремих досліджень.

Аміак (R717) використовується тільки на спеціалізованих суднах для обладнання великої потужності з дотриманням певних мер безпеки. Аміак не використовується у холодильному обладнанні малої потужності (холодильні машини провізійних камер та судові кондиціонери повітря на торговельних суднах), тому не може розглядатися як універсальний холодоагент, але, на думку авторів, там де можливо, доцільно встановлювати саме аміачне обладнання, а не обладнання на ГФУ або CO₂, тому що саме аміак забезпечує відмінні енергетичні характеристики холодильної машини.

Таблиця 1 Основні холодоагенти, перспективні для застосування у судновому холодильному обладнанні с GWP<2000 [8, 9]

R номер за класифікацією ASHRAE	GWP (IPCC 2013), кг CO2 (кг холодоагенту)-1	Хімічна формула	Молекулярна маса	Нормальна температура кипіння, °C		Клас безпеки за ASHRAE
R134a	1300	CF3CH2F	102.03	-26.07		A1
R 1234yf	<1	CF3CF=CH2	114.04	-29.45		A2L
R1234ze(E)	<1	CF3CH=CHF	114.04	-18.95		A2L
R1336mzz(Z)	2	CF3CH=CHC F3	164.1	0.78		A1
R1233zd(E)	* ≈1	CF3CH=CHCl	130.5	18.11		A1
R717	-	NH3	17.03	-33.33		B2L
R744	1	CO2	44.01	-78.40		A1
407C	1620	—	86.2	43.8	36.7	A1
407D	1490	—	91	39.4	32.7	A1
407E	1420	—	83.8	42.8	35.6	A1
407F	1670	—	82.1	46.1	39.7	A1
425A	1430	—	90.3	38.1	31.3	A1
426A	1370	—	101.6	28.5	26.7	A1
437A	1640	—	103.7	32.9	29.2	A1
442A	1750	—	81.77	46.5	39.9	A1
448A	1360	—	86.28	45.9	39.8	A1
449A	1280	—	87.21	46.0	39.9	A1
449B	1300	—	86.37	46.1	40.2	A1
450A	547	—	108.67	23.4	22.8	A1
453A	1640	—	88.78	42.2	35.0	A1
513A	573	—	108.4	-29.1		A1

* в довіднику [8] наразі немає інформації про GWP, данні наведено за інформацією виробників

На сьогодні, холодоагенти R407F буде використовуватися широко, з причини мінімальних зміни в конструкції суднового холодильного обладнання (що неможливо при застосування як холодоагентів аміаку та CO2). У подальшому, а думку авторів, буде більше з'являтися на ринку суднового холодильного обладнання на холодоагентах нового покоління, перш за все CO2. Так,

вже пропонуються холодильні машини для рефконтейнерів на CO₂. Але, очікуються зміни у вимогах до холодоагентів, які можна використовувати на борту судна. Таким чином, на думку авторів, холодоагенти з серії гідрофторолефінів (такі як R1233zd(E), R1234ze(E) – табл. 1) з великою долею ймовірності будуть дозволені для суднового холодильного обладнання. Їх використання не буде потребувати змін в конструкції парокомпресійної машини (на відміну від CO₂), але будуть потрібні додаткові заходи пожежної безпеки. Головним недоліком усіх гідрофторолефінів на сьогодні є висока вартість. Але їх властивості добре вивчені [8, 10], а опубліковані дослідження показують перспективи їх використання [11, 12].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hafner I. A., Gabriellii C. H., Widell K. Refrigeration units in marine vessels: Alternatives to HCFCs and high GWP HFCs, Nordic Council of Ministers, Denmark, 2019.
2. Schwarz W. Rhiemeier J.M. The analysis of the emissions of fluorinated greenhouse gases from refrigeration and air conditioning equipment used in the transport sector other than road transport – options for reducing these emissions Maritime, Rail, and Aircraft Sector, Brussels: European Commission. 2007. https://ec.europa.eu/clima/system/files/2016-11/2_maritime_rail_aircraft_en.pdf
3. Methods of calculating total equivalent warming impact (TEWI). Best practice guidelines. Australian Institute of Refrigeration, Air-conditioning and Heating. AIRACH. 2012. https://www.airah.org.au/Content_Files/BestPracticeGuides/Best_Practice_Tewi_June2012.pdf (дата звернення: 06.02.2024 р.)
4. EU F-gas Regulation Guidance Information Sheet 31: Marine Refrigeration and Air Conditioning. Gluckmann Consulting. 2016. <http://www.gluckmanconsulting.com/wp-content/uploads/2014/12/IS-31-Marine-Applications.pdf> (дата звернення: 02.03.2024 р.)
5. Rules for Classification Ships, Part 6, Additional class notations, Chapter 7. Environmental protection and pollution control. Edition DNV GL AS, July, 2019.
6. Working fluids. The Maritime Refrigeration Technology Hub (MRTH). <https://maritimereftechhub.no/working-fluids/> (дата звернення: 02.03.2024 р.)
7. Barta R.B., Groll E.A., Ziviani D. Review of stationary and transport CO₂ refrigeration and air conditioning technologies. Appl. Therm. Eng. 2021. Vol. 185. 116422.
8. ASHRAE Handbook – Fundamentals. American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. Peachtree Corners, GA, USA, 2021.
9. ASHRAE Standard 34, Designation and Safety Classification of Refrigerants
10. Lemmon E. W., Bell I. H., Huber M. L., McLinden M. O. NIST Standard Reference Database 23: Reference Fluid Thermodynamic and Transport Properties-REFPROP, Version 10.0, NIST, Standard Reference Data Program, Gaithersburg, 2018.

11. Wang X., Yan Y., Wright E., Hao X., Gao N. Prospect evaluation of low-GWP refrigerants R1233zd (E) and R1336mzz (Z) used in solar-driven ejector-vapor compression hybrid refrigeration system. *J. Therm. Sci.* 2021. Vol. 30(5). P. 1572-1580.
12. Pigani L., Boscolo M., Pagan N. Marine refrigeration plants for passenger ships: Low-GWP refrigerants and strategies to reduce environmental impact. *Int. J. Refrig.* 2016. Vol. 64. 80-92.

Схемне рішення суднової ежекторної холодильної машини з термоаккумулятором для системи кондиціювання повітря

Метою даної роботи є розробка схемного рішення суднової ежекторної холодильної машини (ЕХМ) з термоаккумулятором, яка працює за рахунок використання теплоти теплоносія котла-утилізатора та забезпечує значну економію електроенергії та скорочення викидів парникових газів порівняно з традиційною судновою парокомпресійною холодильною машиною (ПКХМ).

За прототипом ЕХМ була прийнята одноступенева машина [13] з конічно-циліндричним ежектором. За рахунок встановлення двох ежекторів різної конфігурації [14] схема ЕХМ була адаптована під суднове застосування, яке характеризується змінною у широкому інтервалі температурою конденсації холодоагенту. В попередньому дослідженні авторів [14] відзначалося, що одна з проблем роботи суднових ЕХМ є нерівномірність подачі вторинної теплоти. Впровадження термоаккумулятора у схему ЕХМ допоможе вирішити цю проблему та призведе до економії палива.

У даній роботі оцінюються технічні можливості використання термоаккумулятора для забезпечення тепловою енергією суднової ЕХМ під час перебування судна у порту. В якості термоаккумуляторної речовини був обраний матеріал з фазовим переходом (МФП), з причини високої термоаккумуляторної здатності на одиницю об'єму матеріалу. На рис. 1 показане схематичне рішення запропонованої системи.

Основна відмінність ЕХМ від ПКХМ, які сьогодні широко застосовуються на судах, полягає в тому, що замість компресора, який споживає електроенергію, встановлюється генератор пари, в якому холодоагент кипить за рахунок теплоти з котла-утилізатора, і ежектор, який виконує роль компресора. Від повної заміни генератора на термоаккумулятор було прийнято відмовитися з наступних причин. З причини низького коефіцієнта тепловіддачі від МФП до холодоагенту в режимі розрядки термоаккумулятора, площа теплообмінної поверхні буде дуже великою. Це в свою чергу приведе до збільшення гідравлічних втрат в холодильному контурі. Тому було прийнято рішення забезпечити сумісну роботу генератора і термоаккумулятора. Такий підхід не зможе забезпечити повністю автономну роботу ЕХМ в порту, тобто вона буде мати потребу в теплоті від допоміжного котла, але приведе до зниження навантаження на генератор пари і, як наслідок, до економії палива.

Нижче описано два режими роботи запропонованої ЕХМ з термоаккумулятором.

Режим 1 – зарядка термоаккумулятора (судно в морі). ЕХМ працює, використовуючи тепло теплоносія від котла-утилізатора. Теплоносій від котла-утилізатора подається одночасно на роботу ЕХМ (в генератор пари) і на термоаккумулятор для його зарядки. У термоаккумуляторі теплоносій віддає теплоту МФП, який має температуру плавлення нижче температури теплоносія. Коли весь МФП розплавиться і його температура почне підвищуватися, подача теп-

лоносія в термоакумулятор припиняється. Заряджений термоакумулятор може довго зберігати теплоту за рахунок компактної конструкції та наявності теплової ізоляції.

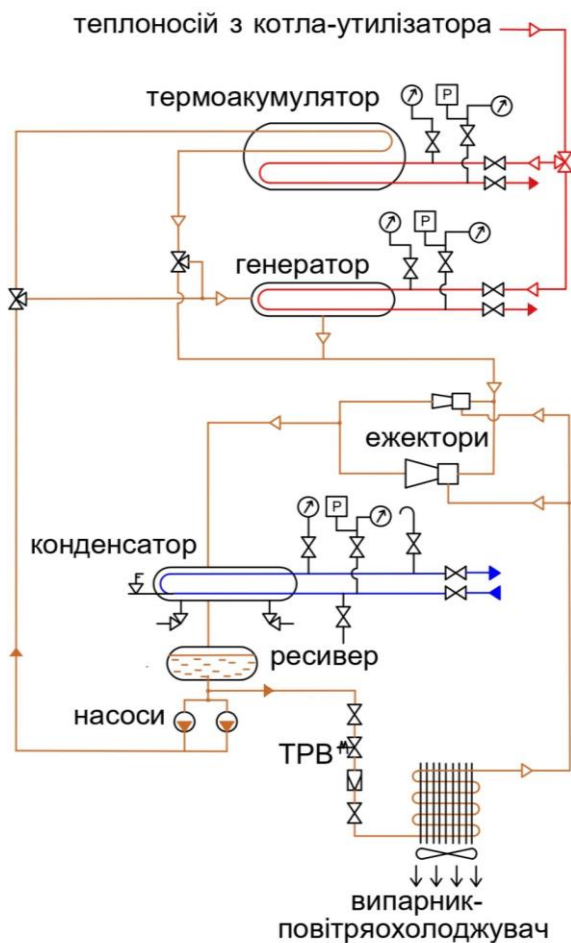


Рисунок 1. Принципова схема суднової ежекторної холодильної машини з термоакумулятором

Режим 2 – розрядки термоакумулятора (судно в порту).

Працює допоміжний котел. Холодоагент (весь або частково), проходить через термоакумулятор та кипить при більш низькій температурі, ніж температура затвердіння МФП. У генератор пар подається теплоносій від допоміжного котла в меншій кількості, ніж коли він працює від котла-утилізатора. Якщо

використовується послідовне підключення термоакумулятор – генератор пара, то вологий пар холодоагенту докипає в генераторі. Якщо використовується паралельне підключення термоакумулятор – генератор, холодоагент ділиться на два потоки, один кипить в термоакумуляторі, інший – в генераторі, потім вони змішуються. Який варіант роботи є більш доцільним належить дослідити та визначити в подальшому. Коли вся теплота МФП вже передана холодоагенту, потік холодоагенту переключений на генератор.

Проаналізувавши оглядові роботи з можливих конструкції термоакумуляторів [18, 19] було виявлено, що більшість з них призначені для потоку одного теплоносія. У запропонованому схемному рішенні ЕХМ з термоакумулятором гарячий теплоносій буде нагрівати МФП, а холодоагент буде забирати від МФП теплоту. Тобто, термоакумулятор повинен мати два контури для теплоносіїв. Найбільш раціональною здається конструкція, яка була запропонована у роботі [20]. Вона і була прийнята за прототип термоакумулятора для ЕХМ – рис. 2.

Вибір МФП для термоакумулятора ґрунтувався на його доступності на ринку. Як МФП був обраний диметилтерефталат (DMT, $C_{10}H_{10}O_4$), який має температуру плавлення $142\text{ }^{\circ}\text{C}$, ентальпію фазового переходу 170 Дж/г , густину близько $1,2\text{ г/см}^3$, а також є нетоксичною речовиною і виробляється в промислових масштабах для хімічної промисловості [21].

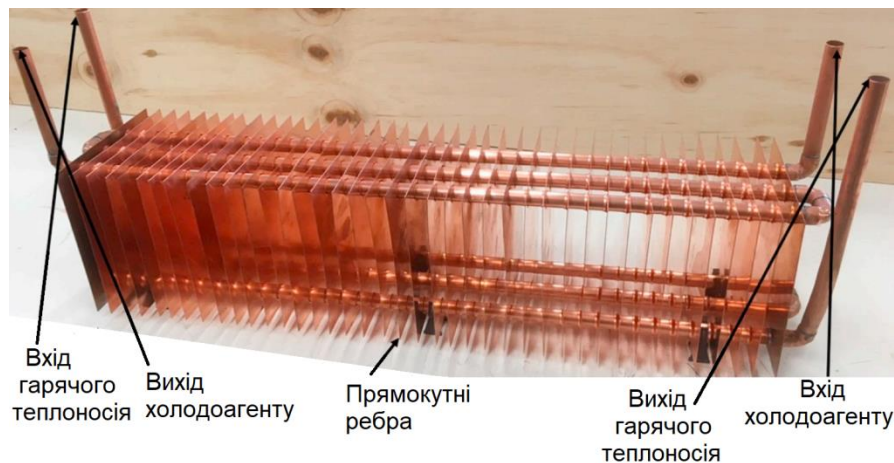


Рисунок 2. Прототип теплообмінної поверхні термоакумулятора для двох теплоносіїв [20], ця конструкція занурюється у термоакумуляційний матеріал з фазовим переходом, який залитий у корпус термоакумулятора

Прийняте технічне рішення термоакумулятора, здається раціональним. Однак автори бачать наступну проблему. Коефіцієнт тепловіддачі від МФП до трубок буде істотно нижче, ніж від холодоагенту що кипить усередині трубок. В роботі [22] коефіцієнт тепловіддачі від МФП до поверхні теплообміну термоакумуляторів в режимі зарядки і розрядки варіювався в інтервалі 5–250 Вт/(м²·К), що є низьким значенням для теплообмінників. Найгіршою інтенсивністю теплопереносу буде під час затвердіння МФП. Поступово навколо трубок із киплячими холодоагентами та на ребрах буде утворюватися товстий шар твердого МФП, теплопровідність якого низька. На думку авторів, це є найбільшою проблемою обраної конструкції термоакумулятора. Її вирішення можливе за рахунок створення розвинутої поверхні теплообміну (ребра), але велика довжина трубок по холодоагенту небажана з точки зору збільшення гідрравлічних втрат. Варіантами рішення може бути додавання невеликої кількості вуглецевих наноструктур або металевої вати для підвищення теплопровідності МФП [10-12].

На думку авторів, запропоноване технічне рішення ЕХМ з термоакумулятором доцільно впроваджувати на суднах з короткими переходами і частими заходами в порт (контейнеровози, пасажирські судна).

На основі проведеного попереднього аналізу авторами сформульовані завдання, які потребують подальшого вирішення:

- проаналізувати за допомогою CFD моделювання коефіцієнти тепловіддачі при охолодженні та затвердінні МФП (чистого та з домішками наноструктур) в термоакумуляторі;
- вирішити задачу оптимізації масо-габаритних характеристик термоакумулятора для різних типів суден з різною тривалістю рейсів і стоянок у портах; як критерій оптимізації автори планують використовувати питомі витрати палива на вироблення одиниці холоду ЕХМ, та питомі викиди парникових газів на одиницю холоду.
- оцінити раціональну частку теплового навантаження генератора пара-ЕХМ, яка може бути замінена теплом від термоакумулятора для різних типів суден з різною тривалістю рейсу та стоянки в портах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1..Khliyeva O.Ya., Zhelezny V.P., Nikulin A.G., Lapardin M., Ivchenko D.O., Palomo del Barrio E. Paraffin wax enhanced with carbon nanostructures as phase change materials: preparation and thermal conductivity measurement. *IEEE 11th Int. Conf. "Nanomaterials: Applications & Properties" (NAP-2021)*, Odesa, Ukraine, Sept. 5-11, 2021.
- 2.Zhelezny V., Ivchenko D., Hlek Ya., Khliyeva O., Zajdel P., Shestopalov K., Khliiev N., Grosu Y. Effect of fullerene C60 on phase transition enthalpy of paraffin wax: Calorimetry and structural analysis. *Journal of Energy Storage*. 2023. Vol. 72. 108713.
- 3.Khliyeva O., Zhelezny V., Paskal A., Hlek Y., Ivchenko D. The effect of metal wool on the charging and discharging rate of the phase transition thermal storage material. *East.-Eur. J. Enterp. Technol.* 2021. Vol. 4, Iss. 5(112). P. 12–20.
4. Chen G., Ierin V., Volovyk O., Shestopalov K. Thermodynamic analysis of ejector cooling cycles with heat-driven feed pumping devices. *Energy*. 2019. Vol. 186. 115892.
5. Shestopalov K., Khliyeva O., Ierin V., Konstantinov O., Khliiev N., Neng G., Kozminykh M. Novel marine ejector-compression waste heat-driven refrigeration system: Technical possibilities and environmental advantages. *Int. J. Refrig.* 2024. Vol. 158. P. 202-215.
6. Zayed M.E., Zhao J., Li W., Elsheikh A.H., Elbanna A.M., Jing L., Geweda A.E. Recent progress in phase change materials storage containers: Geometries, design considerations and heat transfer improvement methods. *Journal of Energy Storage*. 2020. Vol. 30. 101341.
7. Rogowski M., Andrzejczyk R. Recent advances of selected passive heat transfer intensification methods for phase change material-based latent heat energy storage units: A review. *Int. Commun. Heat Mass Transfer*. 2023. Vol. 144. 106795.
8. Mazhar A.R., Shukla A., Liu S. Numerical analysis of rectangular fins in a PCM for low-grade heat harnessing. *Int. J. Therm. Sci.* 2020. Vol. 152. 106306.
9. Gasia J., Martin M., Solé A., Barreneche C., Cabeza L.F. Phase change material selection for thermal processes working under partial load operating conditions in the temperature range between 120 and 200 C. *Appl. Sci.* 2017. Vol. 7(7). 722.
10. Taghilou M., Khavasi E. Thermal behavior of a PCM filled heat sink: The contrast between ambient heat convection and heat thermal storage. *Appl. Therm. Eng.* 2020. Vol. 174. 115273.

Удолатій В.Б.,

Національний університет «Одеська морська академія»

Процеси десульфурзації: останні розробки та вдосконалення

Анотація. Впровадження більш суворих правил ІМО щодо викидів з суден призводить до пошуку нових рішень, включаючи і десульфурацию димових газів. Скрубери з морською водою є ефективним інструментом для видалення SO_x з димових газів на суднах, хоча розчинність SO_x у морській воді нижча, ніж у традиційних методах. Існує також багато обмежень, які слід враховувати при розгляді питань десульфурзації. У цій статті розглядаються існуючі конфігурації систем сіркоочищення і можливі варіанти покращення продуктивності процесу.

Ключові слова: екологічні норми, процес десульфурзації, морські скрубери, відпрацьовані гази.

Udolatii V.B., assistant

National University «Odesa Maritime Academy»

DESULPHURIZATION PROCESSES: RECENT DEVELOPMENTS AND IMPROVEMENTS

Annotation. The implementation of stricter IMO regulations on ship emissions is leading to the search for new solutions, including flue gas desulphurization. Seawater scrubbers are an effective tool for removing SO_x from flue gas on ships, although the solubility of SO_x in seawater is lower than in traditional methods. There are also many limitations to consider when considering desulphurization. This article discusses existing desulphurization system configurations and possible options for improving process performance.

Keywords: ecological standards, desulphurization process, seawater scrubbers, exhaust gases.

Останніми роками докладалися узгоджені зусилля зі скорочення і регулювання викидів, створюваних судноплавним сектором. Технології скорочення викидів можна розділити на три основні галузі: технології в двигуні, технології, пов'язані з паливом, і технології очищення вихлопних газів. До основних компонентів вихлопних газів дизельних двигунів належать N_2 , O_2 , H_2O , CO , CO_2 , SO_x , NO_x , вуглеводні та тверді частки [5]. Більшість технологій скорочення викидів пов'язані з викидами NO_x і SO_x через їх шкідливий вплив на морське середовище.

Для ефективного контролю викидів SO_x життєздатним варіантом є десульфурация димових газів (ДДГ), оскільки мокрі процеси становлять приблизно 87 % процесів, які використовуються в усьому світі [7]. Установки з десульфурзації димових газів широко використовуються для уловлювання SO_x як з наземних станцій спалювання, так і з вихлопів судових дизельних двигунів. Морська вода вважається дуже привабливим абсорбентом завдяки її природній лужності та доступності.

Чинні норми щодо викидів SO_x морського транспорту (IMO Marpol) стають все більш жорсткими і вимагають підвищення ефективності сіркоочищення і, в той же час зменшення розмірів установок, особливо для морського флоту, де простір дуже обмежений [1].

Скруберу, який є однією зі стратегій боротьби із забрудненням довкілля, зазвичай надають перевагу, оскільки він дає змогу суднам працювати з меншими витратами на паливе, використовуючи важке паливе за умови дотримання обмежень щодо SO_x. Відповідно до цього зростання кількості скрубєрів на судах продемонстровано на рисунку 1.

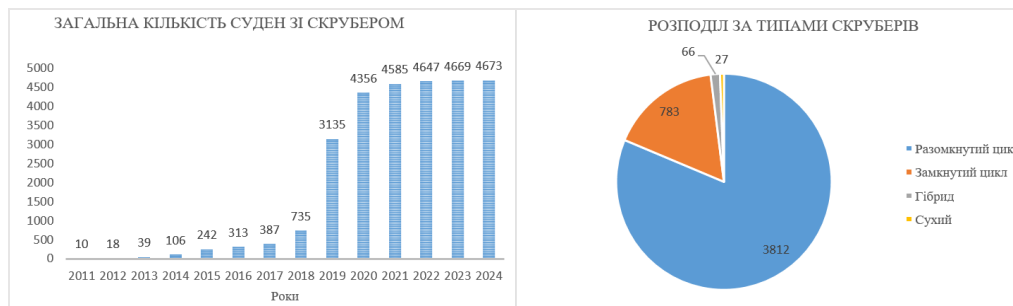


Рисунок 1 – Зростання загальної кількості суден зі скрубєрами[4]

Як показано на рисунку 2, скрубєри поділяються на дві категорії: сухі та мокрі. У цій роботі розглядаються тільки мокрі скрубєри. Ефективність видалення SO_x може варіюватися залежно від типу скрубєра.

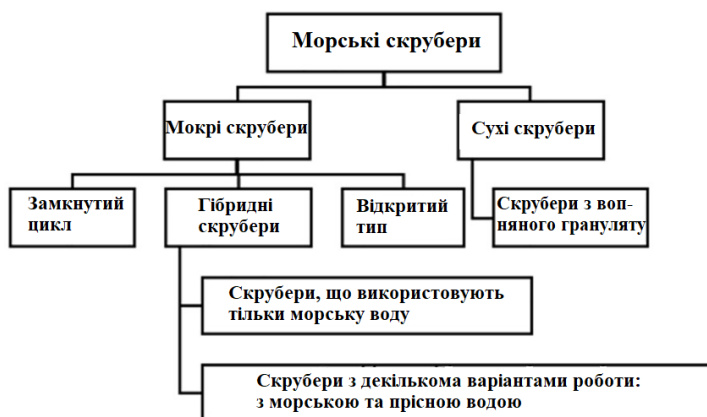


Рисунок 2 – Класифікація морських скрубєрів за принципом роботи

Конструкції мокрих скрубєрних систем існують у трьох категоріях: відкритого циклу, замкнутого контуру та гібридні. У системі із замкнутим контуром використовується хімічно оброблена прісна вода, тоді як у системі з відкритим контуром використовується морська вода, яка подається з океану і контактує з вихлопними газами (ВГ) перед скиданням в атмосферу. Лужність, властива морській воді, використовується для поглинання SO_x. За замкнутого циклу вода зі скрубєрної вежі збирається і рециркулює. Лужну речовину, таку як гідроксид натрію (NaOH) або гідроксид магнію (Mg(OH)₂), додають у циркулюючу воду для підвищення лужності та розчинності SO_x. NaOH є сильним електролітом і може легко розчинятися у воді. З іншого боку, Mg(OH)₂ лише слабо розчинний, тому не призводить до різкого підвищення рН розчину. При

використанні NaOH, після скрубера не утворюється токсичний продукт, тому установка очищення стічних вод відносно проста. Однак розчин з високим рН шкідливий для трубопроводів і агрегатів. На відміну від цього, $Mg(OH)_2$ менш шкідливий для системи, але необхідний додатковий процес обробки відходів, оскільки утворюється токсична речовина - сульфід магнію. Більша частина відпрацьованої суспензії та води зберігається в резервуарі в замкнутому режимі, у той час як її скидають в океан у режимі відкритого циклу. Нормативні акти обмежують рН стічних вод, що скидаються морськими суднами. Мінімумально допустимий рН скиду становить 6,5 на відстані 4 метрів від точки викиду за борт. На рисунку 3 схематично показано різницю між роботою з розімкненим і замкнутим контурами. Як правило, роботу з розімкненим контуром використовують у відкритому океані, а роботу із замкнутим контуром використовують у прісній або недостатньо солоній воді, де лужність замала або якщо потрібне нульове скидання. Скрубери з відкритим контуром є найпопулярнішими, на їхню частку припадає близько 81% усіх скруберів (рисунок 1). Доведено, що судноплавні компанії, які мають суховантажі, контейнеровози та танкери, отримують більшу вигоду від встановлення скруберів на своїх судах.

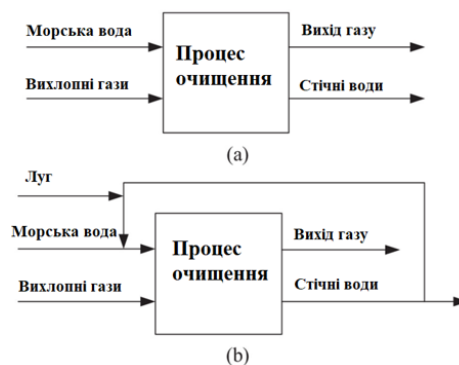


Рисунок 3— Концептуальна схема (а) розімкнутого і (b) замкнутого циклів

Існує дві конструкції скруберів, які найчастіше використовують у морських умовах: І-тип і U-подібний тип. Принципові схеми цих двох типів скруберів представлені на рисунку 3. Основна відмінність між двома типами скруберів полягає в тому, що скрубер U-подібного типу містить у собі секцію попереднього охолодження, де вихлопні гази контактують із частиною води (близько 5%) у паралельному потоці. Охолодження ВГ зменшує його об'єм, що дає змогу зменшити площу скруберної секції. Крім охолодження гарячого вихлопного газу, попередній охолоджувач також дає змогу вловлювати більшість твердих часток (ТЧ). З цих причин скрубери U-типу, як правило, рекомендуються для великих морських суден[5].

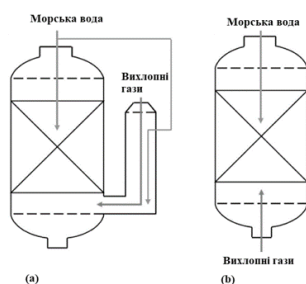


Рисунок 3 – (а) скруббер типу U і (b) скруббер типу I.

На рисунку 4 показано технологічну схему десульфатації з розімкненим контуром. Чиста морська вода, що подається з океану, розділена на шість потоків. Чотири з них спрямовуються в секцію скруббера, а два використовуються для попереднього охолодження. Гарячий потік відпрацьованих газів спочатку контактує з морською водою в секції попереднього охолодження. Після секції попереднього охолодження - потік спрямовується в секцію скруббера [6].

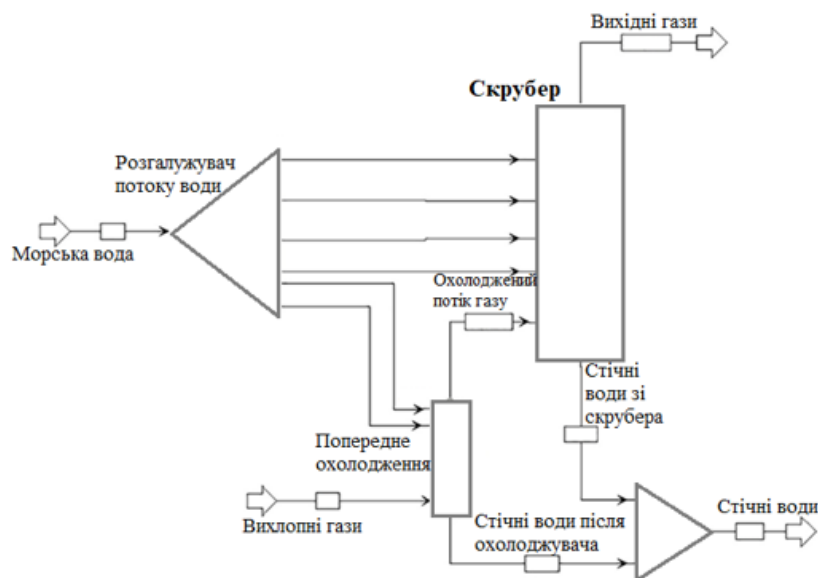


Рисунок 4 – Технологічна схема з відкритим контуром

Рідина із секції попереднього охолодження і секції скруббера змішуються разом, утворюючи потік стічних вод. У цьому потоці контролюється значення рН, щоб підтримувати рН води, що скидається, вище за необхідне значення. Як правило, перед скиданням стічних вод проводиться етап розведення. Свіжу морську воду додають і змішують зі стічними водами для розбавлення солей сірки і підвищення рН. Нарешті, газовий потік, що виходить із верхньої частини скрубберної секції, може бути скинутий в атмосферу.

Технологічну схему десульфатації із замкнутим контуром показано на рисунку 5. NaOH (50% маси у воді) змішується з оборотною морською водою для підвищення рН і підвищення розчинності SOx. Робота секції попереднього охолодження і секції скруббера така сама, як і під час роботи з відкритим контуром. Одна з відмінностей полягає в тому, що температура циркуляційної морської води під час роботи в замкнутому контурі вища, ніж температура свіжої морської води в режимі роботи у відкритому контурі. Циркуляційна

морська вода охолоджується в теплообміннику, але температура залишається вищою, ніж у морської води. Температура циркуляційної морської води перед скруббером коливається в діапазоні від 30 °С до 60 °С [7].

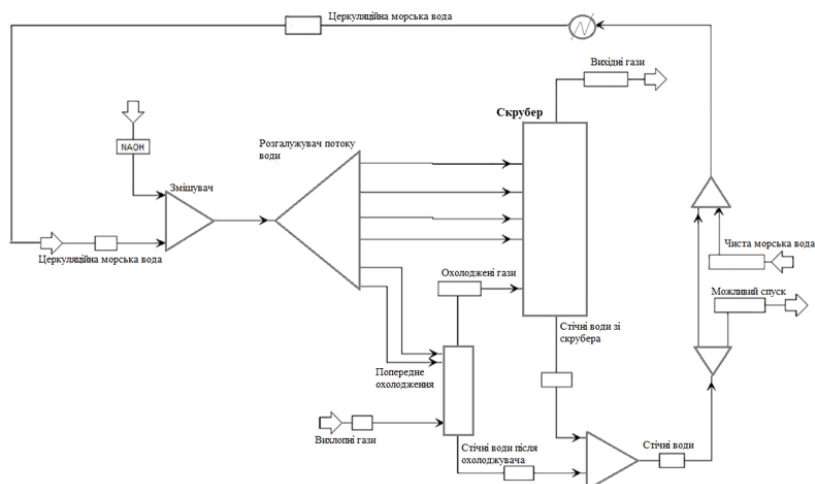


Рисунок 5–Технологічна схема із замкнутим циклом

Після процесу десульфурації на виході міститься чистий газ, очищений від домішок SOx на 93 - 97%. Велика частина стічних вод повертається назад у скруббер через циркуляційний потік, і близько 1% стічних вод скидається за борт судна.

Технологічна схема найскладнішої гібридної системи, яка може працювати як у режимі розімкнутого, так і замкнутого контуру представлена на рисунку 6.

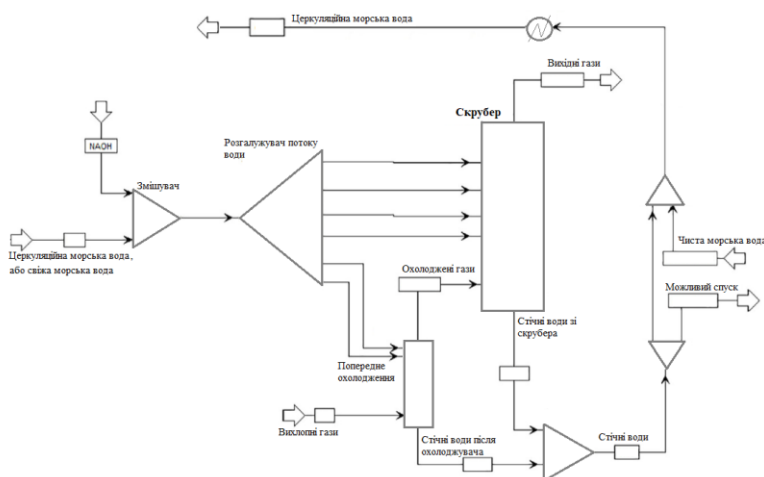


Рисунок 6–Технологічна схема із гібридним типом скрубберної системи

Різниця між розімкненим і замкнутим режимом роботи гібридної системи полягає в тому, що температурний діапазон для роботи в розімкненому контурі залежить від температури морської води і довкілля, а в замкненому контурі він залежить від умов охолодження системи теплообмінника для циркуляції морської води, і температура, зазвичай, вища, ніж у відкритому контурі.

Ще одним важливим параметром є витрата циркуляційної морської води. На відміну від розімкненого контуру, під час рециркуляції морської води мо-

жуть накопичуватися солі сірки, тому ефект від зміни витрати морської води може бути не таким сильним, як під час роботи в розімкненому контурі.

Під час роботи з розімкненим контуром ефективність видалення безпосередньо пов'язана з витратою морської води, оскільки саме лужність, природним чином присутня в морській воді, визначає здатність морської води поглинати SO_x. Однак у замкнутому контурі швидкість потоку NaOH насамперед визначає ефективність поглинання.

Кожна конструкція має певні переваги та недоліки залежно від залученого обладнання, стічних вод, що утворюються наприкінці процесу, обмежень використання і т. ін., як показано в таблиці 1.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки різних типів систем десульфурації

Тип скру- бера	Переваги	Недоліки
Відкритий цикл	- Використовує морську воду - Порівняно проста конструкція системи - Немає вимог до зберігання небезпечних хімічних речовин - Зниження операційних і капітальних витрат	- Ефективність змінюється залежно від лужності морської води - Великий попит на промивну воду - Занадто багато заборон на скидання стічних вод
Замкнутий контур	- Робота не залежить від рівня лужності морської води - Стічні води можуть зберігатися в резервуарах у межах дозволеного об'єму	- Складніша конструкція - Зберігання небезпечних хімікатів для експлуатації - Обмежена робота резервуара для зберігання стічних вод - Потрібно більше обладнання та місця для устаткування - Більш високі операційні та капітальні витрати
Гібридний тип	- Гнучкість в експлуатації (незалежно від регіону експлуатації) - Стічні води можуть зберігатися в резервуарах у межах дозволеного об'єму	- Найскладніша система - Зберігання небезпечних хімікатів для експлуатації - Потрібно більше обладнання та місця для устаткування - Більш високі операційні та капітальні витрати

З 2010 знаходиться в експлуатації першій в світі гібридний скруббер, встановлений на борт судна компанією Aalborg Industries. З того часу було докладено багато зусиль для покращення процесу десульфурації.

Знесірчення димових газів морською водою (SWFGD) вважається життєздатним рішенням для застосування на морських судах. Однак цей процес має ряд недоліків, включаючи корозійну активність абсорбенту, низьку здатність поглинання пари, оскільки розчинність оксидів сірки у морській воді нижча, ніж у вапняку, що використовується у традиційних методах, значну витрату морської води, великі розміри обладнання. Це спонукає до пошуку можливих вдосконалених конфігурацій для підвищення продуктивності про-

цесів SWFGD[2]. Процеси десульфурації можуть бути покращені завдяки використанню окислювачів у розчині морської води, які дозволяють більш ефективно поглинати SOx завдяки окислювальним механізмам, які призводять до утворення сульфатів. Ця технологія може запропонувати значну економію капітальних та експлуатаційних витрат, що також пов'язано зі зменшенням розміру устаткування, оскільки вимагає меншого споживання води. Однак, високоефективне окислювальне реагенту, потребує обов'язкової оптимізації його дозування. Кілька вдосконалених систем десульфурації, які нещодавно надійшли в експлуатацію та одночасно задовольняють нормативним вимогам, мають високу ефективність і є досить компактними. Компанія MitsubishiHitachiPowerSystems, Ltd. розробила прямокутну систему FGD, що дозволило покращити схему установки, а компанія HanbalMasstechLtd запатентувала компактні, гнучкі установки прямокутної форми, які займають найменш можливу площу. Скрубери SOx виробництва FujiElectric використовують циклонну технологію. За цією технологією можна ефективно привести морську воду (або лужні хімікати) і вихлопні гази в контакт, створюючи вихор у вихлопних газах з одночасним розпиленням морської води з труб, розташованих спіралью (рисунки 7) [4]. Циклонна технологія може бути застосована на існуючих судах з обмеженим монтажним простором.

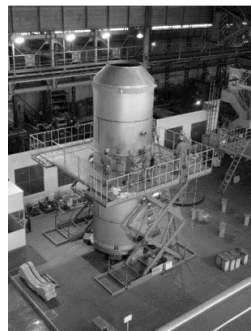


Рисунок 7– Скрубер SOx з використанням циклонної технології.

Крім того, існує потреба у дослідженні добавок, що підвищують ефективність видалення SO₂. Для досягнення кращих гідравлічних характеристик для підвищення ефективності видалення SO₂ необхідно розробити високоефективні розпилювачі та розподільники пари [3].

Інтеграція обробки SOx з іншими газами, як очікується, буде більш компактною і знизить інвестиційні та експлуатаційні витрати. Тому багато досліджень спрямовані на одночасне видалення SO₂ разом із NOx та/або CO₂ в одному процесі за допомогою мокрого скрубінгу. Нещодавно концепція одночасного видалення SOx і NOx з використанням морської води була розроблена компанією YaraMarineTechnology [8].

Висновки

Знесірчення димових газів морською водою можна розглядати як технічно й економічно надійну технологічну схему для установок зі спалювання викопного палива завдяки природній лужності та доступності морської води,

простоті технологічного процесу, відсутності необхідності в хімічному сорбенті, відсутності твердих відходів і відносно високій ефективності видалення.

Однак, при розгляданні процесу десульфурації потрібно враховувати багато обмежень, а також тенденцію до покращення продуктивності процесу з точки зору компактності, зменшення ваги скрубера, енергоефективності, зниження споживання морської води. Було виявлено, що кілька вдосконалених та інтенсифікованих скрубєрних систем були реалізовані на суднах, що призвело до багатьох переваг, таких як більша компактність, менша вага, вища енергоефективність і менше споживання морської води. Через обмежений простір на суднах, методології одночасного видалення SO_x та інших газів можуть розглядатися як хорошим напрямом у майбутньому. Проте, щоб досягти вдосконалення та інтенсифікації процесів у скрубєрних системах необхідні подальші дослідження моделей, розробка інструментів проектування.

Крім того, необхідно провести техніко-економічний аналіз та аналіз життєвого циклу морських скрубєрних систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. UNCTAD. Review of Maritime Transport 2020; United Nations; Geneva, Switzerland; 2020.

2. Удолатій В.Б. Огляд методів зниження токсичності газових викидів судових енергетичних установок від оксидів сірки // матеріали XII Міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» – Одеса: НУ "ОМА". – 2022. – С. 146-150.

3. Удолатій В.Б. Оцінка ефективності роботи систем очищення димових газів морських суден при використанні скрубєрів//матеріали науково-технічної конференції "Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт" – Одеса: НУ "ОМА". – 2023. – С. 229-239.

4. Удолатій В.Б. оцінка ефективності інвестицій в скрубєрні системи на морських суднах // Матеріали XIII міжнародної науково-технічної конференції «Суднова електроінженерія, електроніка і автоматика» – Одеса: НУ ОМА, 2023. – С. 245-248

5. Фладжіелло Д., Каротенуто К. Тверді частинки у вихлопних газах судових дизельних двигунів: викиди та стратегії контролю. Переклад. Res. Part D Transp. Навколишнє середовище. 2015, 40, 166–191. [Електронний ресурс]

6. Сасаки Р., Нагаясу Т., Шингу, Т. Практична розробка морського скрубєра SO_x для мегаконтейнеровозів. MitsubishiHeavyInd. Tech. Rev. 2019, 56, 1–8.

7. Лю Я., Денг М., Юань Я. Процес десульфурації димових газів на аераційній мембрані з абсорбцією морською водою, інтенсифікований поєднанням двофазного потоку та реакції окиснення. Chem. Eng. Process. 2020, 153, 107935. [Електронний ресурс]

8. Ібрагім С. Оцінка процесу концепції очищення вихлопних газів від SO_x та NO_x для морського застосування; Департамент енергетики та навколишнього середовища, Технологічний університет Чалмерса: Гетеборг, Швеція, 2016.

Increasing the Efficiency of Marine Engine Parametric Diagnostics Based on Analyses of Indicator Diagrams and Heat-Release Characteristics

A commonly used diagnostic method to assess the quality of the combustion process in a marine engine is the measurement of cylinder pressure as a function of the angle of rotation of the crankshaft (CA). The analysis of changes in the values of indicated parameters read and calculated from indicator diagrams is used for diagnostic purposes, e.g., to identify faults in injection systems. This method has many advantages: measurements are obtained from a running engine, engine shutdown is not required, indicator diagrams and indicator parameter values are obtained almost immediately, and the course of cylinder pressure provides an overview of the quality of the combustion process.

The problems of the diagnosis and monitoring of the combustion process in the cylinder of a marine engine based on cylinder pressure measurements have been solved by many leading companies producing marine engines, such as MAN Diesel & Turbo, Wärtsilä, as well as others powered by gas fuel. Wärtsilä offers the latest diagnostic and monitoring system, UNIC, which uses the combustion pressure value.

MAN Diesel & Turbo uses the PMI System, also based on the cylinder pressure measurement, to control and diagnose its engines. In addition to marine engine manufacturers, other companies also use this diagnostic method—formerly mechanical, now electronic—offering a variety of indicators. These include Kistler, ABB, and ICON RESEARCH as well as Optrand, Autronika, Norcontrol, ASEA, AEG, ABB, and STL. In the stationary or portable indicators offered, cylinder pressure sensors are placed on indicator cocks or in special adapters outside the combustion chamber. This introduces large harmful spaces between the pressure sensor and the combustion chamber, which causes disturbances and distortions to the cylinder pressure measurement results.

Many scientists have examined cylinder pressure interference caused by measurement channels. All stated that the following phenomena may occur in measurement channels:

- A delay in the pressure pulse due to the time required for the pressure wave to move through the channel;
- Acoustic resonance of the gas column and wave phenomena in the connecting channel;
- Changes in pressure acting on the sensor measuring node due to throttling or acceleration of the flow through the channel;
- Gas velocity acceleration due to measuring channel cross-section changes.

Taking the above into account, three different locations for cylinder pressure sensors were used in the tests as part of this research, including omitting the influence of the measuring channels. The diagnostic database was also extended with the parameters of the heat-release function.

Research Preparation

A medium-speed, four-stroke marine diesel engine Sulzer 3AL 25/30 was used.

To avoid the above-mentioned disturbances during cylinder pressure measurements, was installed the pressure sensor directly into the combustion chamber of engine. The pressure sensors were arranged according to the diagram shown in Fig. 1.

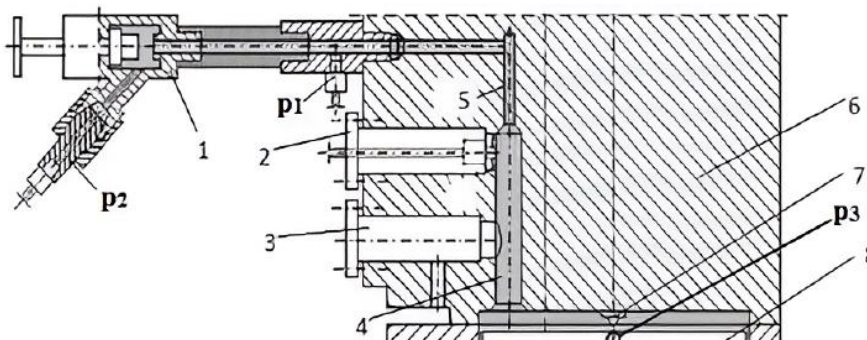


Fig. 1. The arrangement of cylinder pressure sensors in the engine head for experimental tests.

p1: sensor mounted in a special adapter between the indicator valve and the connecting channel; p2: pressure sensor

mounted after the indicator valve; p3: pressure sensor mounted in the prepared mounting hole of the cylinder liner flange; 1: indicator valve; 2: start valve; 3: head safety valve; 4: cylinder connecting channel; 5: measurement channel; 6: cylinder head; 7: injection valve; 8: combustion chamber.

A new and innovative measuring place was established in the mounting hole in the cylinder liner flange, marked as p3 in Figures 1.

For an in-depth analysis of the indicator diagrams by means of the analysis of heat release characteristics, a single-zone model of heat release was used. The modeling of heat release begins with the equation of the first law of thermodynamics. For an open system it is as follows:

$$dU = \delta Q - \delta W - \sum \delta m_i h_i$$

where dU is the change in the internal energy of the charge in the cylinder, dQ is the elementary heat supplied to the system, dW is the elementary work performed by the system, dm_i is the elementary amount of the substance exchanged across the boundaries of the system (i.e., blow-by and fuel supply), h_i is the specific enthalpy of gas.

Results and discussion

To compare the results, research was conducted that consisted of the simultaneous measurement of the combustion pressure in three different places in one engine cylinder. The research was performed on a technically efficient engine operating with selected damage simulations in three engine systems: the fuel injection, the working-medium exchange and the piston–piston rings–cylinder (PRC) system. Fig. 2 and Tab. 1 show the test results in the form of indicator diagrams. From these diagrams, was calculation of the indicated parameters for an engine operating without damage. The engine load was 75% of the maximum continuous rating (75% MCR).

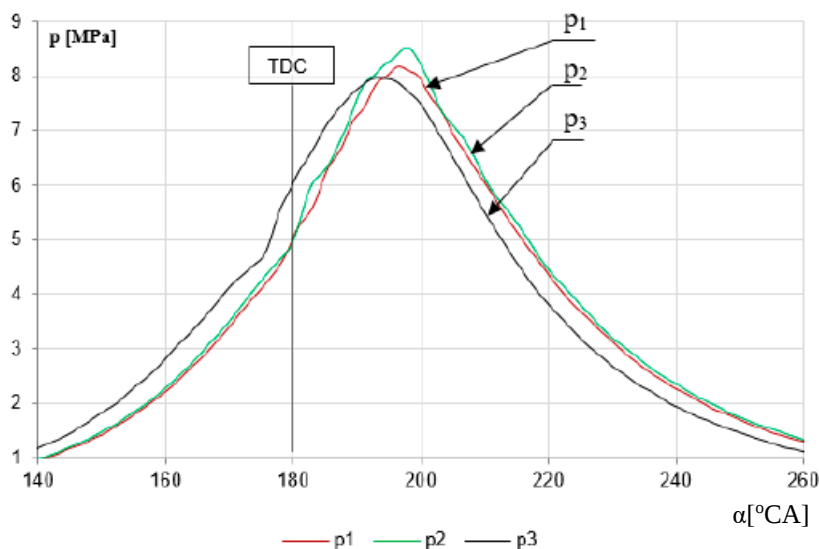


Fig. 2. Indicator diagram recorded at three different locations in an engine cylinder with the engine operating at 75% MCR: the arrangement of cylinder pressure sensors in the engine head shown in Fig. 1, TDC: piston top dead center

Table 1. Values of indicated parameters, recorded in three different places in one cylinder of an engine, operating without damage at a load of 75% MCR

Indicated Parameters	p1	p2	p3
MIP (MPa)	0.79	0.81	0.79
$p_{\max}$ (MPa)	8.18	8.53	7.96
$\alpha p_{\max}$ (° CA)	16.5	18.0	13.5

In table: MIP—mean indicated pressure, $p_{\max}$ —maximum combustion pressure, $\alpha p_{\max}$ —the angle of occurrence $p_{\max}$ after TDC

As shown in Fig. 2, clear differences were apparent in the course of the cylinder pressure depending on the position of the pressure sensor. These, for example, included: the maximum value of the combustion pressure ($p_{\max}$) measured at p3, which was noticeably lower than the pressures measured at other measurement points.

When analyzing the indicated parameters in Tab. 1, we noticed, In particular, the following: the values of the mean indicated pressure (MIP) for the measurements at points p3 and p1 were similar, and the value of the pressure read on the indicator cock was the highest.

Fig. 3 shows the heat-release characteristics, Q_n and q , obtained from cylinder pressure waveforms recorded at three different measuring points. The cylinder pressure measurement location had a significant influence on the shape of the heat-release characteristics as well as the values read from them.

Heat-release characteristics, Q_n and q , recorded (Fig. 3) at three, different places in an engine cylinder, shown in Fig. 1, operating without damage at a

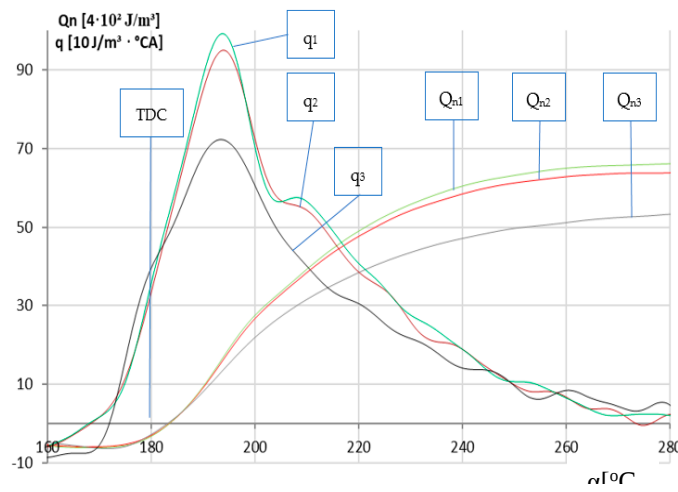


Fig. 3. Characteristics of heat-release

load of 75% MCR.

As a result of the analysis performed in the second section of this paper on

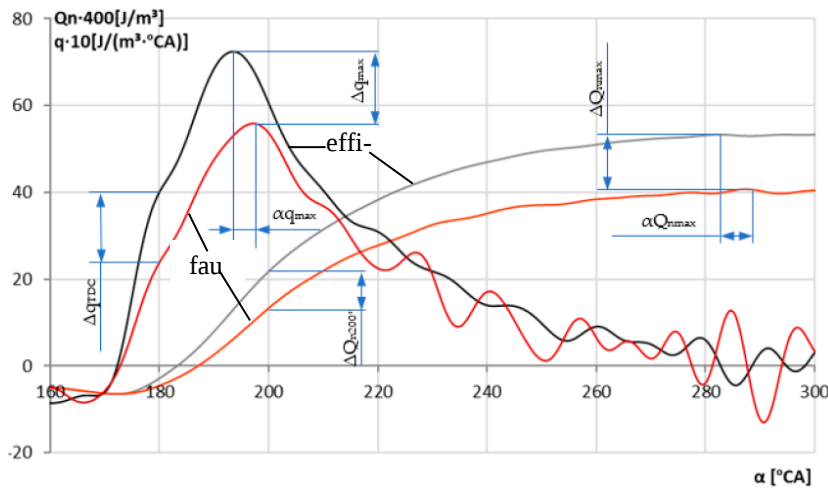


Fig. 4. Characteristics of heat-release characteristics, Qn and q , ordered without measuring channels from an engine operating with damage to the injection system and a load of 75% MCR.

cylinder pressure measurement errors generated by measuring channels and indicator cocks, only the measurement results read from measurement point p3, i.e., read directly from the cylinder liner flange, are analyzed in the remainder of this article. Fig. 4 shows the characteristics of heat release for a technically engine operating with a fault in the injection system. Selected characteristic values have also been marked. These values the authors for Δq_{max} , Δq_{TDC} , $\Delta \alpha q_{max}$, ΔQ_{nmax} , $\Delta \alpha Q_{nmax}$ and ΔQ_{n200} could be treated as new and innovative diagnostic symptoms.

These may be useful in the diagnostic process of marine engines.

Tab. 2 presents the values of the selected parameters of the heat-release characteristics for a technically efficient engine, which were treated as reference values (column 2), for an engine operating with damage to the fuel injection system, charge exchange, and piston–piston rings–cylinder (PRC) PRC system (columns 3, 5, and 7). Columns 4, 6, and 8 in Tab. 2 show the difference the values of the reference parameters and the parameters obtained for the damage.

When analyzing the values contained in Tab. 2, may be concluded, that damage to the injection system had the greatest impact on the values of the selected pa-

rameters (except for parameter Q_{nmax}). For the remaining damage, changes in the values of selected parameters were noticeable, but they were subtle.

Table 2. Values of selected parameters of the heat-release characteristics of an engine operating without and with damage to the fuel injection system, charge exchange, and PRC system with a 75% MCR

1	2	3	4	5	6	7	8
Selected Parameters	Engine Running Without Damage	Leakage of the Injection Pump	Difference (Column 2–Column 3)	Dirty Compressor Air Filter	Difference (Column 2–Column 5)	Combustion Chamber Leakage	Difference (Column 2–Column 7)
q_{lmax}	72.47	55.78	16.69	64.01	8.46	66.59	5.88
αq_{lmax}	193.50	197.00	–3.50	194.00	–0.50	195.50	–2.00
q_{ITDC}	4.13	23.88	16.25	34.26	5.87	35.08	5.05
Q_{nmax}	54.44	41.58	12.86	52.16	2.28	52.21	2.23
αQ_{nmax}	323.50	323.50	0.00	323.00	0.50	322.00	1.50
Q_{n200°	21.90	13.40	8.50	19.64	2.26	20.69	1.21

CONCLUSIONS

For the research conducted with the selected damage to the above-mentioned engine systems, a greater diagnostic usefulness of indicator diagrams and indicated parameters was observed when the cylinder pressure measurement was obtained without measuring channels.

The report indicates new, innovative diagnostic symptoms. (Δq_{lmax} , Δq_{ITDC} , $\Delta \alpha q_{lmax}$, ΔQ_{nmax} , $\Delta \alpha Q_{nmax}$ and ΔQ_{n200}). The various damages to the injection system had the greatest impact on the values of the selected parameters determined on the basis of the analysis of the heat-release functions.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Wysocki J. Increasing the Efficiency of Marine Engine Parametric Diagnostics Based on Analyses of Indicator Diagrams and Heat-Release Characteristics/ J. Wysocki, K. Witkowski //Energies, 2023.- 16.- 6240. - p.13.- <https://www.mdpi.com/journal/energies>

Effects of injection strategies on low-speed marine engines using the dual fuel of high-pressure direct-injection natural gas and diesel

Pilot-ignited high-pressure direct-injection (HPDI) natural gas engines have drawn much attention since being proposed, as these engines can maintain high performance and lead to clean combustion compared with conventional diesel engines.

Different types of gas engines have been summarized in the literature. These engines, categorized mainly by two different ignition principles, operate primarily either by diffusion or by premixed combustion. When burned with diffusion combustion, a pilot of diesel fuel is usually injected into the hot air slightly prior to the injection of natural gas and serves as an ignition source. Natural gas is directly injected into the cylinder near the top dead center (TDC), and this injection requires a high gas injection pressure, that is, 250-300 bar.

This prospective concept is not only used in vehicle engines but also used in large scale marine engines. In this study, the effects of injection strategies of dual fuels on combustion characteristics and emissions were investigated using the computational fluid dynamics (CFD).

Computational investigations were conducted on a MAN Diesel & Turbo 4T50ME-GI research engine, which is a four cylinder, low speed, two stroke, uni-flow scavenged marine engine, with an electronically controlled exhaust valve and fuel injection system modified from those of the 4T50ME-X engine to introduce

Table 1 Main specifications of the	4T50ME-GI research engine
Parameters Value	Type 4T50ME-GI
Number of cylinders 4	Bore/stroke 500 mm/2200 mm
Geometric compression ratio 18.14	Engine speed @ MCR 123 rpm
Power @ MCR 7050 kW	IMEP @ MCR 20 bar

natural gas combustion.

Two groups of injectors are symmetrically equipped on the cylinder head to ac-

complish the flexible injection strategies fueled with gas/diesel. Fig. 1 shows an illustration such an arrangement such an arrangement.

When switching to the diesel mode, a heavy fuel oil (HFO) amount that covers the full load is injected from the pilot injectors. In the dual-fuel mode, marine diesel oil (MDO) or HFO is first injected as a pilot fuel, and when the pilot flame reaches the front face of the gas injector nozzle, natural gas is injected.

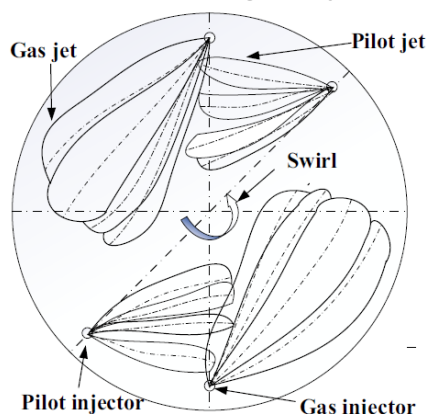


Fig. 1. Arrangement of fuel injectors

The natural gas is ignited immediately by the pilot flame.

Numerical simulation model

The simulation code used in research is the 3D CFD software CONVERGE,36 a commercially available CFD code.

Results and discussion

A parametric study was conducted to study the effects of injection strategies on the combustion characteristics and emissions of high-pressure direct-injection low- speed natural gas engines operated at 75% load conditions ($n = 112$ rpm).

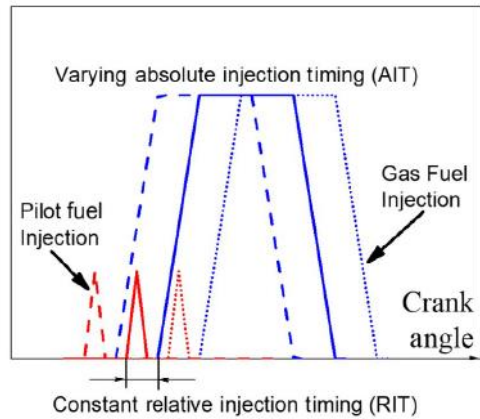


Figure 2. Schematic of the fuel injection sequence

Both the AIT (absolute injection timing - the injection interval keeping constant, simultaneously advances or retards the pilot fuel injection timing, and gas injection timing) and RIT (the pilot fuel injection timing was fixed at -2°CA ATDC and the gas injection timing was advanced or retarded from -1°CA

ATDC) are used. A schematic of the injection sequence is shown in Fig. 2.

The in-cylinder pressure and HRR profiles at different AITs are shown in Fig. 3. A normal combustion process in an HPDI gas engine is identified to take place over five stages (Fig. 4), which mainly include the pilot fuel ignition delay, pilot fuel premixed combustion, rapid combustion the pilot injection timing and gas injection timing retarded, the ignition delay times are changed

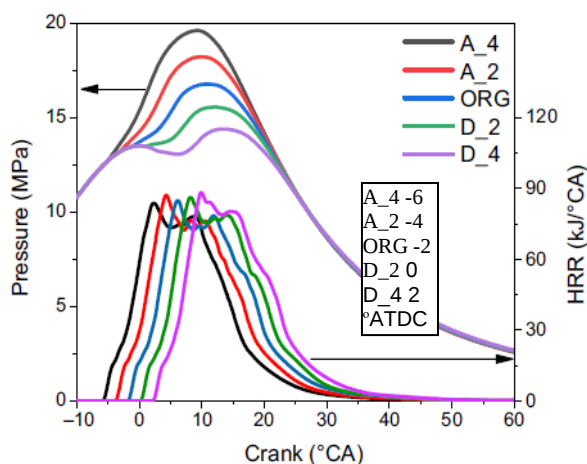


Figure 3. The in-cylinder pressure and heat release rate profiles at different absolute injection timings (AIT)

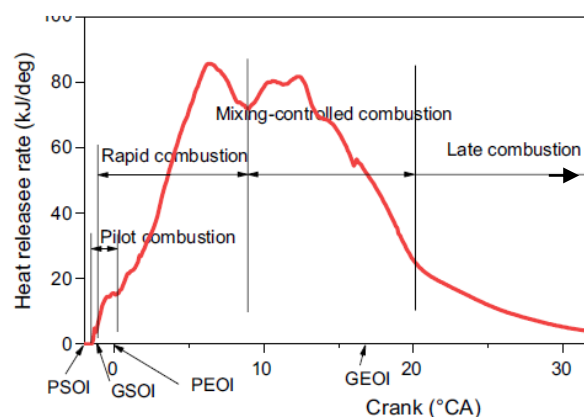


Figure 4. Typical heat release rate diagram. "P" and "G" donate the pilot and natural gas fuels, "SOI," and "EOI" refer to start and end of injection

slightly, and the start of combustion is delayed. Naturally, the combustion phase characteristic with a much retarded AIT timing due to the late main heat release, where the first peak takes place at the top dead center as a consequence of the retarded initiation of combustion events, while the second peak induced by the heat release of main fuel natural gas occurs after a drop caused by the downward movement of piston in the expansion stroke.

The in-cylinder temperature is considered to be one of the key parameters for controlling the autoignition process. Figure 5 depicts the variations in the calculated mean in-cylinder temperature at different AITs. The peak mean in-cylinder temperature decreased from 1704 to 1604 K when the AIT varied from A_4 to D_4, with a retarded peak phasing and a correspondingly higher proportion of late combustion. As the AIT is retarded, the start of combustion is delayed, providing less time for mixing, reducing the fuel utilization efficiency.

Accordingly, the combustion gets worse, and the peak mean in-cylinder temperature decreases.

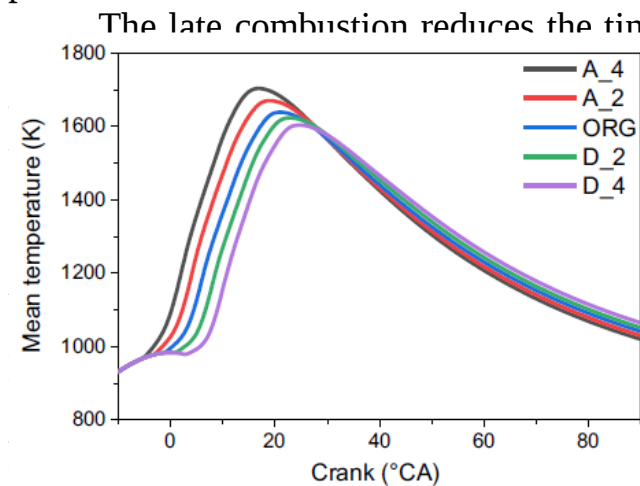


Figure 5. The calculated mean in-cylinder temperature vs crank angle for different absolute injection timings

as the late combustion reduces the time between combustion and exhaust valve opening, the kinetics of oxidation to occur. The re-temperature generally decreases NO_x but increases CO and soot, and exhaust temperatures. A, 5°CA, 10°CA, 15°CA, and 20°CA 1 slice, the temperature is present on the ht. The black line with the arrow represents the contribution of the entrainment of the g and combustion can be seen. Delayed the original (ORG) case, a large high-temper- or the D_4 case. Combustion does not start ion of gas fuel (larger than 2.0) but in areas with an appropriate equivalent ratio (1.0~2.0). A low equivalent ratio region (<0.4), which cannot be ignited, initially exists between the cylinder wall and the gas jet direction and also exists in the intermediate region of the cylinder in the late combustion stage. Additionally, a large combustion region with high temperature can also be seen near the cylinder wall, and this region may result in a high thermal load for the engine cylinder and adverse effects on the emissions. To solve these problems, a better distribution of fuel and air may be achieved by optimizing the gas injector arrangement and in- cylinder airflow.

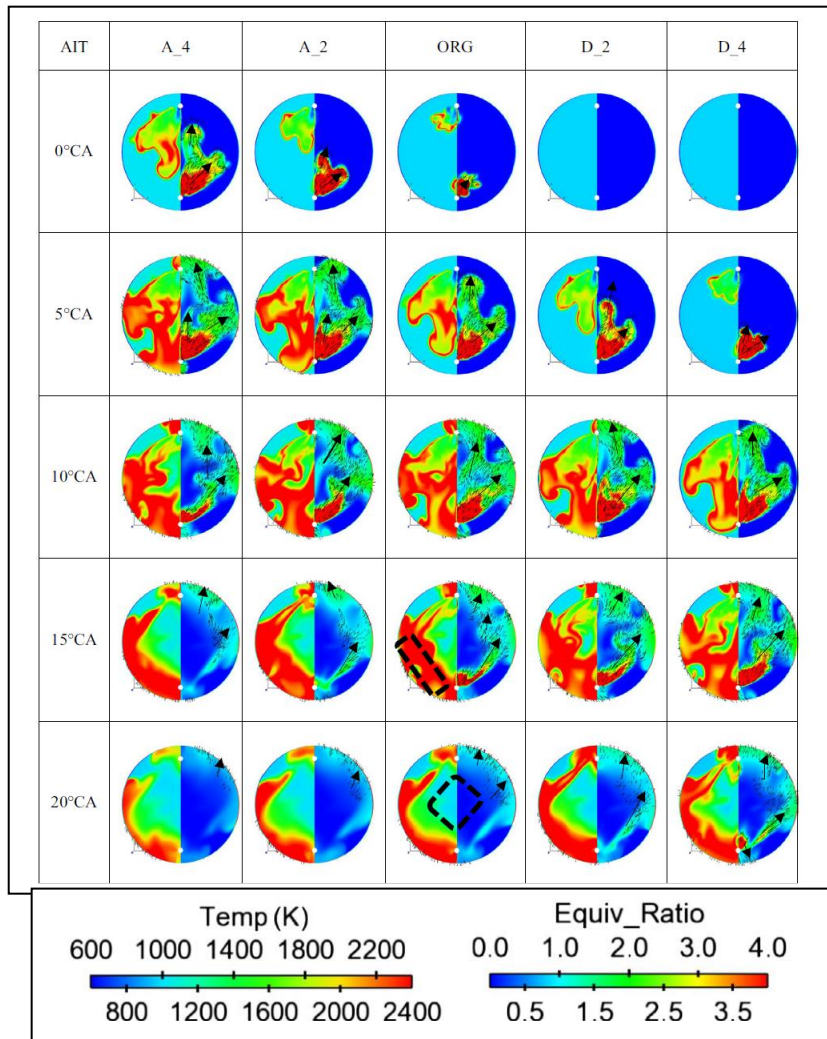


Figure 6. The in-cylinder temperature and equivalent ratio distributions at 0°CA, 5°CA, 10°CA, 15°CA, and 20°CA :left temperature, right equivalence ratio

Emissions

Figure 7 depicts the effect of different RITs (данні режиму см. Приложене) on the soot, NO_x, and HC+CO emissions. The figure shows that the RIT has dramatic impacts on the pollutant formation and emissions. Compared with the AIT cases, the influence of the RITs is more complicated. Figure 7A shows that the NO_x and HC+CO emissions are not changed much when the gas injection timing is shifted from A_2 to D_2, and the highest and lowest soot and HC + CO emissions can be obtained in the A_2 case and A_4 case, respectively. For NO_x emissions, the peak value is 12.8 g/kW · h in A_4, which is lower than that of the AIT's 14.8 g/kW · h. It is observed that partially premixed gas fuel is beneficial to reduce both

the NO_x and soot emissions; however, the ratio of gas fuel is the key parameter that needs further investigation and optimization. The ISFC is increased with retarded gas injection timing. In addition, considering both the soot and HC + CO emissions, slightly retarding the gas injection timing is also feasible. Figure 7B shows that the pilot injection timing also has significant impacts on the pollutant formation and emissions.

When the pilot timing is retarded by 2°CA ATDC compared with that of the ORG case, the soot and HC+CO emissions are the highest among all these cases.

However, a drastic reduction in these two emissions is observed when the pilot timing is further retarded. Additionally, an advanced pilot timing is also beneficial

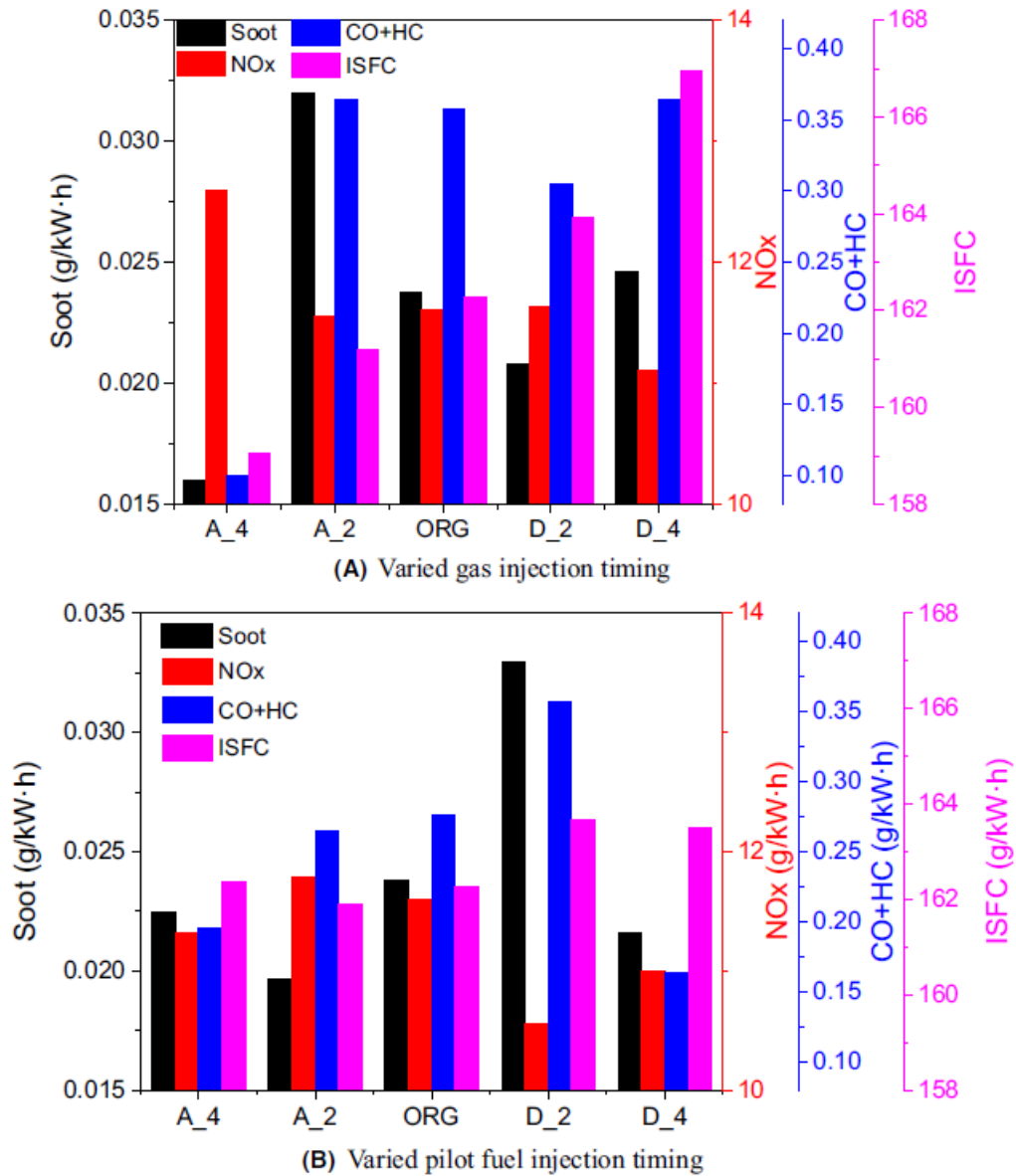


Figure 7. The effects of different relative injection timings on soot, NOx, and HC + CO emissions. A, Varied gas injection timing; and B, varied pilot fuel injection timing

for decreasing soot and HC + CO emissions. For NOx emissions, the highest and lowest values appear in the A_2 case and D_2 case, respectively. However, a further advanced or retarded pilot timing results in a reverse trend. Additionally, the ISFC shows a reverse trend with NOx emissions. Taking all these emissions into account, the A_4 and D_4 cases have some advantages compared with the ORG cases.

CONCLUSION

The injection strategies (pilot diesel injection timing and gas injection timing) have a great influence on the combustion and emissions of dual-fuel marine engines. In the current study, numerical investigations have been conducted to study the influences of different pilot injection timings on the combustion and emission characteristics of a large-bore two-stroke natural gas/diesel dual-fuel marine engine.

The effects of AIT on combustion and emission characteristics are similar to those of traditional diesel engines. As the AIT varies from advanced by 4°CA to re-

tarded by 4°CA, the peak values of the in-cylinder pressure and temperature decrease gradually, accompanied by a retardation of the combustion phase. Additionally, a conventional trade-off between NO_x and soot/CO/HC/ISFC emissions can also be observed as the AIT is retarded.

Приложение. Режим RIT- Relative Injection Timing

E 6 Setup for pilot injection timing of relative injection timing

RIT

Case	Pilot injection timing (°CA ATDC)	Gas injection timing (°CA ATDC)
A_4 (Advanced 4°CA)	-6	-1
A_2	-4	-1
ORG (Original case)	-2	-1
D_2 (Delayed 2°CA)	0	-1
D_4	2	-1

**Дослідження швидкісної характеристики системи високого тиску
судового середнеобертового дизеля у складі гібридної системи
вприскування палива**

Сучасні суднові дизелі вимагають значного поліпшення якості сумішотворення, згоряння та зниження шкідливого впливу газів, що йдуть на навколишнє середовище. Отже, необхідно вдосконалення паливної апаратури, яке полягає у підвищенні та можливості регулювання тиску впорскування залежно від режиму дизеля, управління характеристикою впорскування, організації багатofазного впорскування, впровадження електронного управління процесом паливоподачі.

Перспективним є підхід, що забезпечує використання акумуляторної системи у вигляді додаткового модуля у поєднанні з базовою системою паливоподачі - БСП. Створена з урахуванням паливної апаратури суднового середнеобертового дизеля така гібридна система впорскування палива (ГСВП) спочатку випробувана у «статичному» режимі (без запуску БСП) [1]. Метою подальших дослідів, представлених у даній роботі, було дослідження гідродинамічних процесів у ГСВП у реальних умовах використання об'єднаної системи: БСП та акумуляторного модуля (АМ).

Планом досвіду цьому (початковому) етапі передбачалося отримання швидкісної якості ГСВП. Як номінальне призначення режим з частотою обертання розподільного валу $n_p = 250$ об/хв при виході рейки ПНВТ $m = 20$ мм. У реальних умовах дослідів діапазон $n_p = 53 - 252$ об/хв.

Маркування знятих осцилограм прийнято: 1, 2, 3, 4 – ГСВП зі швидкостями зйомки $v_c = 0.5, 0.25, 0.5$ та 1.0 м/с відповідно. Кожному досвіду відповідають свої постійні обороти розподільного валу безмоторного стенду (БМС): 1 - 103 об/хв і 2, 3, і 4 - 53, 179, 252 об/хв відповідно.

Система обладнана оптико-електронним датчиком обертання типу ВЕ-178, що видає 2500 імпульсів на 1 оборот валу, та опорною міткою початку відліку (МНВ) для кожного обороту валу.

З'єднання БСП та АМ здійснюється шляхом відкриття золотникового клапана за допомогою комп'ютерного керування. АМ включає ПНВТ, акумулятор великого об'єму, акумулятор малого об'єму і сполучні трубки ВТ (рис. 1). На вході до штатної системи ПП встановлений золотниковий безповоротний клапан. Кут початку подачі сигналу, що управляє, або кут включення $\phi'_{\text{вкл}} = 60^\circ$ п.р.в. від МНВ та кут утримання $\phi'_{\text{ут}} = 20^\circ$ п.р.в.; тиск затягування пружини форсунки 115 бар; тиск в акумуляторі 125 бар. Тарування датчиків тиску здійснювалося для кожної серії дослідів.

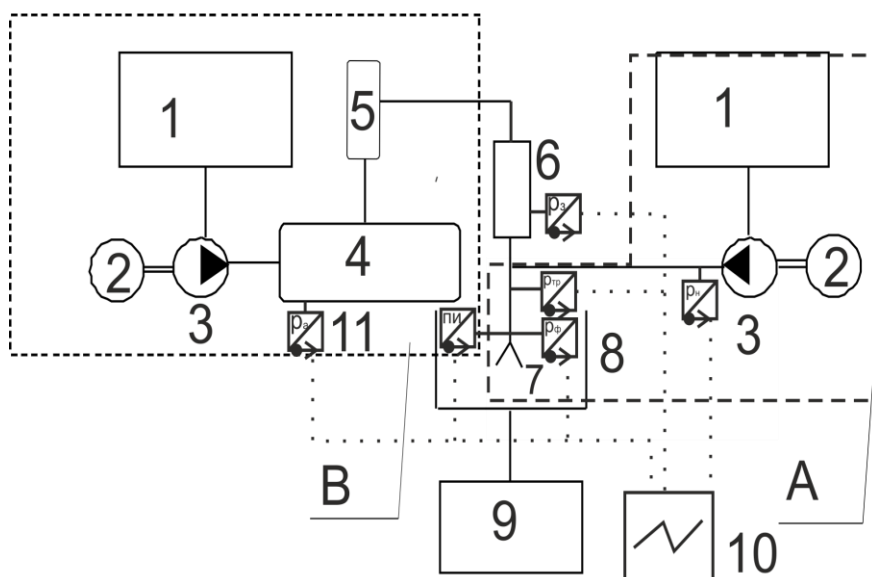


Рис. 1. гібридна система впорскування палива:

А - БСП базова система паливоподачі; В - система паливоподачі з АМ; 1 - Паливний бак; 2 - привід ТНВД; 3 - ТНВД; 4 - АМ великого обсягу; 5 - АМ малого обсягу; 6 - керуючий клапан-золотник (КК); 7 - форсунка; 8 - паливний резервуар; 9 - резервуар збору палива; 10 - осцилограф; 11 - датчики тиску та ПП.

На рис. 2 представлена осцилограма 1 процесів у ГСВП, де параметри, що описують роботу АМ позначені штрихом ', а величини без спеціальних міток - кількісні характеристики БСП. Параметри, що описують роботу ГСВП, були прийняті наступні: i'_z — кількість підйомів голки форсунки; z'_d - відсоткова частка підйому голки від максимального при основному впорскуванні; $\phi'_{впр}$, $\phi_{впр}$ — загальний кут упорскування по кривій ПГ при включенні акумуляторного модуля та штатної системи ПП відповідно; ϕ'_ϕ - тривалість коливання тиску на кривій p_ϕ при подачі керуючого сигналу на золотник; $\phi'_{зт}$ - кут затримки зміни тиску в золотнику після подачі керуючого імпульсу, характеризує момент відкриття золотника; $\phi'_{зпг}$ - кут затримки підйому голки після подачі керуючого імпульсу; ϕ'_k — кут повороту розподільного валу між двома піками - період часу за кутом повороту між двома коливаннями — підйомами голки; $\phi'_{ут}$ - кут утримання, кут між посадкою голки на сідло і його підйомом; $\Delta p'_{акк}$ - величина зміни тиску в акумуляторі; $\Delta p'_{зол\ ср}$ - усереднена величина зміни тиску в золотнику при роботі керуючого клапана; $\Delta p'_{зол\ поч}$ - первісна зміна тиску в золотнику при відкритті золотникового клапана; $\Delta p'_{зол\ max}$ - максимальне значення зміни тиску в золотнику, що виникає при замиканні форсунки, Δp_ϕ ; $\Delta p_{тр}$, Δp_n та $\Delta p'_\phi$, $\Delta p'_{тр}$, $\Delta p'_n$ - амплітуди зміни тиску форсунки, трубопроводу та насоса при основному впорскуванні та при спрацьовуванні золотника відповідно; $+\Delta p_\phi$, $+\Delta p_{тр}$, $+\Delta p_n$ та $+\Delta p'_\phi$, $+\Delta p'_{тр}$, $+\Delta p'_n$ — зростання тиску форсунки, трубопроводу та насоса щодо лінії залишкового тиску при основному впорскуванні та при роботі золотника відповідно; $-\Delta p_\phi$, $-\Delta p_{тр}$, $-\Delta p_n$ та $-\Delta p'_\phi$, $-\Delta p'_{тр}$, $-\Delta p'_n$ — падіння тиску форсунки, трубопроводу та насоса щодо лінії залишкового тиску при основному впорскуванні та роботі золотника відповідно.

Поряд із записом на папір було проведено комп'ютерне осцилографування тиску у форсунці, що дозволило більш якісно оцінити

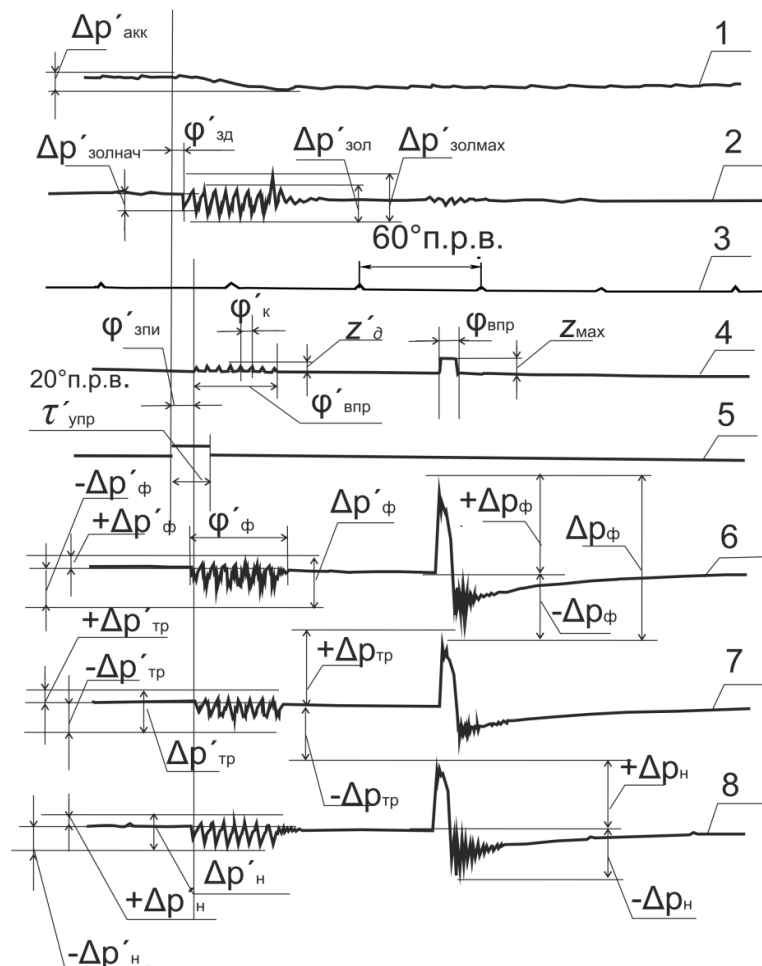


Рис. 2. Осцилограми ГСВТ при $n_p = 103$ об/хв:

1 - тиск в акумуляторі $p_{акк}$, 2 - тиск у золотника $p_{зол}$, 3 - кутова позначка 60° п.р.в. ϕ_{60} , 4 - підйом голки форсунки ПГ, 5 - керуючий сигнал Упр, 6 - тиск форсунки $p_{ф}$, 7 - тиск у трубопроводі $p_{тр}$, 8 - тиск штатного ПНВТ $p_{н}$.

параметри та характер зміни величини в залежності від частоти обертання розподвала.

Комплексно розглянувши осцилограми можна сказати, що на осцилограмах вдалося зафіксувати зміну тиску в акумуляторі, чого не можна було якісно оцінити з ранніх осцилограм, дослідження ГСВП у статиці [1], де характер зміни тиску був хвильовий з малою амплітудою. Тут же можна побачити, що при мінімальних оборотах тиск в акумуляторі падає на $\Delta p_{акк} = 11$ бар і зі зростанням частоти обертання це значення зменшується до 6 бар на всіх режимах. Характер зміни цієї величини представлено у графічному вигляді на рис. 3. При подачі керуючого сигналу (рис. 2) ця величина знижується до посадки голки, і далі зростає до подачі наступного керуючого сигналу.

Зміна тиску елементах ГСВП відповідає закону переміщення голки. Так, при подачі сигналу, що управляє, золотник відкривається з деякою затримкою. Момент відкриття золотникового клапана відповідає початку зміни тиску елементах ГСВП.

При відкритті клапана, що управляє, тиск у золотнику різко падає на величину $\Delta p'_{зол.поч}$, ймовірно, в результаті заповнення паливом БСП - так як на осцилограмі не видно змін в елементах штатної системи при падінні тиску у зо-

лотника. Після чого тиск у золотнику починає зростати. Момент підвищення тиску в золотнику відповідає момент підвищення тиску в елементах БСП. Коли тиск у підігольчастій порожнині перевищує величину затягування пружини, голка починає рух з кутом затримки впорскування $\varphi_{зпг}$, який зростає зі збільшенням числа обертів. Так, при максимальних оборотах голка починає підйом із затримкою в $\varphi'_{зпг} = 41^\circ$ п.р.в., а тиск у золотнику знижується при $\varphi'_{зт} = 26,6^\circ$ п.р.в. При цьому тиск у БСП падає, пружина пересилує тиск палива в порожнині та голка сідає на посадкове місце. Потім процес повторюється. Величина підйому голки $z'_д$ всіх осцилограмах становить 40%. При підйомі голки тиск в АМ знижується, що помітніше при низьких частотах обертання розподвала, осцилограма 2 при $n = 53$ об/хв. Тривалість упорскування $\varphi'_{впр}$ також зростає з оборотами. Кількість підйомів голки i'_z зменшується за збільшення n , а тривалість коливань $\varphi'_к$ збільшується за тих самих умов. Залежність цих значень від кількості оборотів, поряд з іншими параметрами наведено на рис. 3.

По осцилограмі видно, що після останнього підйому голки на кривій тиску в золотнику є характерне коливання амплітуда якого $\Delta p'_{зол\ max}$ вище середнього значення, і є ознакою гідроудару в системі. Що говорить про замикання системи з боку АМ. На кривій p_ϕ починається короткий період згасання коливань з великим коефіцієнтом згасання. Так період зміни тиску форсунки $\varphi'_ф$ більш тривалий порівняно з $\varphi'_{впр}$, через меншу затримку $\varphi'_{зт}$ і загасаючих коливань після посадки голки на сидло розпилювача.

При роботі штатної системи ПП підйом голки здійснюється до упору, що відрізняється від ПП при відкритті золотника. Приймавши значення ПП за основному впорскуванні за 100 %, визначаємо, що голка під час спрацьовування золотника піднімається на 40% всіх режимах. Характер зміни максимального тиску впорскування від оборотів відображено на графіку.

При посадці голки на диференціальний майданчик тиску БСП падає нижче залишкового p_ϕ . Після посадки голки характер зміни тиску у форсунці, трубопроводі та насосі має хвильовий характер із загасанням. Після припинення коливань тиск у системі зростає до подачі на золотник управляючого сигналу. Очевидно, така зміна тиску в БСП відбувається через

те, що золотник пропускає паливо з акумуляторної системи (АМ), наповнюючи її.

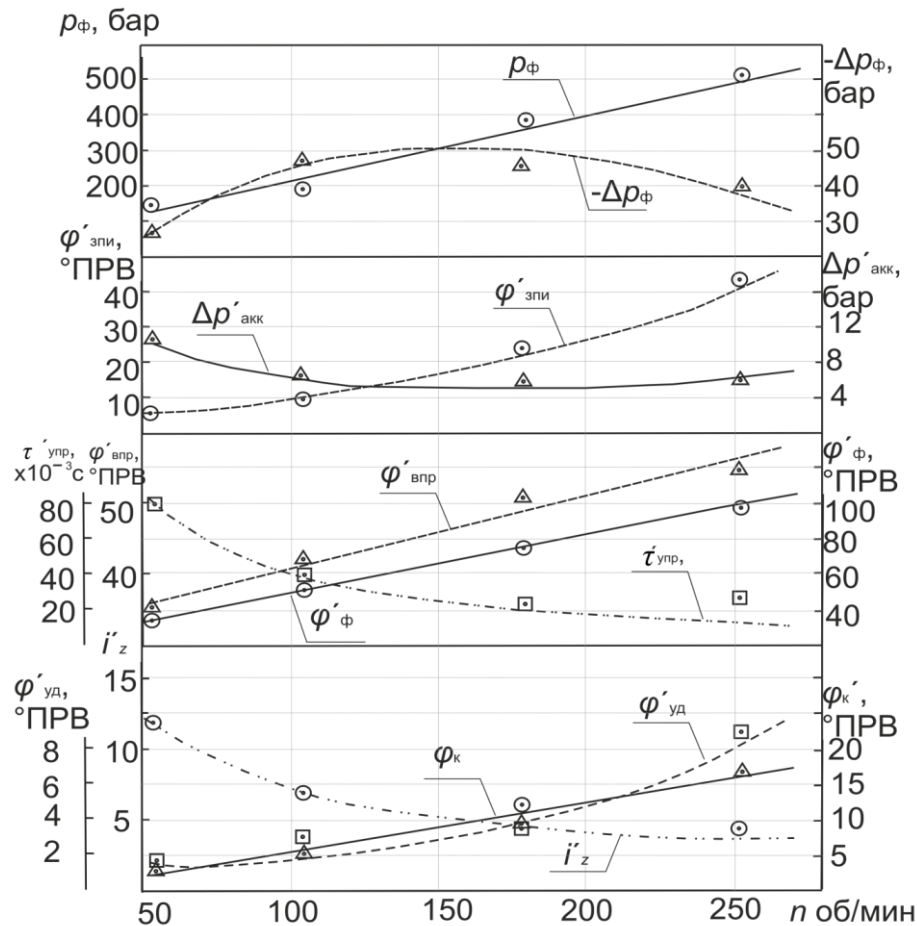


Рис. 3. Графік залежностей параметрів паливоподачі ГСВП від частоти обертання розподвала: $m = 20$, $p_0 = 115$ бар, $p_{ак} = 125$ бар

Висновки

Розроблено комплекс показників параметрів гідродинамічних процесів у гібридній системі впорскування палива.

Досліджено взаємодію АМ і БСП на різних режимах швидкісної характеристики при незмінних параметрах управління сполучним золотником.

При відкритті золотника впорскування палива має дробовий характер із частковим підйомом голки, що становить близько 0,4 від повного ходу.

Кут затримки відкриття золотника $\phi'_{зт}$ є функцією частоти обертання.

Зокрема, після подачі керуючого сигналу ця величина склала $26,6^\circ$ п.р.в. при максимальних обертах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Половинка Е.М., Мартинов С.В. Москалець О.Р. – Розвиток систем паливоподачі суднових дизелів с. 49 – 57. Матеріали науково-технічної конференції “Судові енергетичні установки: експлуатація та ремонт”, 21.03.2012 – 23.03.2012. Частина I. - Одеса: ОНМА, 2012. - 177с.

Reduction of NO_x on Diesel Combustion by Using Water Injection Systems

Large two stroke diesel engines have a high efficiency and it relates that shipping has low fuel oil consumption and low emission of greenhouse gasses compared to other transportation. However, they have demanded dramatically to reduce harmful regulated pollutants, which are Particulate Matter (PM) and Nitrogen Oxide. In particular, NO_x regulations for marine engines will require NO_x reduction as much as 80% from the level in the first Tier. Many engine designing companies and research organizations in maritime field are investigating the technologies realizing such the low-emission level. Emissions can be controlled either external reduction methods or internal methods. Various technologies such as Exhaust Gas Recirculation (EGR) with a scrubber tank, Exhaust Gas Separation (EGS)[2] from MES Co., LTD and Selective Catalytic Reduction (SCR) have been proposed as external reduction methods for marine diesel engines.

Meanwhile, internal reduction methods focus on the combustion process and emission formation controlled by optimization of injection condition including injection pressure, timing and duration as well as technologies such as Water injection and charging gas condition of EGR. From above investigations, it is observed that mixing air with incombustible gases is effective to reduce NO_x emission in the combustion process in the engine. The methods of mixing technology are proposed as water injection, EGR, Nitrogen Enrichment Humidification (NHM). However, mixing large amount of in-combustible gases leads misfiring and SFOC penalty. And it is important to inject the water or incombustible gases into fuel-air mixture formation effectively for low NO_x emission and fuel consumption. Some of authors have applied water injection into optical marine test engine. And it was reported that temperature of flame was decreased by optimized water injection timing and duration. FWE and DWI are practical methods of water injection into the cylinder; the former method is to replace the diesel fuel with diesel/water emulsions as an alternative fuel, and the latter is to inject the water directly into the combustion chamber separately from the fuel with two injectors or a single injector. However, optimization of these water injection systems has not been established yet and comparison between these two injection methods has also not been conducted.

The main objective of this work is to observe the combustion of FWE and DWI using Rapid Compression Expansion Machine (RCEM) for optimization of these water injection methods and to reveal the difference of each case. Simulations of FWE and DWI combustion were also carried out using three-dimensional CFD code:KIVA3V modified for collision model.

Experimental apparatus and procedure

To observe the combustion process, a RCEM was used in this experiment. Table 1 shows the basic specifications of the RCEM. Figure 1 shows the schematic of RCEM. The RCEM has a bore of 240 mm and a stroke of 260 mm.

Combustion chamber is cubic shaped volume consisted of $200 \times 66 \times 80$ and it has three quartz windows on the walls for objective of visualization. An air tank with heaters is connected to the intake port of RCEM. The pressure and the temperature of the initial intake air can be controlled respectively in the air tank so that the clearance volume is large enough to observe the behavior of spray and combustion in the actual engine condition.

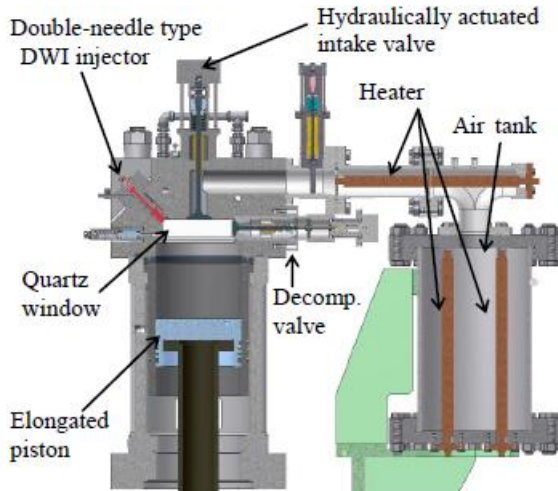


Figure 1. Schematic of RCEM

Table.1 Main specifications of RCEM

Bore $\times$ Stroke	$\phi 240 \text{ mm} \times 260 \text{ mm}$
Clearance volume (upper, lower)	$200 \times 66 \times 80 \text{ mm}^3$ $\phi 240 \text{ mm} \times t 5.4 \text{ mm}$
Compression ratio	9.08
Engine speed	320 rpm
Compression pressure	10 MPa
Quartz window	$200 \times 50 \times 100 \text{ mm}^3$
Initial charging conditions	
Pressure	0.81 MPa
Temperature	353 K
Compression Pressure at TDC	10.0 MPa

Injection system

As shown in Fig. 2, the fuel is slowly mixed to the water before a pump starts circulating the emulsion through a homogenizer, where the emulsion is forced with high pressure to narrow channels, leading to a sharp increase in flow velocity while the pressure declines below the saturation steam pressure, followed by an expansion.

Figure 3 shows illustration of DWI injector installed on the RCEM. This injector is a double needle type injector which can inject water and fuel closely to merge each other as shown in the figure. Injection rate, timing, duration can be controlled by a linear servo valve through hydraulic intensifier.

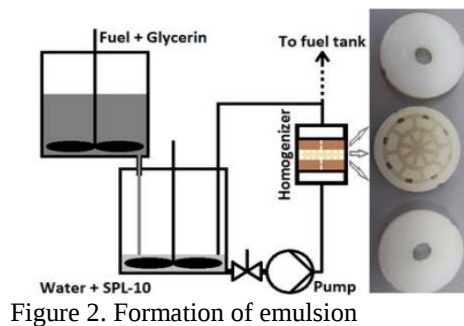


Figure 2. Formation of emulsion

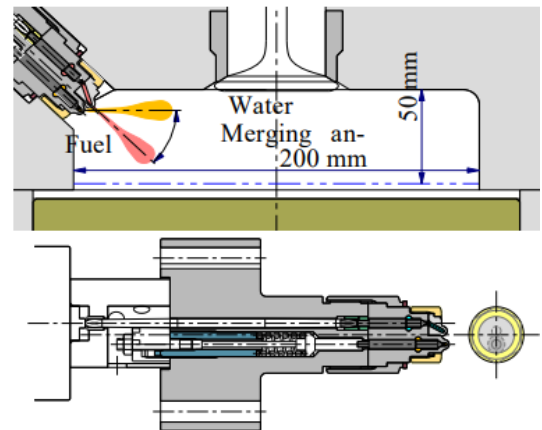


Figure 3. Schematic of DWI injection nozzle

In each case, FEW and DWI case, increased amount of injection compared with fuel-only injection case was conducted by changing injection pressure or injection duration. In FEW case, water injection was conducted with two ways as shown in Fig.4; one is to inject with longer injection duration keeping same injection pressure

as fuel case, and the other is to inject at higher injection pressure adjusting same injection duration as fuel case.

On the other hands, DWI injection settled injection pressure of water as almost a half of injection pressure of fuel as shown in Fig.5. Injection timing of water is same as it of fuel and duration is a half of fuel due to inject into a beginning of combustion for prevent a sharp rise temperature of cylinder causing formation of thermal NO_x. Injection condition of each case is listed in Table 2. Injection duration of only fuel case of FWE was set shorter than case of DWI due to make a small injection amount to prevent fuel impinging on to the cylinder liner caused from expanded injection duration of FEW.

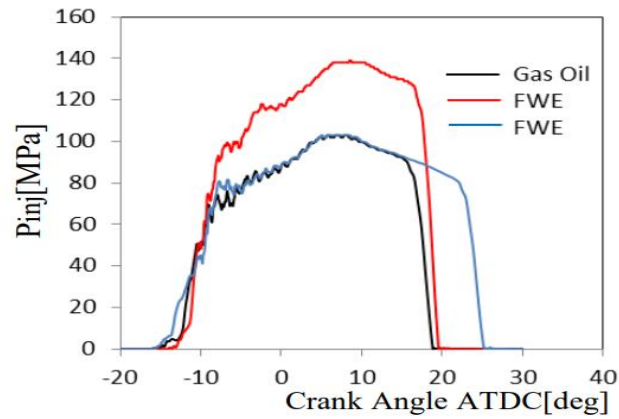


Figure 4. Injection rate in FEW case

Experimental result

Figure 6 shows the comparison of apparent heat release rate of DWI case and FWE case. Changes of merging angle in DWI case and changes of injection pressure and duration in FWE are shown in each graph and “fuel” represents

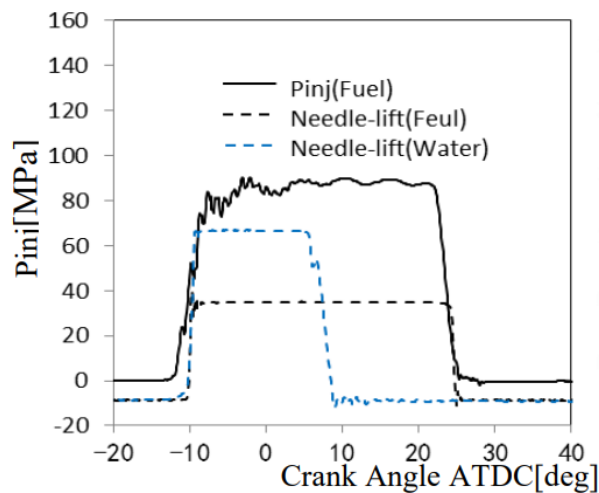


Figure 5. Injection rate and Needle-lift in DWI

Table 2 Injection condition

	FEW		DWI	
			Water	Fuel
Nozzle hole [mm]	0.23			
Injection pressure [MPa]	80	130	30	80
Merging Angle [degree]	0,5,10			
Injection timing [ATDC]	-10			
Injection duration [CA]	35	30	17.5	35
Distance between holes [mm]	7			

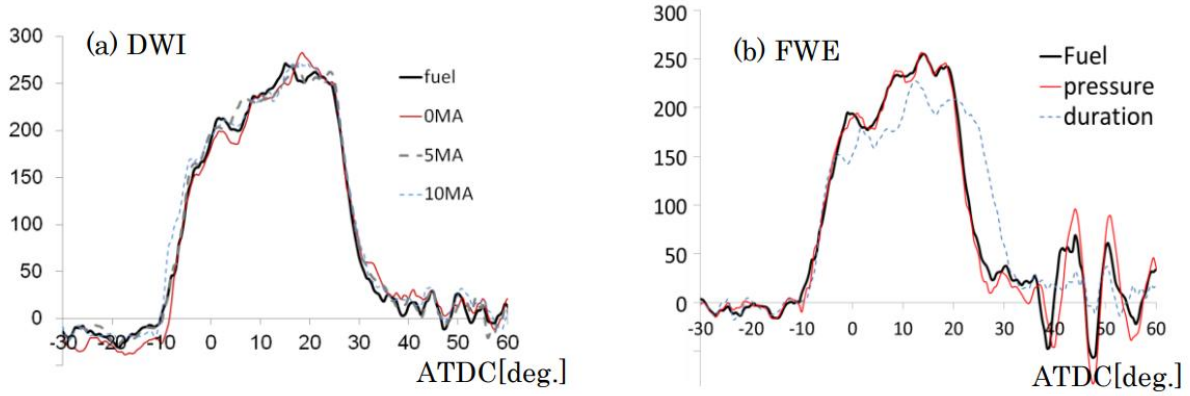


Figure 6. Time history of Apparent Heat Release Rate(AHRR)

only fuel injection without water injection. As can be seen in the graph of DWI case, there is little difference among heat release rate of each case although water was injected. This result is the same trend as high pressure injection of FWE case. There is also little difference with ignition delay. Figure 7 and 8 shows the histograms and images of flame temperature distribution of DWI obtained by two-color method at different water injection angle and without water injection in the same timing. As can be seen in these figures, high temperature distribution area was decrease clearly by injection of water.

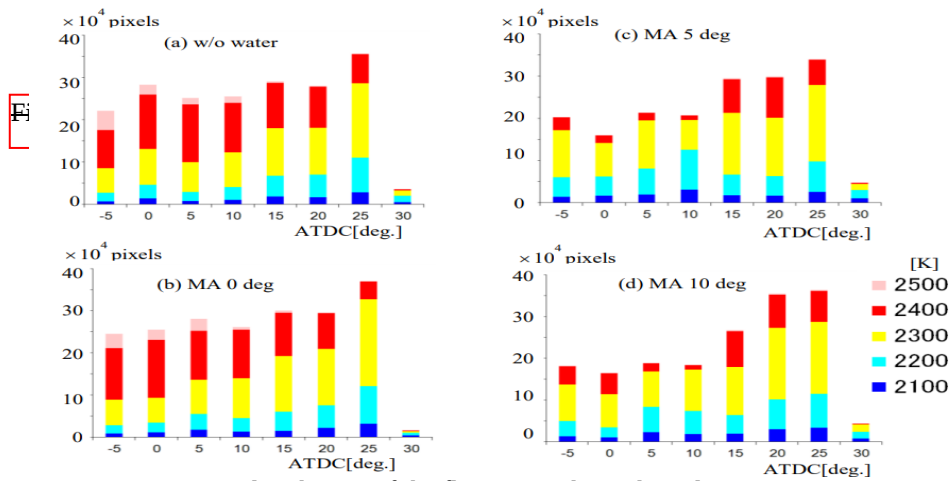


Figure 7. Temperature distribution of the flame at each crank angle

Especially, temperature dropped at lower portion of flame cause of the water spray exists there. In the water injection cases, the area of high temperature were reduced as MA was increased. However, flame area was spread Penetration of DWI

spray was become longer and spread, because momentum of DWI spray was increased due to merge each spray. As a result, the vapor was widely distributed and area of flame was spread.

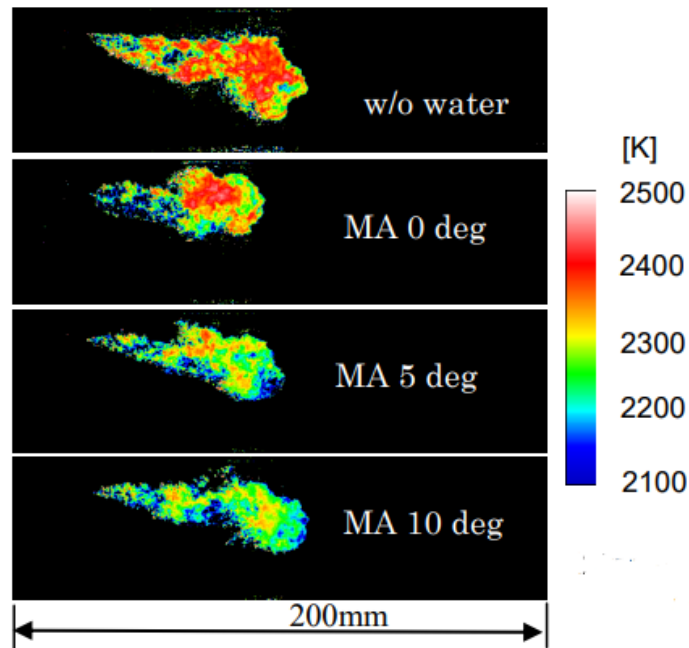


Figure 8. The Images of flame temperature obtained by TCM at -5 deg. ATDC in various merging angle

Conclusion

Two methods of water injection, FWE and DWI, were investigated in this study. For investigation of the effect of NO_x formation by water supplying strategies, spray propagation and combustion process of FEW and DWI system with a double-needle type injector were observed in detail using a RCEM. In this experiment, injection direction of water spray was changed with three patterns in DWI and injection pressure and duration was changed in FWE. Simultaneously Simulation was carried out by using KIVA3V code. Apparent heat release rate of each case has only little difference with same injection amount of fuel during same injection duration although water was injected.

From observing flame analyzed by the Two Color Method, high temperature distribution area was decrease clearly by injection of water in both FWE and DWI. Moreover, high temperature of flame in DWI case was reduced as Merging Angle was increased. In the cases of MA10, NO formation was most reduced of all cases. Numerical analysis can be reproduced trend of the DWI and FWE combustion processes by using the modified KIVA3V code about breakup and collision and evaporation processes. However, it could not reproduce the NO formation in FWE cause of the NO_x model which does not take account of OH radical from water.

Денісов В.Г., Фіщін В.В.

Підвищення надійності холодильного обладнання вантажних систем суден для перевезення скрапленого нафтового газу, шляхом діагностування вузлів системи.

Споживання природного газу в енергетиці, промисловості і побуті безперервно збільшується. Як відмічають провідні міжнародні експерти в період з 2002 по 2025 рр. світовий об'єм споживання газу вельми можливо зросте в 7 разів.

При згорянні газу в атмосферу Землі викидається менше забруднюючих речовин і парникових газів, ніж при згорянні мазуту або вугілля. Б. Е. Патон в свій час підкреслював, що в порівнянні з нафтовими паливами природний газ утворює значно менше оксидів вуглецю, оксидів азоту і диму (у 5 та 8 разів, відповідно), одночасно в димі відсутні свинець і сажа. Ці обставини багато в чому сприяють збільшенню використання природного газу в якості важливого джерела теплової енергії. Ті ж самі висновки можливо поширити і на нафтові гази.

Таблиця 1. Основні типи газів та значення абсолютного тиску пари та температура кипіння для газів, що транспортується морським шляхом

Назва газу	Тиск насиченої пари при +37,8 ⁰ C (100 F), кг/см ²	Температура кипіння при атмосферному тиску, ⁰ C
Метан	Перегріта пара (t _{критична} = -82 ⁰ C)	-161
Пропан	12,9	-43
Бутан	3,6	-0,5
Аміак	14,7	-33
Вінілхлорид	5,7	-14
Бутадиєн	4,0	-5
Етиленоксид	2,7	10,7

Скраплені гази, що транспортуються морським шляхом, можливо розділити на шість основних груп:

- LPG – Liquefied Petroleum Gases/скраплені нафтові гази;
- NGL – Natural Gas Liquids/ природний газовий конденсат;
- LEG – Liquefied Ethylene Gas/ скраплений етилен;
- LNG – Liquefied Natural gas/ скраплений природний газ;
- Nh3 – Ammonia/ аміак;
- Cl2 – Chlorine/ хлор.

Таке поділення обумовлено різноманітністю характеристик газів, температурами кипіння при атмосферному тиску, хімічною сумісністю, як з іншими газами, так і з матеріалами конструкцій судна, токсичністю та вибухонебезпечністю.

Зріджений природний газ (ЗПГ) – це природний газ, який охолоджений до рідкого стану при атмосферному тиску. Це робить його значно меншим за об'ємом, що полегшує транспортування та зберігання. ЗПГ транспортується морським шляхом спеціальними суднами, які називаються газозовозами.

Перевезення ЗПГ морським шляхом – це безпечний і ефективний спосіб транспортування цього виду палива. Газозовози курсують по всьому світу, постачаючи ЗПГ до країн, які не мають власних ресурсів природного газу.

Переваги перевезення ЗПГ суднами

Існує низка переваг перевезення ЗПГ суднами, зокрема:

Економічність: Транспортування ЗПГ суднами є економічно вигідним способом транспортування природного газу на великі відстані.

Гнучкість: Газозовози можуть перевозити ЗПГ до будь-якого порту світу, який має відповідну інфраструктуру.

Надійність: Морські перевезення – це надійний спосіб транспортування ЗПГ, оскільки газозовози обладнані спеціальними системами безпеки.

Певні складності, які можуть утворитися при перевезенні ЗПГ суднами:

Існують також деякі складності, пов'язані з перевезенням ЗПГ суднами, зокрема:

Безпека: Витік ЗПГ може призвести до вибуху або пожежі, тому важливо дотримуватися суворих правил безпеки.

Вартість: Будівництво та експлуатація газозовозів є дорогими.

Забруднення: ЗПГ є парниковим газом, тому його транспортування може призвести до викидів парникових газів.

Висновки щодо економічності використання газозовозів сьогодні:

Перевезення ЗПГ суднами – це безпечний і ефективний спосіб транспортування цього виду палива. Існує низка переваг перевезення ЗПГ суднами, таких як економічність, гнучкість і надійність. Однак існують також деякі складності, пов'язані з перевезенням ЗПГ суднами, такі як безпека, вартість і забруднення.

Також існують певні проблеми в експлуатації та обслуговуванні суднових вузлів систем. Такими проблемами – є відмови в роботі вузла, що призводить до порушення роботи всієї системи чи механізму. Основними причинами відмов механічних систем є наступні фактори:

- дефекти конструкції;
- корозія;
- дефекти при зборці механізму;
- зношування;
- пластичні деформації;
- порушення правил експлуатації;
- порушення цілісності механізму.

Попередження відмов проходить двома шляхами:

-регламентні роботи (роботи, які проводяться через певних проміжок часу для перевірки технічного стану , зміни зношених деталей та деталей, які потребують заміни);

-роботи за станом та параметрами механізму (цей шлях дозволяє не розбирати систему, механізм чи вузол, що може призвести до непередбачуваних відмов в майбутньому)

Аналіз статистичних даних відмов суднових механізмів показує, що

70-90% відмов, як нових, так і відремонтованих механізмів, є результатом зносу пар тертя. Неочікувана відмова механізму чи зупинка, з метою заміни зношених вузлів – призводять до значних економічних втрат та використання людського ресурсу. У зв'язку з цим з'являється задача по визначенню технічного стану вузла системи в будь-який час без повної зупинки чи розборки системи. Вирішення цієї проблеми полягає в використанні методів та засобів технічного діагностування, які би виключили би розбір системи чи вузла без певної потреби.

Одним з методів технічного діагностування – є використання засобів вбудованого контролю (датчиків, які виконують контроль за технічними параметрами механізмів, систем чи вузла системи). Таким чином, проходить процес індивідуального контролю прогнозу та коректування періодичного технічного впливу на механізми. Ефективність використання даного методу залежить від застосування певних методів ТО, які призводять максимальної безвідмовності та мінімальних економічних витрат.

З цією метою усі механізми та вузли розділені на 3 основні типи з урахуванням наслідків, до яких може призвести їх відмова:

-до першої групи відносяться механізми та вузли, відмова яких може спричинити аварію, людські жертви чи втрату функціональних можливостей;

-до другої групи відносяться механізми, які призводять до економічних втрат чи погіршенню параметрів функціональних можливостей;

-до третьої групи відносяться механізми та вузли, відмова яких не призведе до відчутливих погіршень та наслідків.

Таблиця 2. Групи механізмів та вузлів в залежності від виду шкоди та наслідків відмови

групи	Вид шкоди	Наслідки відмови	Тип механізму та вузла
1	Катастрофічний	Аварія, людські жертви, великі економічні втрати	Основні вузли ГД
2	Економічний	Незначні економічні збитки, знижена продуктивність	Масляні, паливні насоси, палубні механізми , системи гідравліка та інші
3	Без наслідків	Витрати на ремонт, незначні витрати та відмови	Допоміжні механізми

Датчики та пристрої для контролю процесів у СС

Датчики інформують про стан через взаємодію з середою та передає інформацію шляхом електричних сигналів.

Часто при класифікації датчиків, в якості основи використовують принцип їх дії, який в свою чергу, може базуватися на фізичних чи хімічних явищах.

Основні види датчиків:

- температурні датчики;
- термопары;
- термочутливі діоди та тиристори;
- оптичні датчики;
- фотогальванічна емісія;
- фотогальванічний ефект;
- пароелектричні ефекти;
- датчики тиску;
- датчики вологості та газові аналізатори;
- магнітнорезистивні датчики;
- датчики Виганда;
- датчики Холла;
- магнітноіндуктивний датчик (МІД).

Обрання методів і засобів діагностування вузлів каскадної установки скраплення пари

За основний вузол, який обрано для аналізу, візьмемо двухступеневий компресор, який може використовуватися, як в нижньому, так і в верхньому контурі.

Виходячи з того, що визначити точний стан можливо лише, коли відкрити всю систему та провести огляд (зазвичай таке проходить за регламентом чи у аварійних випадках). Слід зазначити, що кожне позапланове відкриття системи несе за собою певні наслідки та витрати, такі як зменшення часу безвідмовної роботи, затрати людської праці та в даному випадку заповнення системи хладоном.

Отже, щоб попередити такі випадки потрібно застосувати спеціальні засоби діагностування, які виключають будь-яку розгерметизацію системи. До таких засобів можна віднести датчики температури та тиску, данні параметрів яких дають змогу повністю оцінити стан та можливість безвідмовної роботи системи та певного механізму. Це призведе до підвищення надійності та працездатності вузлів системи.

Висновки

1. Діагностування систем – є дуже перспективною і важливою темою для поліпшення надійності та безвідмовності усіх її вузлів.
2. Велика варіативність методів і засобів діагностування дозволяє майже повністю виключити позапланові відкриття систем, які негативно впливають на її працездатність.
3. Діагностування системи за параметрами дозволяє мінімізувати аварійні ситуації та вчасно відреагувати на зміну будь-якого параметра, шляхом отримання сигналів через датчики.

4. Такі засоби і методи повинні все більше і більше вивчатися, бо судно є об'єктом підвищеної небезпеки, вчасна реакція на проблему в деяких системах може врятувати життя цілому екіпажу судна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Козьмініх М.А., Дулдієр О.П., Чепаліс І.В. Системи скраплення газу та вантажні системи суден-газовозів / Навчальний посібник – 2018
2. Денісов В.Г. Методи та засоби технічного діагностування СЕУ / 2008
3. Зайцев В.В. Толишев Е.В. Техніко-економічні питання проектування та будування морських систем перевозки газів / 2002
4. С. Ендрю МакІнтош, Пітер Г. Ноубл, Карл Д. Рамлахан Морське транспортування природного газу / стаття – 2008
5. Баскаков С.П. Перевезення зріджених газів морем / посібник – 2001
6. Fox, M. A hazard-based approach to designing with modern refrigerant gases for naval ships / Conference – 2020
7. Buckingham, J. The Assessment of Alternative Refrigeration Solution / Conference - 2020

Національного університету «Одеська морська академія»
**Експериментальне дослідження повітряного теплового насосу
вдосконаленої конструкції**

Авторами в [1] запропоновано вдосконалення теплового насосу за рахунок нагрівання випарника холодильної машини сумішшю підігрітої частки рециркуляційного повітря приміщення із часткою зовнішнього повітря. Прийнята температура суміші забезпечується співвідношенням змішуваних компонентів. Це дозволяє уникнути недоліків теплових насосів, випарники яких нагріваються зовнішнім повітрям: ліквідувати залежність споживчої потужності насосу від температури оточуючого середовища та забезпечити надійність його роботи при від'ємних температурах зовнішнього середовища так як, при роботі кондиціонерів зимою в режимі теплового насоса основною проблемою є обмерзання випарника і, як наслідок, компресор часто зупиняється на час відтавання випарника.

Тепловий розрахунок запропонованого типу теплового насосу показав, що потужність компресора його холодильної установки менше потужності теплового насосу, в якому нагрівання припливного повітря здійснюється звичайними електро-нагріваючими елементами, в шість разів.

Впровадження в практику запропонованого вдосконалення теплового насосу, крім указаних переваг, суттєво зменшить теплове забруднення оточуючого середовища, оскільки зменшується робота компресора.

Для зіставлення дієздатності і ефективності пропонуємого термодинамічного циклу теплового насосу з ефективністю використовуємого зараз метода кондиціонування в зимовому режимі виконано тепловий розрахунок і розрахунку суднової системи комфортного кондиціонування повітря (ССККП) виконано в монографії [2]. Вдосконалення конструктивних елементів теплового насоса (що виконаний за рекомендаціями [1] повинні забезпечити підвищення ефективності і надійності експлуатації холодильної установки.

Тобто дослідження теплового насоса повинні містити комплекс експериментів по реалізації запропонованих технічних рішень. Виконання дослідів доцільно провести шляхом проведення експерименту, що дозволяє з'ясувати зменшення дійсної потужності компресора.

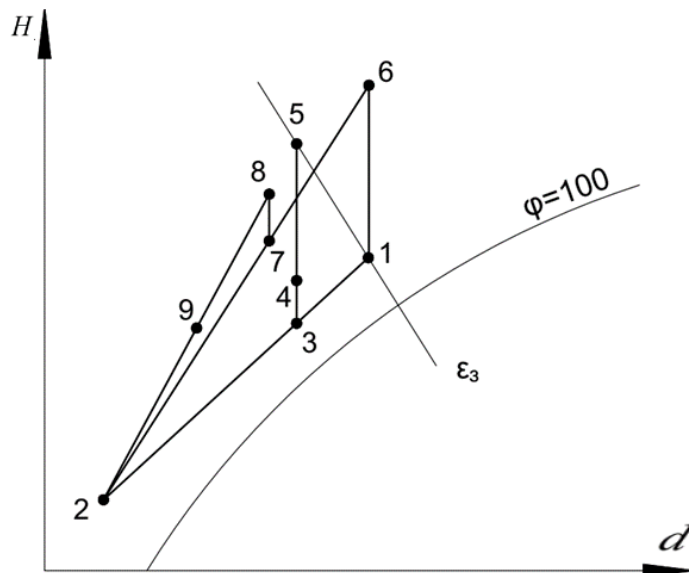


Рисунок 1 – Процеси обробки повітря теплового насосу:

3-4 стиснення припливного повітря вентилятором; 4-5 остаточне нагрівання за рахунок теплоти конденсації; 1-6 нагрівання випарника сумішшю, яка складається із додатково нагрітої частки повітря приміщення і частки зовнішнього повітря за рахунок теплоти перегрітої пари холодоагенту холодильної машини теплового насосу; 6-2 змішування з часткою зовнішнього повітря; 7-8 нагрівання суміші при стисненні її вентилятором; 8-9 охолодження суміші.

Для визначення термічних параметрів пропонується скористатися одним із варіантів визначення температури та тиску в характерних точках робочого циклу холодильної установки теплового насосу:

1) За наявності доступу у всмоктувальну та нагнітальну порожнину компресора, визначаються тиски всмоктування $P_1 = P_{вс} = P_o$ у *т.л* (рис.2), та нагнітання $P_{нагн} = P_2 = P_k$ холодильного агента; і відповідно температури t_1 всмоктування та нагнітання t_2 ; якщо є доступ тільки до всмоктувальної лінії - визначаються $P_{вс}$, t_1 , t_2 ; а так само температура t_5 на виході з фільтра-осушувача.

2) Визначення властивостей без використання датчиків тиску т.к. в багатьох сучасних холодильних установках не передбачена можливість підключення зовнішніх приладів тиску, а розгерметизація системи призводить до викиду холодильного агента в атмосферу, і тим самим до ускладнення ремонтних робіт. Таким чином визначаються: температури конденсації та кипіння ХА t_k та t_0 ; температури всмоктування t_1 , та нагнітання компресора t_2 ; температура переохолодженого рідкого холодоагента t_5 .

По визначених температурах у діаграмах « $T-S$ » та « $h-lgP$ » для прийнятого холодоагенту будують робочий цикл холодильної машини, визначають параметри у вузлових точках циклу, які заносять в таблицю 1.

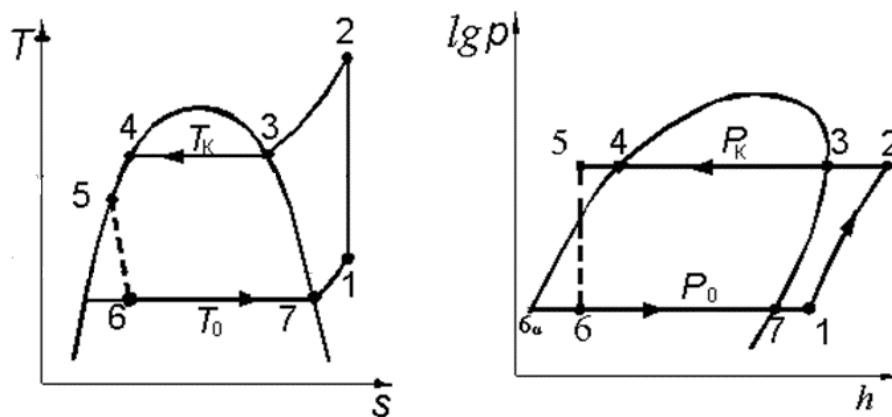


Рисунок 2 – Робочий цикл холодицької установки теплового насосу у діаграмах «T-S» та «h-lgP».

Таблиця 1 – Параметри холодоагенту у вузлових точках циклу

Вузлові точки	Температура t, °C	Тиск p, МПа	Ентальпія h, кДж/кг	Питомий об'єм v, м³/кг
1-7				

Розрахунки виконуються в наступній послідовності:

Питома масова холодопродуктивність, кДж/кг $q_0 = h_7 - h_6$

Питома об'ємна холодопродуктивність, кДж/м³ $q_v = \frac{q_0}{v_1}$

де v_1 – питомий об'єм пари на вході в компресор, м³/кг, (в точці 1, рис.2)

Питома теоретична (адіабатна) робота стиску в компресорі (робота затрачена на цикл), кДж/кг $l = h_2 - h_1$

Теоретичний холодильний коефіцієнт $\varepsilon_m = \frac{q_0}{l_0}$

Дійсна маса холодоагенту G_0 , що надходить у компресор із випарника (дійсна масова подача компресора), кг/сек

$$G_0 = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{3,6Q_0}{q_0}$$

де Q_0 , - заявлена(паспортна) теплопродуктивність теплового насосу, кВт (ккал/год).

Дійсний об'єм пари холодоагенту V_0 , що надходить у компресор із випарника (дійсна об'ємна подача компресора), м³/сек $V_0 = G_0 v_1$

Коефіцієнт подачі компресора $\lambda = \left[1 - c \left(\frac{p_k}{p_0} - 1 \right) \right] \frac{T_0}{T_k}$

де c – відносна величина шкідливого простору ($c = 0,015 \div 0,05$);

p_k, p_0 – тиск конденсації й кипіння холодоагенту, МПа;

T_k, T_0 - температура конденсації й кипіння холодоагенту, К, ($T = 273 + t$ °C).

Об'єм, що описують поршні компресора (теоретична об'ємна подача

компресора) , м³/сек
$$V_h = \frac{V_0}{\lambda}$$

Теоретична (адіабатна) потужність компресора, кВт $N_a = l_o G_o$

Індикаторна потужність компресора, кВт $N_i = N_a / \eta_i$

де η_i – індикаторний коефіцієнт корисної дії (ККД).

Для визначення індикаторного ККД можна використати емпіричну формулу Левіна, $\eta_i = \lambda_\omega + b \cdot t_u$

де λ_ω – об'ємний коефіцієнт, що оцінює втрати, які пов'язані із підігрівом холодоагенту за рахунок теплообміну пари зі стінками циліндра,

$$\lambda_\omega = \frac{T_u + 40}{T_\kappa}$$

- для непрямоточних компресорів

b – емпіричний коефіцієнт. Для фреонових компресорів $b = 0,0025$, для аміачних – 0,001;

t_u – температура кипіння холодоагенту у випарнику, °C (підставляється в формулу зі своїм знаком).

Потужність механічних втрат у компресорі, кВт

$$N_m = 10^3 p_{mp} V_h$$

де p_{mp} – питомий тиск тертя,

$p_{mp} = 0,02 \div 0,035$ МПа – для фреонових непрямоточних компресорів;

$p_{mp} = 0,04 \div 0,06$ МПа – для фреонових прямоточних;

Потужність механічних втрат залежить від розмірів і режиму роботи компресора.

Ефективна потужність на валу компресора, кВт

$$N_e = N_i + N_m$$

Механічний коефіцієнт корисної дії компресора

$$\eta_m = N_i / N_e$$

Механічний ККД залежить від конструктивних особливостей, режиму роботи, якості монтажу і стану компресора.

Енергетична ефективність холодильних компресорів, як і енергетична ефективність холодильних машин в цілому, характеризується дійсними холодильними коефіцієнтами (EER- energy efficiency ratio) та опалювальним коефіцієнтом (COP - coefficient of performance). Враховуючи те, що теплота, що відводиться від навколишнього середовища, завжди відмінна від нуля, COP теплового насоса повинен бути більше одиниці.

$$COP = EER + 1 = \frac{Q_0}{N_e} + 1$$

Паспортні дані компресорів теплових насосів приводяться в стандартному температурному режимі ($t_0 = 5^\circ\text{C}$ – температура кипіння; $t_\kappa = 55^\circ\text{C}$ – температура конденсації.) , якій не співпадає з розрахунковим, тому доцільніше перерахувати його на стандартний і перевіряти по величині V_h .

Залежність між стандартною холодопродуктивністю і робочою виражається слідуючим рівнянням:

$$COP_{cm} = COP \frac{\lambda_{vc} \lambda_c}{q_v \lambda}$$

Де COP ; COP_{cm} коефіцієнтом ефективності обігріву при робочих і стандартних умовах, кВт;

q_v , q_{vc} - питома об'ємна холодопродуктивність при робочих і стандартних умовах, кДж/м³

λ , λ_c - коефіцієнт подачі при робочих і стандартних умовах.

λ_c визначають аналогічно робочим умовам.

Також за умови відсутності даних деякі з величин можуть бути визначені в наступний спосіб:

$$V_h = \frac{\pi \cdot D^2}{4 \cdot 60} \cdot S \cdot n \cdot z, \text{ де } D, S - \text{діаметр і хід поршня, м; } n - \text{частота обертання, об / хв; } z - \text{число циліндрів. } V_0 = V_h \lambda; G_o = V_0 / v_1; COP = G_o q_0.$$

Величину N_e можна отримати досвідченим шляхом за допомогою використання цифрового вимірювача споживаної потужності, який відображає в режимі реального часу напругу мережі, частоту змінного струму, струм, що споживається, споживану потужність (мінімальну і максимальну), кількість електроенергії, коефіцієнт потужності.

Таким чином, дослідження теплового насоса повинні бути здійснені за допомогою проведення експериментів «до» та «після» реалізації запропонованих технічних рішень по вдосконаленню, при однакових зовнішніх та внутрішніх умовах. У результаті чого можливо буде з'ясувати величину зменшення дійсної потужності компресора у другому випадку.

Отже, перехід на «обігрів» випарника (зовнішнього блоку), при зимовому режимі теплового насосу сумішню підігрітої частки рециркуляційного повітря приміщення із часткою зовнішнього повітря дозволяє підвищити:

— надійність роботи кондиціонера (виключаючи процес обмерзання зовнішнього блоку);

— ефективність роботи установки підвищується завдяки зменшенню роботи компресора та зниженню його потужності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лавренченко Г.К., Слинко А.Г., Козловский С.В., Бойчук А.С., Шамов А.В., Очеретяний Ю.О., Пиндюк Д.В.. Заявка на спосіб обігріву випарника холодильної машини теплового насосу . МКВ F02B37/00. - Одеса: «ОНМУ», 2024. – С. 1-12.

2. Очеретяний Ю.А. Техническая эксплуатация судовых холодильных установок и систем кондиционирования // Учебное пособие для курсантов и студентов высших морских учебных заведений. – 2014. - Одеса: Изд. ОНМА, 204 С.

Необхідні умови для визначення стану турбулентного процесу горіння по характеристикам випромінювання при змішуванні потоків.

Визначення стану процесу горіння в топкових пристроях базується на феноменологічному підході до комплексної термодинамічної скалярної структури полум'я із застосуванням оптичних методів аналізу структури турбулентного процесу.

Основні процеси, що визначають структуру турбулентного процесу:

- підведення і взаємодія палива і повітря;
- температура і концентрації компонентів і їх розподіл в перерізі потоку;
- вихід проміжних продуктів згоряння.

Для скалярної структури процесу може бути використана відома модель для «відновленої концентрації» z палива з урахуванням явища переміжності в турбулентному потоці.

Необхідними умовами вирішення цієї задачі є встановлення залежності динамічного діапазону світлової енергії, меж кольорових і спектральних змін випромінювання полум'я, а також спектрального складу випромінювання від експлуатаційних характеристик процесу горіння.

Динамічний діапазон випромінювання полум'я обумовлюється зміною температури відповідно до структури процесу, меж кольорових і спектральних змін об'ємної концентрації часток сажі в ядрі полум'я і зонах їх спалювання.

На рис. 1 наведено схематичне зображення зміни основних параметрів процесу горіння для типових схем.

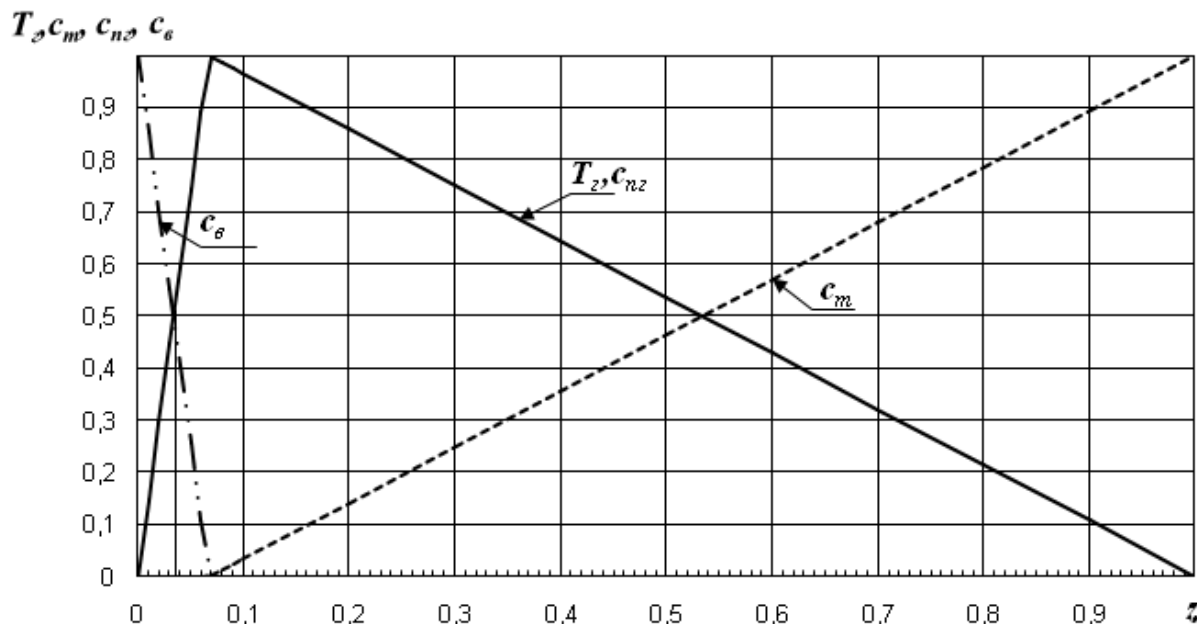


Рис.1 Залежність скалярної структури полум'я від «відновленої концентрації» палива

Перемішування палива з повітрям відповідає переміщенню справа наліво, а хімічні реакції відповідають переміщенню знизу вгору.

В полум'ї попередньо не перемішаної суміші змінна змішування еволюціонує справа ($z = z_{я}, T = T_o$) до змінної змішування при максимальній температурі $z = z_{стех}, T = T_{стех}$ (для мазутів максимальна температура $T_{стех}$ складає $2065 \div 2155$ °С, стехіометричне значення умовної концентрації мазута $z_{стех} = 0,068$) і далі - до перемінної змішування до кінцевої суміші $z = z_{кін}$ при температурі $T = T_{кін}$.

Область поблизу максимальної температури $T_{стех}$ визначає максимальне значення межі динамічного діапазону випромінювання, а область кінцевої суміші при температурі $T = T_{кін}$ мінімальне значення цього діапазону.

Емісія часток сажі в ядрі полум'я топкового пристрою котла обумовлена скалярною структурою процесу і визначається порогом сажеутворення і обмежена значенням $z < 2z_{стех}$, яке визначає умови існування турбулентного дифузійного полум'я. Відповідно об'ємна концентрація часток сажі в ядрі полум'я і зонах їх спалювання для полум'я в видимому спектрі визначає діапазон зміни ступені чорноти полум'я в межах $\varepsilon = 0,15 - 1$.

Внаслідок вищевказаного в полум'ї формуються кілька характерних областей, в яких характеристики випромінювання полум'я відмінні.

Виділяють дві характерні області:

- прозорого турбулентного дифузійного полум'я, коли умови випромінювання відповідають ступені чорноти полум'я в межах $\varepsilon \leq 0,15$;
- області з $\varepsilon \rightarrow 1$, які відповідають умовам випромінювання АЧТ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Kuznetsov V.R., Sabel'nikov V.A. Turbulence and Combustion. New York : Hemisphere Publishing, 1990. 362 p.
2. Варнатц Ю., Маас У., Диббл Р. Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты, образование загрязняющих веществ /Пер. с англ. Г. Л. Агафонова. Под ред. П. А. Власова – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 352 с.

Покращення паливної економічності дизельних двигунів річкових катерів

Актуальність теми. Одним з головних проблемних завдань дизелебудування, зокрема суднових дизельних двигунів, є забезпечення та покращення паливної економічності на режимах від холостого ходу до максимально тривалої потужності. Науковці та проектні організації працюють над вирішенням цього питання для сучасних суднових дизельних двигунів, це з одного боку. З іншого боку, зокрема в Україні, залишаються судна та катери (річкові), які побудовані 30 і більш років тому. Досвід використання річкових катерів для потреб Сил оборони України показав їх ефективність як бойової одиниці, але одночасно, вказує на проблему низької паливної економічності, що знижує їх радіус дії та час виконання місії, тому вирішення проблеми покращення паливної економічності дизельних двигунів річкових катерів залишається актуальною.

Відомі чисельні спроби створення спеціальної паливної апаратури для отримання різних законів регулювання подачі палива в циліндр двигуна внутрішнього згоряння [1-5]. Відомі на зараз наукові дослідження, винаходи та конструкторські рішення, мають достатню складність та недостатню надійність в роботі або високу вартість кінцевого продукту. Для сучасних суднових дизельних двигунів, це відповідне компромісне рішення між паливною економічністю, надійністю, безпекою та вартістю. Для отримання простого, економічно обґрунтованого технічного рішення для суднових дизельних двигунів побудованих у 80-х – 90-х роках ХХ століття, на погляд авторів є модернізація паливної системи двигуна за рахунок використання форсунки (гідрокервної) з регульованим законом подання палива. При цьому технічному рішенні відбувається зміна характеристики уприскування безпосередньо перед розпилюючими отворами, оскільки в цьому випадку усувається можливість спотворення імпульсу тиску в нагнітальному трубопроводі і об'ємах у насоса (об'єм камери нагнітання V_n та об'єм штуцера насоса V'_n).

Ціллю роботи є отримання різних законів подання палива на дослідній гідрокерованій форсунці з регульованим законом подання палива.

Виклад основного матеріалу. Приклад форсунки характеристики якої досліджувались, має в своїй конструкції гідрокеруючу порожнину, яка утворюється з об'єму над верхнім торцем голки розпилювача та каналу 3 для підведення керуючої рідини, оснащена зворотним 9 і перепускним 5 клапанами, представлений на рис. 1. Для зменшення об'єму гідрокеруючої порожнини, в корпус штатної форсунки вставляються втулки 4. Канал 3 під час процесу уприскування, при підйомі голки 1 під дією високого тиску палива в об'ємі 2, відокремлюється від іншого об'єму 8 за допомогою зворотного клапана 9 (з пружиною малої жорсткості). Даний клапан перекидає канал 8, як тільки тиск в об'ємі гідрокеруючої порожнини, внаслідок підйому голки 1, перевищить

початковий тиск керуючої рідини. Процес підвищення тиску буде тривати до тих пір, поки тиск, що відповідає початковому стисканню пружини 6 перепускного клапана 5 не стане менше тиску керуючої рідини, внаслідок цього голка 5 почне підніматися, перепускаючи частину рідини назад у ємність. Зміна закону подачі палива в даному випадку відбувається наступним чином – поки клапан 5 закритий, голка розпилювача піднімається повільно та на невелику висоту, внаслідок цього прохідна площа під конусом голки також буде мала, що призводить до незначної кількості палива, що уприскується в циліндр двигуна.

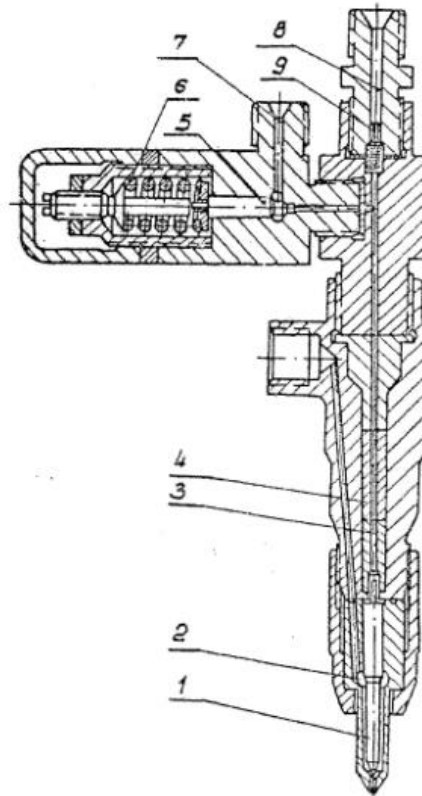


Рис. 1. – Гідрокерована форсунка з регульованим законом подання палива: 1 – голка форсунки; 2 – порожнина під голкою; 3 – канал підведення керуючої рідини до голки; 4 – втулки; 5 – перепускний клапан; 6 – пружина; 7 – канал перепускання керуючої рідини у бачок; 8 – канал підведення керуючої рідини до форсунки; 9 – зворотний клапан

Змінюючи початковий тиск керуючої рідини, можна змінювати початкову висоту підйому голки і, тим самим величину первинної порції палива. Після підйому голки клапана 5 тиск в гідрокеруючій порожнині, різко зменшується, що призводить до швидкого підйому голки та одночасно до збільшення площі під її конусом та кількості палива, що уприскується в циліндр двигуна. Такий спосіб зміни закону подачі палива дає можливість організувати ступінчасту характеристику уприскування палива, параметри якої можна змінювати в широких межах.

Характеристики уприскування палива іншого типу можуть бути отримані, якщо перекрити перепускний клапан 5. В цьому випадку, змінюючи початковий тиск керуючої рідини та її об'єм, можна отримати різні закони переміщення (підйому) голки та характеристики уприскування.

Тиск при якому починає відкриватися перепускний клапан можна визначити з наступного рівняння:

$$p_{\text{відкр}} = \frac{f_{\text{и}} \cdot y}{\alpha \cdot (V_{\text{зан}} - f_{\text{и}} \cdot y)} + p_{\text{зан}},$$

де $p_{\text{зан}}$ – тиск (початковий) керуючої рідини;

$V_{\text{зан}}$ – об'єм гідрокеруючої порожнини;

$f_{\text{и}}$ – площа поперечного перерізу голки форсунки;

y – величина переміщення голки форсунки;

α – коефіцієнт стискування керуючої рідини (в об'ємі гідрокеруючої порожнини).

Об'єм гідрокеруючої порожнини $V_{\text{зан}}$ обирається як можна меншим (в даному випадку $V_{\text{зан}} = 0,4 \text{ см}^3$).

Експериментальне дослідження наведеної вище форсунки проводилося на безмоторному стенді з приводом паливного насоса високого тиску дизельного двигуна ЧН25/34 від електродвигуна постійного струму. Принципова схема системи гідравлічного управління приведена на рис. 2.

Рідина (в даному випадку дизельне паливо) від паливного насоса високого тиску 1 подається через гідроаккумулятор 3 до форсунки 5. З метою підтримки постійного тиску керуючої рідини та спостереження за його зміною, до гідроаккумулятора приєднуються перепускний клапан 4 і манометр 2. Гідроаккумулятор розташовується ближче до форсунки. Характеристики уприскування палива фіксувалися за допомогою осцилографу, а саме, тиск перед отворами розпилювача.

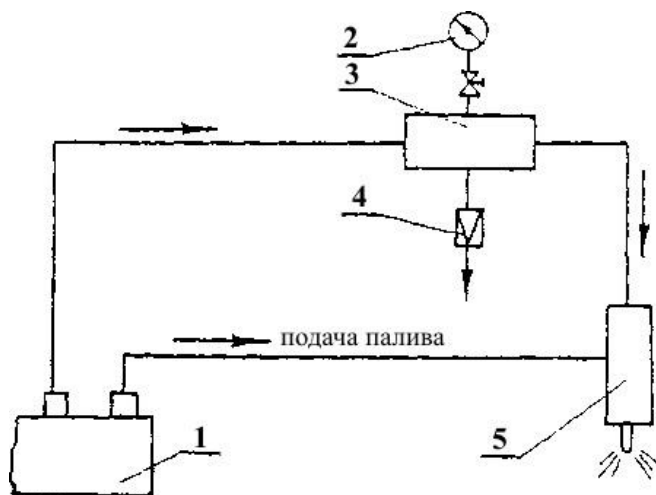


Рис. 2. – Принципова схема системи гідравлічного управління роботою форсунки: 1 – паливний насос високого тиску; 2 – манометр; 3 – гідроаккумулятор; 4 – перепускний клапан; 5 – форсунка

На рис. 3 наведені диференціальні та інтегральні характеристики подачі палива через форсунку, які отриманні під час проведення експерименту.

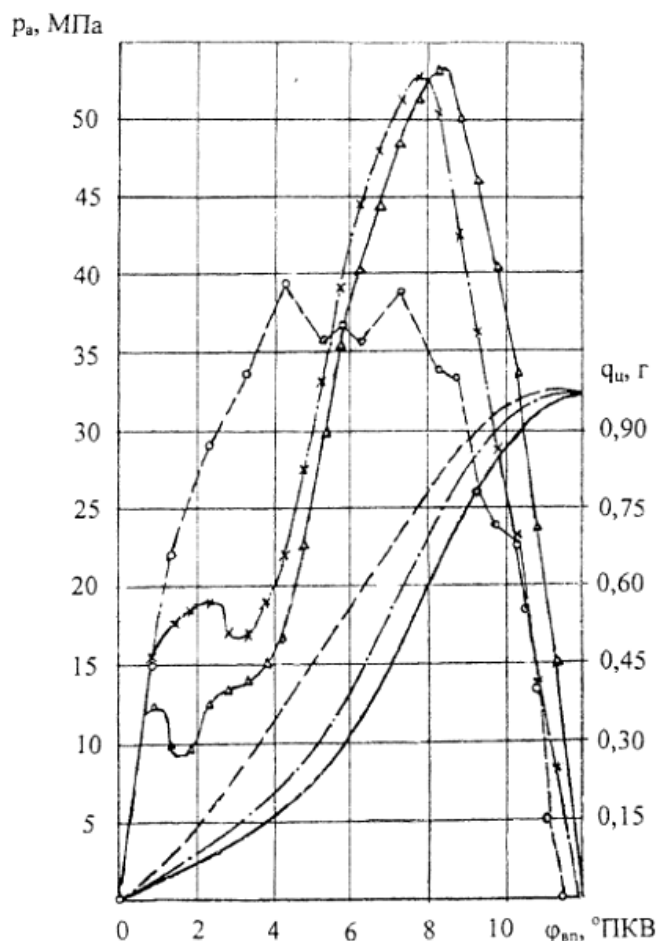


Рис. 3. – Характеристики уприскування палива і їх інтегральні криві, отримані на штатній і дослідній форсунках ($n = 225 \text{ хв}^{-1}$; $q_u = 1,0 \text{ г}$)

○ – форсунка дизельного двигуна, $p_{ф0} = 25 \text{ МПа}$;

Δ – дослідна форсунка, $p_{зан} = 18,5 \text{ МПа}$; $p_{відкр} = 28 \text{ МПа}$;

× – дослідна форсунка, $p_{зан} = 24,5 \text{ МПа}$; $p_{відкр} = 36,5 \text{ МПа}$

Висновки. Проведенні експериментальні дослідження свідчать про те, що:

1. Процес уповільнення ходу голки розпилювача в початковій фазі уприскування палива з подальшим її швидким підйомом, забезпечує подачу в циліндр двигуна меншої кількості палива у період затримки процесу самозаймання, що в підсумку призводить до покращення характеристик дизельного двигуна.

2. Зі збільшенням частоти обертання кулачкового валу формування ступеньки відбувається при більшому ході голки розпилювача (тобто положення сходинки вище, ніж при меншій частоті обертання валу) із-за запізнювання закриття зворотного клапана.

3. Простота запропонованого конструкторського рішення, підтвердження його на експериментальному стенді, дозволяє запропонувати дане рішення для покращення паливної економічності дизельних двигунів річкових катерів, тим самим розширюючи їх спроможності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Черемісін В.І. Визначення протічок палива через прецизійну пару розпилювача дизельної форсунки. / В. І. Черемісін, М. С. Бабінчук // Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. – 2021. – № 42. – Одеса: НУ «ОМА». – С.59-69.
2. Половинка Э.М. Развитие систем топливоподачи современных дизелей / Э.М. Половинка, Ю.А. Карпилов // Судовые энергетические установки: научно-технічний збірник. Вип. 31. – Одеса: ОНМА – 2013. – С. 133-144.
3. *Rehbichler G.* The Bosch Electronic Diesel Control System for Medium and High Speed Engines. [Електронний ресурс]. / G. Rehbichler, C. Kendlbacher, M. Bernhaupt. – Режим доступу: https://jxpt.whut.edu.cn/meol/common/script/preview/download_preview.jsp?fileid=518936&resid=64210&lid=5030&preview=preview
4. Волкова Л.Ю. Диагностирование процесса подачи топлива в дизелях / Л.Ю. Волкова, Ю.П. Макушев // Наука и техника Казахстана. – 2018. – № 2. – С. 19–28.
5. Mahp B. Future and Potential of Diesel Injection Systems [Електронний ресурс]. / В. Mahp. – Режим доступу: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-10502-3_1

Експериментальне дослідження параметрів роботи ежектору у складі суднового кондиціонера повітря, що використовує вторинну теплоту**Вступ**

Теплота вихлопних газів головних суднових двигунів, а також теплота, що відводиться в сорочці охолодження двигуна, мають великий потенціал для застосування в тепловикористовуючих холодильних машинах. Основними типами тепловикористовуючих холодильних машин є абсорбційні та ежекторні машини (ЕХМ). У роботі розглядається можливість застосування останніх для суднових систем кондиціонування повітря як компактніших, найпростіших у виготовленні, конструкції та експлуатації.

В роботі [1] розглядалася нова комбінована ежекторно-компресійна холодильна система для провізійних камер торгових суден. Була показана принципова можливість утилізації суднової низькопотенційної теплоти (85–95°C) охолоджувальної води сорочки двигуна. Два ежектори різної геометрії для забезпечення роботи ежекторної ступені при зміні температури морської води в широкому діапазоні були спроектовані та запропоновані до встановлення паралельно. Використання такої комбінованої системи сприятиме економії палива від 25 до 33 % за рейс порівняно із компресійною системою. Комбінованій системі властивий менший питомий викид CO₂ на 1 кВт·год енергії холоду, ніж стандартній системі, для всіх розглянутих режимів роботи.

В роботі [2] розроблено експериментальний прототип суднової ЕХМ, яка виробляє 21–32 кВт холоду з 75 кВт теплоти, утилізованої з суднових димових газів. Такі потужності покривають потреби у холоді з метою кондиціонування на малих та середніх судах. Холодильний коефіцієнт становив 0,32–0,46 для досліджених режимів.

Подальші теоретичні та експериментальні дослідження необхідні для обґрунтування застосування ежекторних холодильних машин на судах, а також для отримання експериментальних характеристик роботи ежектора у різних режимах у складі морського кондиціонера.

Експериментальне дослідження

Метою експериментального дослідження було отримання впливу температури кипіння та конденсації при фіксованій температурі генерації на параметри ефективності суднової ЕХМ, яка працює на холодоагенті R245fa. Експерименти проводилися на експериментальній установці, опис якої наведено в [3, 4].

На рис. 1 показана конструкція надзвукового ежектора з двома симетричними всмоктуючими приймальними патрубками, нахиленими до осі ежектора. Для забезпечення рівномірного розподілу пари, що ежекується, в приймальній камері підведення пари здійснювалося з двох протилежних сторін через всмоктувальні патрубки, розташовані під кутом 30° до осі ежектора. Така кон-

струкція ежектора і такий спосіб підведенням пари, що ежекується, сприяє зменшенню втрати на удар в ежекторі, скорочує довжину кільцевої приймальної камери, а також поверхні сопла, що омивається холодною парою. Для додаткового зменшення втрат при взаємодії активного та пасивного потоків сопло із зовнішнього боку було виконано обтічної форми з гострою кромкою у вихідного перерізу.

У таблиці 1 наведено геометричні характеристики експериментального ежектора фіксованої геометрії.

Конструкція ежектора передбачала можливість осьового переміщення сопла з метою встановлення в оптимальному положенні щодо вхідного перерізу камери змішування.

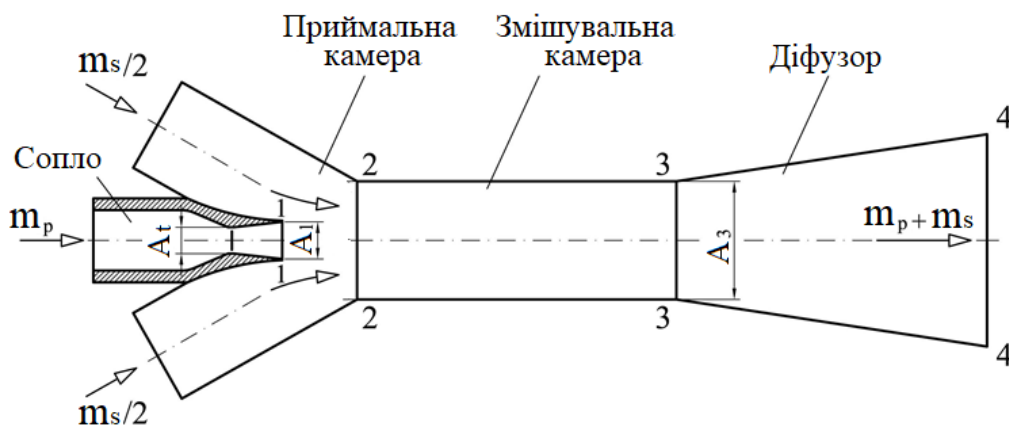


Рисунок 1. Конструкція надзвукового ежектора з двома симетричними всмоктуючими приймальними патрубками: m_p та m_s - витрата робочого (первинного) та ежекуємої (вторинного) потоків

Експеримент проводився на випробувальному стенді ЕХМ в певному діапазоні температур кипіння та конденсації t_e і t_c при фіксованій температурі генерації $t_g = 95$ °С. Результатів випробувань, отриманих при роботі ЕХМ (експериментального стенду) з ежектором з відношенням площі $A_3/A_t = 8,33$, який було спроектовано для роботи при $t_g = 95$ °С і $t_e = 12$ °С з використанням холодоагенту R245fa, показано на рис. 2–4. Положення сопла було зафіксовано на відстані від його входу в камеру змішування 18 мм.

На рис. 2 показано вплив температури конденсації на ефективність ежектора (коефіцієнт ежекції ω) для змінних температур кипіння $t_e = 4 - 18$ °С та при температурі генерації $t_g = 95$ °С. З отриманих експериментальних даних можна побачити, що для кожного заданого t_e коефіцієнт ежекції залишається постійним зі збільшенням температури конденсації t_c до досягнення певного значення t_c^* , відомого як «критична температура конденсації» t_c^* [5]. Після досягнення критичної температури t_c^* коефіцієнт ежекції ω швидко падає.

Таблиця 1. Геометричні характеристики надзвукового ежектора фіксованої геометрії

Сопло		Циліндрична камера змішування з дифузором	
Діаметр критичного перерізу сопла d_t	4,212 мм	Діаметр перерізу циліндричної секції d_3	12,155 мм
Площа критичного перерізу сопла A_t	13,93 мм ²	Площа перерізу циліндричної секції A_3	115,98 мм ²
Діаметр вихідного перерізу сопла d_1	7,11 мм	Довжина циліндричної секції d_{mch}	90,62 мм
Площа вихідного перерізу сопла A_1	39,68 мм ²	Довжина дифузора d_d	142,9 мм
Відношення площин A_1/A_t	2,85	Кут розходження дифузора	8,0°
Кут сходження сопла	30°	Діаметр вихідного перерізу дифузора d_4	32,0 мм
Кут розходження виходу з сопла	6,0°	Площа вихідного перерізу дифузора A_4	803,84 мм ²

На рис. 3 і 4 показано експериментально отримані залежності коефіцієнту ежекції ω , COP_{therm} і холодопродуктивності Q_e від критичної температури конденсації t_c^* при різних значеннях температури кипіння t_e .

З отриманих експериментальних даних випливає, що збільшення t_e викликає збільшення ω , COP_{therm} , Q_e та t_c^* . Збільшення t_e від 4 до 18 °С призводить до зростання ω від 0,23 до 0,53, COP_{therm} від 0,17 до 0,42, Q_e від 2,9 до 6,8 кВт і t_c^* від 32,3 до 37,7 °С.

З рис. 2-4 видно, що зі збільшенням температури кипіння, зростає коефіцієнт ежекції ежектора, і також збільшується критична температура конденсації. Це означає, що ежектор «легше» працює за високих температур кипіння (з більшою ефективністю). Відповідно, більша холодопродуктивність забезпечується при високих температурах кипіння.

Критична температура конденсації визначається температурою заборотної води. Для південних регіонів висока температура морської води може спричинити збій у роботі ЕХМ. Тому це необхідно враховувати при виборі режиму роботи ЕХМ.

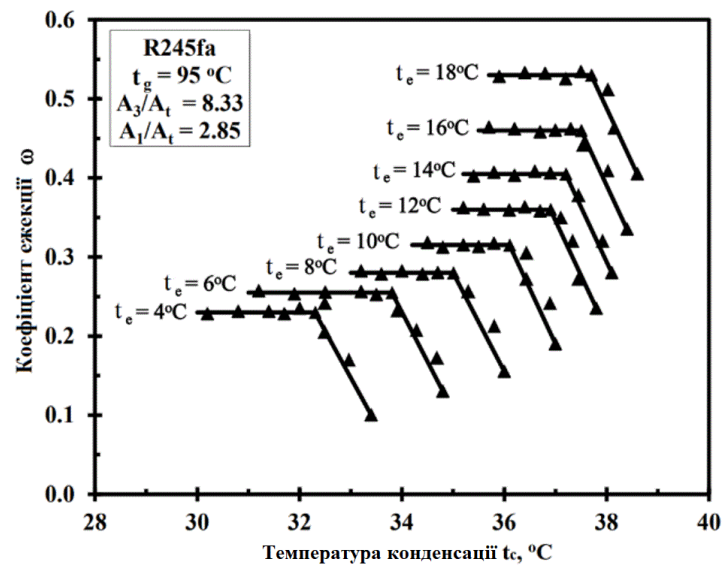


Рисунок 2. Експериментальні значення коефіцієнта ежекції ω в залежності від температури конденсації t_c для різних температурах кипіння t_e

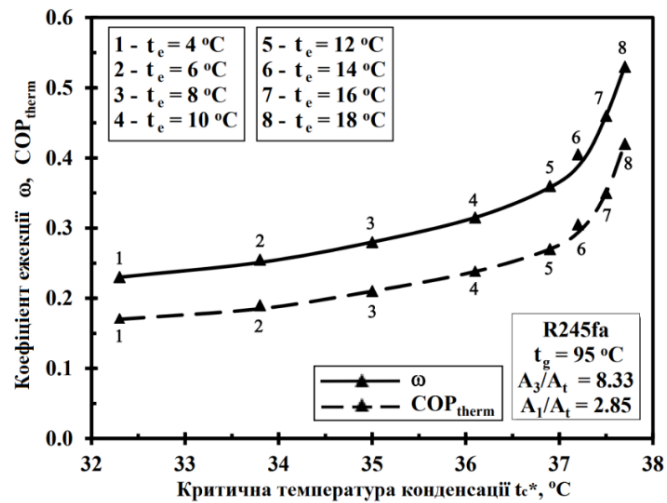


Рисунок 3. Експериментальні значення коефіцієнта ежекції ω та COP_{therm} в залежності від критичної температури конденсації t_c^* при різних температурах кипіння t_e

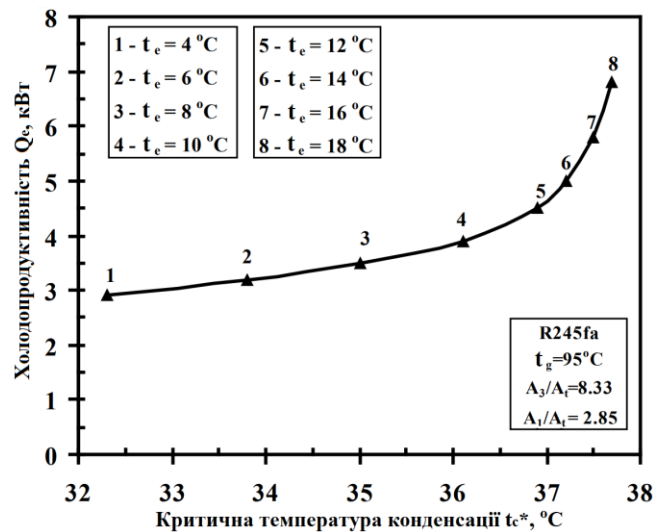


Рисунок 4. Експериментальні значення холодопродуктивності Q_e в залежності від критичної температури конденсації t_c^* при різних температурах кипіння t_e

Висновки

У роботі представлені результати експериментальних досліджень ежектора у складі ЕХМ, що працює з холодоагентом R245fa. Отримані результати випробувань демонструють, що вторинну теплоту можна використовувати для ефективної роботи ЕХМ, що працюють з R245fa для кондиціювання повітря на судах. Показано суттєвий вплив температури конденсації на параметри ефективності та на критичну температуру конденсації ЕХМ для ежектора з фіксованою геометрією. Тому, зроблено висновок, що для суднової ЕХМ доцільно встановлювати ежектор зі змінною геометрією. Застосування такого ежектору буде сприяти роботі ЕХМ у ефективних режимах при зміні температури конденсації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shestopalov K., Khliyeva O., Ierin V., Konstantinov O., Khliiev N., Neng G., Kozminykh M. Novel marine ejector-compression waste heat-driven refrigeration system: Technical possibilities and environmental advantages. *Int. J. Refrig.* 2024. Vol. 158. P. 202–215.
2. Butrymowicz D., Gagan J., Łukaszuk M., Smierciew K., Pawluczuk A., Zielinski T., Kedzierski M. Experimental validation of new approach for waste heat recovery from combustion engine for cooling and heating demands from combustion engine for maritime applications. *J. Cleaner Prod.* 2021. Vol. 290. 125206.
3. Huang B.J., Chen S.L., Petrenko V.O., Shestopalov K.O. Theoretical and experimental investigation of performance characteristics of ejector cooling machine operating with refrigerant R245fa, *The 23rd IIR International Congress of Refrigeration*, August 21-26, 2011, Prague, Czech Republic.
4. Shestopalov K.O., Huang B.J., Petrenko V.O., Volovyk O.S. Investigation of an experimental ejector refrigeration machine operating with refrigerant R245fa at design and off-design working conditions. Part 2. Theoretical and experimental results, *Int. J. Refrig.* 2015. Vol. 55. P. 212-223.
5. Huang B.J., Jiang C.B., Fu F.L. Ejector performance characteristics and design analysis of jet refrigeration system. *ASME J. Engng Gas Turbines and Power.* 1985. Vol. 107. P. 792–802.

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ

УДК 629.123

Парменова Д.Г., Колегаєв М.О.

Національного університету «Одеська морська академія»

Забезпечення енергетичної ефективності судна шляхом управління станом корпусу судна

Економія енергетичних ресурсів є одним з найголовніших завдань світової економіки та економіки України, а також природоохоронної світової політики. Значимість її визначається усе зростаючим споживанням палива та енергії в країні, зростанням цін на них та забруднення атмосфери парниковими газами [1-3].

Незважаючи на те, що основні якості суднових дизелів, що обумовлюють його паливну економічність, закладаються і забезпечуються на стадіях проектування і саме доведення й реалізація закладених можливостей і, тим більше, резервів залежить від правильно організованої технічної експлуатації суднових дизельних енергетичних установок і судна в цілому.

Економія палива на морському флоті може бути досягнута кількома шляхами. Один з них полягає в поповненні флоту досконалими суднами, оснащеними сучасними економічними дизелями та котлами. Цей шлях пов'язаний з розробкою нової прогресивної техніки, для чого потрібен досить тривалий час. Другий шлях – економія палива на морському флоті, а саме підвищення ефективності використання суден шляхом збільшення експлуатаційного часу, зниження втрат палива, вибору та забезпечення оптимальних режимів роботи суднової енергетичної установки, а також проведення різних організаційно-технічних заходів щодо економії паливно-енергетичних ресурсів.

Морські тварини й водорості, що поселяються на підводній частині судна, збільшують опір руху судна, впливають на його осадку, зменшують його швидкість і маневреність, викликаючи значне збільшення потужності енергетичної установки для підтримки заданої швидкості, крім того, створюється небезпека для морських екосистем перенесенням інвазійних мікро- та макроорганізмів [4,6]. У світі існує близько 4000 видів організмів, що призводять до біологічного обростання, перенесення яких несе наступні збитки для прибережних країн [4,6-7]:

- екологічному стану прибережних вод країн: можуть порушуватися встановлені екосистеми (інвазійні види можуть не мати природних хижаків);
- економіці країн: вплив на рибальство та аквакультуру, пошкодження інфраструктури, негативний вплив на туризм, прямі витрати на відновлення екосистеми;
- здоров'ю людини: можуть бути перенесені токсичні види, наприклад хвороботворні бактерії.

Тобто всі вище зазначені проблеми безпосередньо впливають на екологічний стан морського довкілля, тому захисту суден від обростання приділяється велика увага у всіх морських країнах.

Відомо, що збільшення шорсткості підводної частини корпусу судна на 25 мкм підвищує опір руху судна на 2,5 %. Нерідкі випадки, коли обростання, що утворилося за 6 місяців, вимагає збільшення потужності на 100% для підтримки швидкості 15 вузлів [4,5].

Водоводи суден, приморських електростанцій і заводів обростають при швидкостях потоку води менш 4 м/с. Сильне обростання водоводів і систем охолодження може привести до їхньої повної закупорки та порушення роботи гідроакустичних і інших підводних приладів і механізмів.

Вплив обростання на збільшення витрати палива залежить від типу обростання, наприклад, обростання водоростями призводить до збільшення опору судна до 10%, а мідії, кільчаті черви, ракоподібні, гребінці та інші призводять до збільшення опору судну майже до 25 %. На рисунку 1 зображено залежність витрати палива від типу обростання.

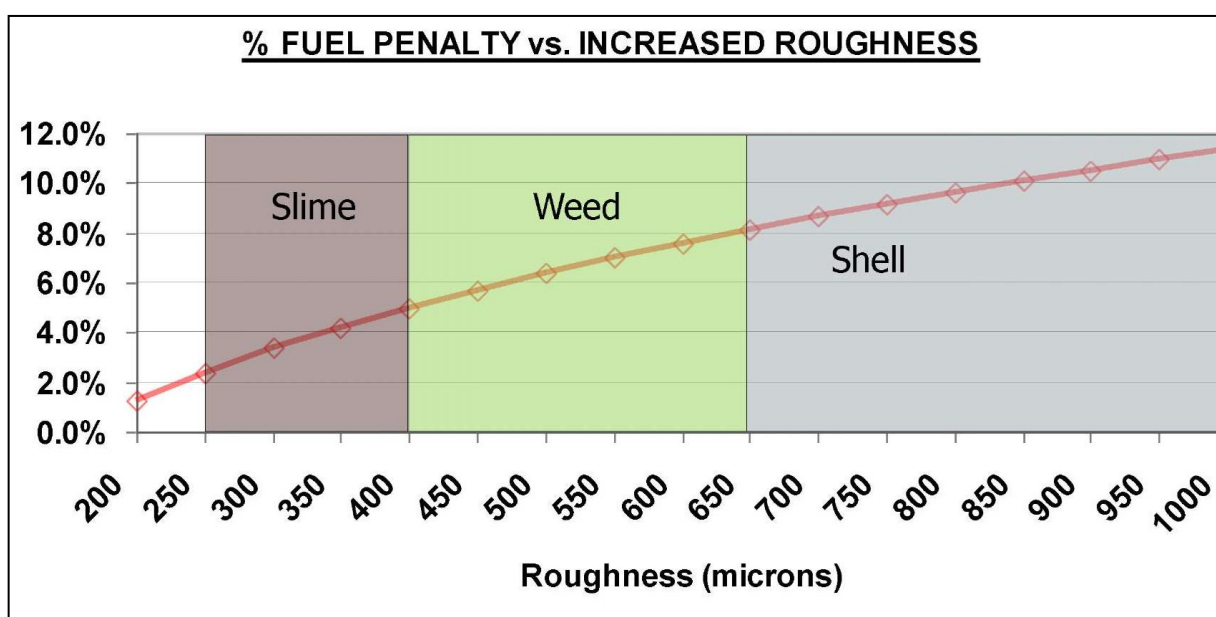


Рис. 1 - Залежність збільшення витрати палива від шорсткості корпусу судна. Джерело [5]

За приблизними розрахунками біообростання суден призводить до катастрофічного впливу судноплавства на навколишнє середовище [4,5]: додатково може бути витрачено 70 мільйонів тонн палива, що призведе до попадання в атмосферу додатково 210 мільйонів тонн діоксиду вуглецю (CO_2) та додатково 5,6 мільйонів тонн діоксиду сірки (SO_2).

Найбільш інтенсивне обростання спостерігається при експлуатації суден в тропіках, а також в помірних широтах. На рисунку 2 показано, які втрати швидкості можуть бути викликані обростанням 40 % змінного поясу корпусу судна залежно від товщини шару обростання при швидкості судна 20 вузлів [8]. До того ж, дуже сильний вплив на опір робить обростання гвинта.

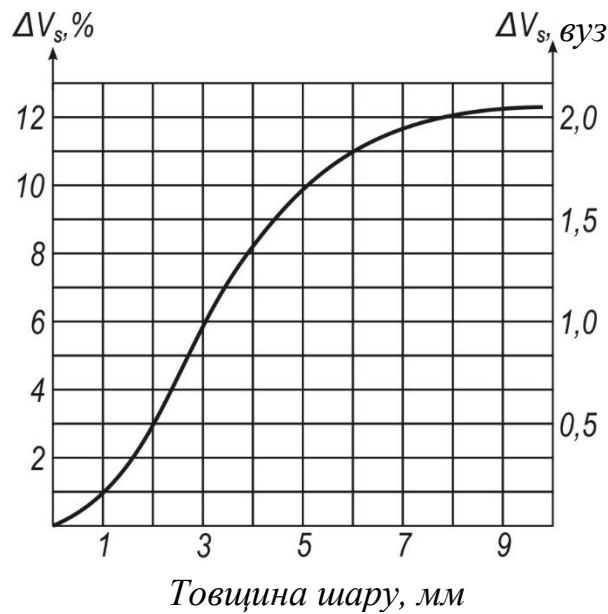


Рис. 2 - Вплив обростання на зниження швидкості ходу судна. Джерело [8]

Економічний збиток, що наноситься обростанням, не піддається точному розрахунку, тому що важко встановити додаткову витрату палива, необхідну для досягнення первісної швидкості судна, однак за результатами досліджень в [5] при наявності біологічного обростання судно може споживати до 25% більше пального, тобто судно починає працювати зі зниженою ефективністю.

Наприклад, для транспортного і промислового флоту, що експлуатується в тропічних районах при падінні швидкості промислових суден на $1,8 \div 3$ вузли, а транспортних на $1 \div 1,8$ вузла, промислові судна втрачають до 12 діб на рік, а транспортні - до 8 діб за один перехід в 6000 миль.

Таким чином, виникає необхідність докування, вартість якого для великих суден становить більше 1 млн. євро на день.

Результати досліджень, наведені в [8] показують, що погана якість підготовки корпусу перед фарбуванням нових суден надалі буде потребувати великої роботи й значних витрат на приведення підводної частини корпусу в гарний стан. Крім збільшення витрати палива, зростає зношування механізмів, що працюють на режимах, які перевищують оптимальні, і, отже, збільшуються тривалість ремонту і його вартість. Скорочується міждоковий період через необхідність більш частого ремонту механізмів, очищення й перефарбування підводної частини суден.

Запобігання обростання корпусів суден і поверхонь, що занурюються, на даний час досягається покриттям підводної частини корпусу спеціальними фарбами проти обростання.

Фарби проти обростання поділяються на два основні типи: біоцидні та небіоцидні.

Всі біоцидні фарби містять біоциди або «активні компоненти» та сполучну кислоту. Механізм їх дії полягає в тому, що біоциди вивільняються з поверхні фарби на корпусі судна при контакті з морською водою, яка є лужною ($\text{pH} \sim 8$), завдяки кислому компоненту сполучної речовини, що може розчинятися у морській воді, вивільняючи при цьому біоциди та створюючи концентрацію

біоциду на поверхні фарби (токсичний мікрошар), і таким чином запобігаючи осіданню морських організмів [9].

Для ефективної роботи таких фарб кількість виділеного біоциду («швидкість вивільнення» або «швидкість вилугування») повинна бути достатньо високою, щоб запобігти обростанню протягом всього терміну експлуатації фарби.

З 2003 року біоцидні фарби із вмістом трибутілолова заборонені Міжнародною конвенцією щодо контролю за шкідливими системами проти обрастання на судах [10], а з 2022 року внесеними змінами до цієї конвенції було заборонено також використання в фарбах біоцидного цибутрина (cybutryne), широко відомим як Irgarol-1051, який є дуже токсичним для водних організмів та може викликати тривалі несприятливі зміни для водної екосистеми.

Перевагами біоцидних фарб, що самополіруються, є:

- постійне вивільнення біоциду – навіть у стаціонарному стані;
- самополіруюча дія, яка забезпечує постійний захист від обрастання;
- високопотужний біоцид, який є активним проти більшості організмів, що забруднюють поверхню;
- лінійна швидкість полірування.

Небіоцидні покриття за механізмом дії забезпечують низькоенергетичну поверхню (антиприкріплення), до якої організми або не можуть прилипати, або можуть лише слабо прилипати, а організми, які прилипають, легко видаляються під час ходу судна або при м'якому очищенні.

Останні досягнення в галузі технологій покриття значно покращують продуктивність силіконових еластомірних систем.

Нова поверхнева нанотехнологія забезпечує амфіфільну поверхню – гідрофобну та гідрофільну основу одночасно, що не дозволяє осідати на поверхні корпусу судна організмам з різними властивостями, оскільки встановлено, що морські організми виділяють адгезивний білок або глікопротеїн, який може мати як гідрофобний так і гідрофільний характер.

Збалансована амфіфільна поверхня може мінімізувати хімічні та електростатичні взаємодії між поверхнею та адгезивом, що виділяються з ширшого кола забруднених організмів, а введення в склад таких фарб біоцидів підвищує їх ефективність при статичному стані суден. На рисунку 3 зображені результати випробувань різних покриттів, зокрема за новітніми технологіями, у морських водах Великобританії протягом 3 місяців [9].

Такі нанотехнології дозволяють досягнути більш гладкої поверхні та менший коефіцієнт тертя.

Застосування технології нанесення на металевий корпус судна покриттів з полімерними сполуками, які є слабо розчинними у воді, дозволяє отримати пристінний шар, що складається з довгих молекул, які в обтікаючому потоці води розгортаються паралельно поверхні й, таким чином, штучно створюється планарна структура, що дозволяє зменшити опір на зсув.

Такі покриття на практиці підтвердили свою ефективність. На рисунку 4 наведені результати випробувань контейнеровозу, який після нанесення небіоцидного багатофункціонального покриття «ЭПИЛАМ», підвищив швидкість

ходу з 22,5 до 26 вузлів (на 15,5%) при одній і тій же потужності головного двигуна 17000 кВт [11].

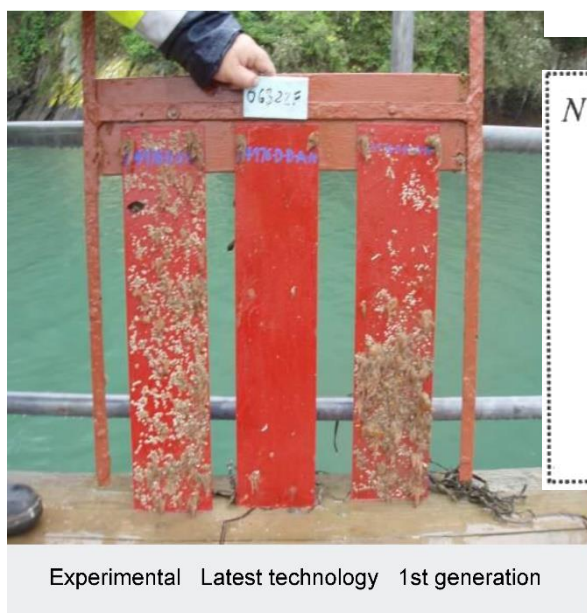


Рис. 3 – Ефективність покриття після статичного занурення протягом 3 місяців (Великобританія). Джерело [9]

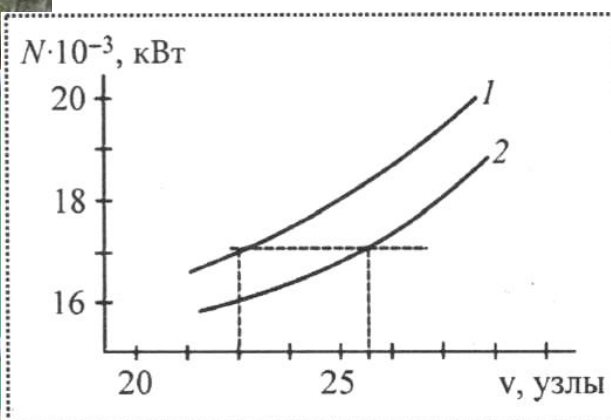


Рис. 4 – Залежність швидкості судна від його потужності:
1 - до нанесення покриття; 2 - після нанесення покриття. Джерело [11]

Особливістю небіоцидних покриттів проти обростання є те, що вони можуть бути використані на суднах, які мають швидкість ходу > 10 вузлів та мають невеликі статичні періоди протягом експлуатації судна [11].

Використання таких покриттів дозволяє отримати значну економію палива та скорочення викидів парникових газів на 9% за рахунок отримання більш гладкої поверхні та, як наслідок, за рахунок кращого коефіцієнту тертя, ніж в поверхнях покритих біоцидними фарбами проти обростання.

Висновки. Важливим шляхом економії палива на суднах є розробка та впровадження науково обґрунтованих норм витрат палива, забезпечення суворого його обліку та контролю витрат. Цей напрямок не вимагає великих витрат і залежить від організаційної роботи флоту.

Ефективна експлуатація суден залежить не тільки від їхніх морехідних якостей, що забезпечують плавання в будь-яку погоду, але й від того, наскільки надійно підводна частина судна захищена від обростання.

Значне збільшення чисельності суден в останні роки призводить до того, що щорічний збиток від обростання обчислюється десятками й сотнями мільйонів доларів, зокрема призводить до збільшення витрат палива до 25%, що збільшує негативний вплив на довкілля через зростання викидів парникових газів та порушення біологічної різноманітності вод прибережних країн чужорідними мікро- та макроорганізмами.

Запобігання обростання корпусів суден досягається покриттям підводної частини корпусу спеціальними фарбами проти обростання, які поділяються на

біоцидні та небіоцидні. Використання таких покриттів дозволяє значно зменшити негативний вплив обростання на енергетичну ефективність судноплавства та довкілля.

Використання біоцидних фарб завжди пов'язано із ризиком для стану морського середовища, оскільки їх концентрація може стати небезпечною для морських мешканців. Таким чином, необхідно прагнути до використання більш екологічних покриттів проти обростання, якими є небіоцидні покриття.

Небіоцидні покриття є безпечнішими для морського середовища, але недоліком таких фарб є їх неефективність для суден, які мають переважне значення експлуатаційної швидкості менш 10 вузлів або для суден, які багато часу знаходяться в стоянковому режимі в портах.

Таким чином, оскільки обростання є значною проблемою для судноплавства, існує постійна потреба в подальших дослідженнях і розробках у цій галузі, щоб забезпечити більш ефективні та екологічно безпечні рішення для захисту суден від обростання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міжнародна Конвенція по запобіганню забруднення моря із суден 1973 р., змінена протоколом 1978 р. до неї с поправками. Додаток VI. Правила запобігання забрудненню повітряного середовища з суден (МК МАРПОЛ 73/78).

2. Резолюція МЕРС.203(62) «Включення правил енергоефективності для суден у Додаток VI до Конвенції МАРПОЛ». Прийнята 15 липня 2011 року.

3. Парменова Д. Г., Колегаєв М. О., Кулешов І. М. Особливості впровадження заходів щодо скорочення викидів парникових газів з суден // Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 22.03.2023 – 23.03.2023. – Одеса: НУ "ОМА", 2023. – С.193 – 195.

4. Anti-fouling systems: technical aspects. Captain Alexander Sagaydak FNI, MIMarEST. IMO. Kyiv, Ukraine –1 to 5 April 2019.

5. Townsin R.L.et.al. «Fuel Economy due to Improvement in Ship Hull Surface Condition» / Int'l Shipbuilding Progress, 33 (383), 1986, p.127-130.

6. Сагін С.В., Колегаєв М.О., Парменова Д.Г. Зниження ризиків інвазійного забруднення морських акваторії під час експлуатації суден морського та внутрішнього водного транспорту // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 47. - Одеса: НУОМА, 2023. – С.131 – 147.

7. Зоя Карпюк Біологічне забруднення морів Світового океану // Multidisciplinární mezinárodní vědecký magazín “Věda a perspektivy” je registrován v České republice. Státní registrační číslo u Ministerstva kultury ČR: E 24142. № 8(15) 2022. – С. 148-160. DOI: [https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8\(15\)](https://doi.org/10.52058/2695-1592-2022-8(15)).

8. Обеспечение надежности судовых дизелей на эксплуатационных и особых режимах работы / М.А. Малиновский, А.А. Фока, В.И. Ролинский, Ю.З. Вахрамеев. – Одесса, Феникс, 2007. – 152 с.

9. Current and future anti-fouling systems not based on organotin biocides. Tim Fileman Technical Manager & Centre Manager of the Ballast Water Centre PML Applications Ltd. IMO. Kyiv, Ukraine –1 to 5 April 2019.

10. Міжнародна конвенція про контроль за шкідливими протиобростаючими системами на суднах 2001 року з поправками.

11. **Ханмамедов С.А., Пизинцали Л.В., Кардаш В.П.** Нанотрибология в судовой энергетике / Ежемесячный научно-технический и производственный журнал «Трение и смазка в машинах и механизмах». №6. 2011. С.23–28.

Роль людського факторув безпечній експлуатації суднових енергетичних установок

Сучасний стан морського транспорту та судноплавства вимагає комплексного підходу до забезпечення безпеки, з особливим акцентом на людський фактор. Попри значний прогрес у технічному оснащенні суден та регуляторних нормах, людські помилки залишаються провідною причиною аварій на морі. Дослідження свідчать, що від 60% до 85% морських інцидентів пов'язані з людським фактором, що підкреслює необхідність більш глибокого аналізу цієї проблематики та розробку дієвих стратегій мінімізації ризиків.

Останнім часом у світі розгорнуті інтенсивні заходи для мінімізації ризиків аварій на морському транспорті, включаючи вдосконалення конструкції суден, впровадження передових технологій, посилення регуляторних вимог та розробку надійних систем управління безпекою. Ці заходи спрямовані на попередження поломок та аварій, проте, незважаючи на певний прогрес, повне вирішення проблеми не досягнуто. Матеріальні збитки від морських аварій продовжують бути значними, досягаючи сум близько 540 мільйонів доларів [1].

Серед найактуальніших питань морської галузі є розробка та застосування систем діагностики, що сприяє поліпшенню ефективності роботи морських дизельних двигунів та загальній надійності суден завдяки оперативному виявленню відхилень від нормальних робочих параметрів енергетичних систем на суднах. Станом на січень 2023 року світовий флот налічував 105493 судна валовою місткістю 100 брутто-реєстрових і більше тонн [2], тому значущість двигунів внутрішнього згоряння у запобіганні несправностей та аваріям на суднах є високою, оскільки вони гарантують стабільну роботу як окремих механізмів, так і судна в цілому, тому моніторинг їх стану під час експлуатації видається надзвичайно важливим, враховуючи, що відсоток неполадок, що припадає на двигуни, становить значну частину і складає від 25 до 40% всіх несправностей[3].

Дослідження, проведені різними морськими організаціями, виявили, що більшість аварій викликані не стільки технічними несправностями, скільки людськими помилками. І, згідно із статистичними даними морських страхових компаній, людський фактор є причиною приблизно 60% усіх морських інцидентів на світовому рівні, а в деяких джерелах вказується цифра до 85% [4].

На практиці розрізняють три види надійності: конструктивну, що визначається на етапі проектування; виробничу, що визначається під час виробництва та монтажу; та експлуатаційну, що відображає якість роботи виробу під час його використання. Експлуатаційна надійність особливо вимагає уваги до умов та якості експлуатації обладнання, в забезпеченні якої задіяна саме людина.

Спостерігається, що збільшення кількості технічних та технологічних відмов часто виникає через невідповідність між різними елементами ком-

плексної системи «людина-машина-середовище». Управління та обслуговування машин здійснюється операторами, тому їх роль як ключового елемента в цій системі є вирішальною для забезпечення її надійності. [5].

Як і у випадку з технічними засобами, одним з основних індикаторів ефективності роботи оператора є його здатність до безпомилкової діяльності, що оцінюється як на рівні виконання конкретних операцій, так і в масштабі виконання цілісного завдання або алгоритму. На рівні окремих операцій важливими є такі параметри, як ймовірність безпомилкового виконання дій та частота помилок при виконанні типових, часто повторюваних операцій [6-8]. Таким чином, надійність будь-якого технічного об'єкту пов'язана зі здатністю підтримувати визначений рівень продуктивності та безпечної експлуатації протягом заданого часу і в заданих умовах. Це зумовило збільшення уваги до людського фактору у морській сфері, що підтримується науковими дослідженнями, нормативними документами і резолюціями Міжнародної морської організації (ІМО) та національних морських відомств.

Аналіз наукових публікацій, що обговорюють роль «людського фактору», виявив відсутність єдиного та загальновизнаного визначення цього поняття, що ускладнює його практичне застосування у вирішенні проблем безпеки. Недоліки в теоретичному уявленні про людський фактор і відсутність чіткого переліку його конкретних проявів ускладнюють розробку ефективних рекомендацій для попередження аварій. Тому необхідно зосередитися на детальному дослідженні специфічних аспектів впливу людського фактору на безпеку мореплавання та на особливостях причин людських помилок.

Визначення причин морських аварій є складним процесом через різні фактори. Розбіжності у визначенні та класифікації аварій між різними країнами та організаціями створюють труднощі для уніфікації даних та їх аналізу. Крім того, загальнодоступна інформація, зокрема від страхових компаній, часто є узагальненою та не включає всіх деталей інцидентів, що обмежує можливості глибокого аналізу[1]. Спеціалізовані розслідування можуть надати детальну картину нештатних ситуацій окремих випадків, але їх проведення вимагає значних ресурсів та часу. Також дуже важливо враховувати, що аварії можуть бути спричинені іншими прихованими факторами, та необхідно зосереджуватися на виявленні причинно-наслідкових зв'язків, які призводять до помилок персоналу, щоб ефективно запобігти аварійним ситуаціям у майбутньому.

У першому півріччі 2023 року було зафіксовано зростання кількості аварійних подій, що сталися з морським та внутрішнім водним транспортом України, у тому числі з урахуванням маломірних суден. Ця кількість становила 15 подій, що на 4 події більше, ніж за аналогічний період 2022 року, коли було зафіксовано 11 аварій. Це свідчить про зростання аварійності на 27%. Важливо відзначити, що попри зростання кількості аварій, випадки загибелі, травмування чи зникнення людей безвісти не були зафіксовані як у 2022, так і в 2023 роках[11].

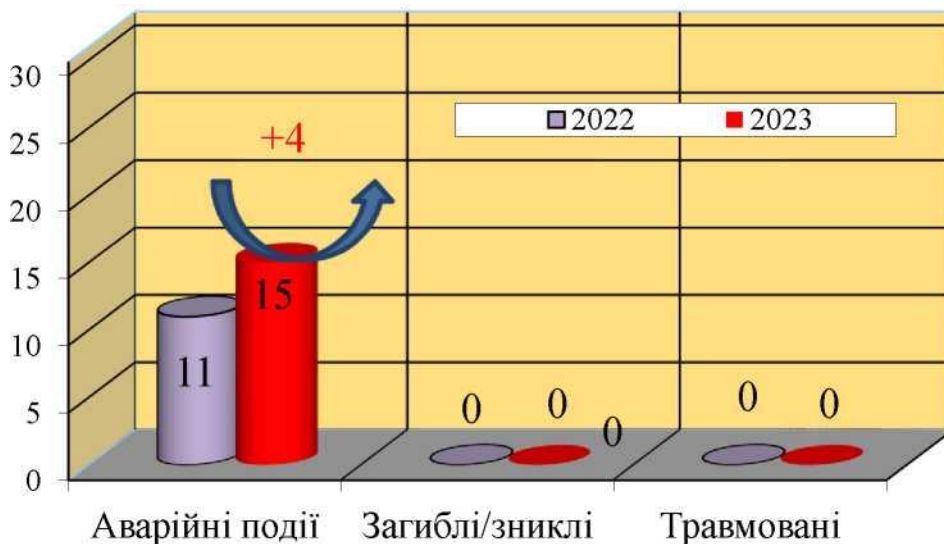


Рисунок 1 – Загальний стан аварійності на морському та річковому транспорті за січень-грудень 2023 року, в порівнянні з 2022 роком Джерело [11]

Результати аналізу аварій, що сталися у 2023 році, виявили наступні основні причини їх виникнення [11]:

1) Організаційні причини (53%), які полягали в неналежній організації вахтової служби на містку, недотриманні встановлених Правил плавання, Обов'язкових постанов по морських портах та Правил судноплавства, в порушенні правил безпеки та охорони праці.

2) Технічні причини (27%), що пов'язані з неналежним виконанням правил технічного обслуговування кермового та якорного устаткування, а також експлуатації суднових головних двигунів.

3) Навігаційні причини (20%), а саме - зіткнення з іншими суднами, які перебувають на якорі, невірне врахування безпечної відстані та невиконання маневрів для уникнення зіткнень, особливо під час швартування або відшвартування, та постановки на якор.

Все вищезазначене відображає безпосередній зв'язок з помилками або безвідповідальним відношенням людини-оператора. Таким чином, якщо подивитися глибше в аналізи звітів, підготовлених на основі розслідувань морських аварій, зокрема в Україні, то можна побачити причинно-наслідкові зв'язки, що призводять до помилок з боку персоналу. Важливими аспектами, які впливають на діяльність екіпажу, є не тільки теоретичні знання та практичні навички, але й ситуативний психофізіологічний стан та особливі обставини конкретної аварійної ситуації.

Морські інциденти, спричинені людськими помилками, демонструють складність взаємодії між людиною і машиною в морському контексті, а помилки можуть бути [4]:

- закономірними, які можна ідентифікувати, проаналізувати та усунути, та
- випадковими, що мають стохастичний характер і чий причини залишаються невідомими.

Також людські помилки можуть бути поділені на прямі та непрямі. Прямі помилки пов'язані із неуважністю під час несення вахти, що може призвести до зіткнення суден або прийняття невірного рішення під час експлуатації суд-

нової енергетичної установки (СЕУ). Такі наслідки є виразним прикладом відповідальності, яку несуть члени екіпажу за безпеку на морі. Непрямі помилки, такі як недостатня комунікація між членами екіпажу, можуть призвести до непорозумінь та помилкових дій, що теж несуть в собі ризики для безпеки судноплавства.

З іншого боку, помилки операторів можна також умовно поділити на дві інші групи [12]: помилки психомоторні та помилки прийняття рішень. Під першу категорію підпадають ситуації, коли особа під час здійснення зазвичай безпечної діяльності спричиняє небезпеку через свої обмежені психофізіологічні здібності. Навіть маючи значний досвід та розуміння взаємодії всіх компонентів системи, людина може опинитися не в змозі адекватно реагувати або своєчасно вжити потрібних заходів через власний функціональний стан, не виявляючи наявних проблем у системі або ігноруючи попереджувальні сигнали. У таких випадках весь професійний потенціал особи обмежений її психофізіологічними особливостями та функціональним станом.

В свою чергу психомоторні помилки операторів та помилки прийняття на судні можуть бути поділені на сенсорні та моторні [13].

Помилки у прийнятті рішень або логічні помилки з'являються через брак інформації, відсутність досвіду, недостатній час для обдумування або певний психофізіологічний стан оператора. Такі помилки стаються, коли оператор вибирає неправильний курс дій на основі неповного аналізу ситуації.

Вимоги до судового персоналу щодо готовності до негайних екстрених дій зростають, особливо коли йдеться про необхідність швидкого переходу від монотонної роботи до активних дій під час аварії. Це може призвести до значних сенсорних, емоційних і інтелектуальних перевантажень через потребу швидкої обробки великої кількості інформації та ухвалення критичних рішень, враховуючи те, що умови роботи на судні для судового персоналу суттєво відрізняються від звичайних умов праці. Особливості такої роботи включають обмеження в руховій активності, зменшення фізичних навантажень та ізоляцію від звичного соціального середовища, зокрема, для вахтових механіків, чия діяльність відбувається серед приладів і індикаторів, а не в суспільстві людей [14-17].

Підхід, який розглядає людину як ланку в системі «суб'єкт праці-знаряддя праці-предмет праці», допомагає поглибити розуміння впливу людського фактору на надійність та ефективність роботи складних систем, таких як судові енергетичні установки (СЕУ). Визначення СЕУ як енергетичної системи, що охоплює взаємодію людини з технічними елементами, дозволяє провести якісніший аналіз впливу різних факторів та виявити причинно-наслідкові зв'язки, що сприяють або перешкоджають безпечній та ефективній експлуатації судна.

В системі «людина-машина» людина відіграє ключову роль у контролі, прийнятті рішень, прогнозуванні майбутніх станів системи та безпосередньому керуванні. Така багатозадачність вимагає високого рівня професійної підготовки, уваги, відповідальності та здатності до ефективної комунікації. Це вимагає від морської галузі вживання заходів щодо підвищення рівня підго-

товки екіпажів, забезпечення їх необхідними знаннями та навичками для роботи з сучасними автоматизованими системами, а також розробки та впровадження ефективних систем управління безпекою на судах [18].

Для аналізу причин виникнення людських помилок в[1] пропонується розглядати дії оператора у двох випадках: в штатних ситуаціях (А), коли потрібно виконувати дії, прописані у судових інструктивних документах, розроблених компанією, та в нештатних ситуаціях (Б), коли є потреба виконувати дії, за якими на судні відсутні жодні інструктивні документи. Це підкреслює складність рішень, які має приймати персонал у реальних умовах, і наслідки прийнятих рішень для безпеки. Важливим є не лише аналіз дій, що були виконані або не виконані, а й глибоке розуміння всіх чинників, що можуть призвести до помилок, включаючи погодні умови, стан обладнання та інші зовнішні фактори. В таблиці 1 наведені головні чинники, що обумовлюють або передують виконанню певних дій членами екіпажів.

Аналіз морських подій та аварійності флоту вказує на тісний зв'язок між якістю підготовки екіпажу, розвитком професійно важливих якостей та формуванням компетентностей у процесі навчання та професійного становлення. Особливу увагу слід звернути на психологічні характеристики та поведінку екіпажу у різних умовах, включаючи надзвичайні ситуації, оскільки недостатність знань у цій області може призводити до негативних наслідків. В тому числі, дуже важливим є комплексний підхід до підготовки морського персоналу, який включає індивідуальну теоретичну та практичну підготовку, забезпечення повної укомплектованості екіпажу відповідно до встановлених вимог і суворе дотримання встановлених вимог.

Сучасні норми міжнародних конвенцій підтримують давно встановлену структуру морської освіти, вказуючи на значення зв'язку між теоретичними знаннями та їх практичним застосуванням. Методики навчання, такі як "SpiralTraining" та "SandwichCourses", що комбінують теоретичне та практичне навчання, визнані міжнародною спільнотою та відіграють ключову роль у системі морської освіти України.

Використання комп'ютерних тренажерів у процесі навчання та перепідготовки морських спеціалістів є невід'ємною частиною освітнього процесу, дозволяючи ефективно моделювати критичні ситуації та значно скорочувати час навчання. Згідно з ПДНВ-78 та його поправками, комп'ютерні тренажери розглядаються як основний інструмент навчання, що підкреслює їх важливість у підготовці морських кадрів [19].

Розробка ефективних методик навчання та оцінки якості підготовки морських спеціалістів, з урахуванням параметрів успішності виконання посадових обов'язків у звичайних та екстремальних умовах, охоплення в програмах підготовки не тільки технічних знань та навичок роботи з обладнанням, але й розвиток комунікативних здібностей, управління стресом, прийняття рішень в критичних ситуаціях, а також здатність адекватно реагувати на непередбачувані обставини, є ключовою для зниження ризиків та попередження аварій на морському транспорті - все це сприятиме підвищенню безпеки на морі та зниженню ризику аварій, викликаних людським фактором[5].

Таблиця 1 - Варіанти комбінацій передумов (чинників) здійснення певних дій членами екіпажів (джерело [1])

Наявність знань (KnowHow)	Володіння навичками	Психофізіологічний стан	Додаткові обставини
А. Штатна ситуація (необхідно виконати певну дію, прописану в інструкціях)			- недостатня чисельність екіпажу; - накопичення ланцюгових помилок; - комунікативні (мовні) непорозуміння
А1. Виконання дії згідно вимогами інструкції			
+	+	+	
А2. Виконання дії не у відповідності вимогам інструкції			
+	-	+	
А2. Виконання дії не у відповідності вимогам інструкції			
+	+	-	
А3. Не виконав жодної дії			
А3 а). Знав як			
+	+	-	
А3а). Знав як			
+	-	Невизначений чинник	
А3б). Не знав як			
-	-	Невизначений чинник	
Б. Нештатна ситуація (дії, не прописана в інструкціях)			
Б1. Виконав дію відповідно до обставин			
Знання, досвід та здатність до результативних дій в нештатній ситуації		+	
Б2. Не виконав жодної дії			
-	-	-	

Пояснення позначок: "+" -чинник відповідає належному рівню

Пояснення позначок: "-" -чинник не відповідає належному рівню

Висококваліфіковані суднові офіцери є ключовими для безпечної та ефективної експлуатації сучасних суден, але останнім часом постійно зростає дефіцит таких фахівців, що все більше турбує морські адміністрації і судновласників. Саме тому великі судноплавні компанії, такі як [OceanNetwork Express \(ONE\)](#), інвестують значні ресурси в розвиток морських навчальних закладів і програм підвищення кваліфікації морського персоналу, оскільки вони усвідомлюють важливість неперервного навчання та розвитку навичок для забезпечення високого рівня професіоналізму та готовності до екстремальних ситуацій на морі [4, 19].

Забезпечення високої якості підготовки та неперервне професійне зростання екіпажів є ключовими елементами у зниженні ризику аварій та підвищенні безпеки морського транспорту. Інвестиції у розвиток освіти та тренінгів для морських спеціалістів допомагають мінімізувати ймовірність помилок, покращують ефективність екіпажу та сприяють безпечному та відповідальному управлінню морськими операціями.

Висновки. Вивчення взаємодії оператора з технічними системами є комплексним завданням, що потребує міждисциплінарного підходу. Ефективність

зниження аварійності на морському флоті не може ґрунтуватися виключно на технічних рішеннях, оскільки важливу роль відіграє людський фактор. Сам термін «людський фактор», хоча й широко використовується в технічній сфері, але отримав критику за свою загальність і формальність.

Використання більш конкретизованого поняття, такого як «людина-оператор», дозволяє краще відобразити зв'язок між діяльністю людини та системою.

Осмислення судна як складної технічної системи дозволяє поглянути на інженера-судномеханіка не просто як на оператора певного обладнання, а як на ключову складову в системі «людина-машина», де кожна людська дія може мати значний вплив на безпеку та ефективність функціонування судна.

Незважаючи на постійне удосконалення конструкцій, технологій та систем безпеки в морському транспорті, повністю уникнути аварій, інцидентів та нещасних випадків поки що не вдається, тому ефективність та безпека морського транспорту в значній мірі залежать від рівня підготовки та професійної компетентності екіпажу. Помилки людини, що відбуваються під час роботи, можуть бути поділені на психомоторні, які пов'язані з фізіологічними обмеженнями людини, та помилки в ухваленні рішень, які можуть виникати через неправильне розуміння ситуації або при неправильній оцінці обставин.

Дослідження показують, що професійна надійність морського персоналу, зокрема судномеханіків, тісно пов'язана з їх психологічними характеристиками. Виявлення проблемних аспектів у роботі з судовими енергетичними установками (СЕУ) та аналіз психологічних якостей, що впливають на рішення оператора, потребують подальшого детального дослідження.

Такий підхід до аналізу людського фактору в контексті судноплавства підкреслює важливість комплексного підходу до підготовки морських спеціалістів, який би включав не лише навчання професійним навичкам та знанням, але й розвиток здатності ефективно працювати в складних умовах морського середовища, враховуючи психофізіологічні та психологічні аспекти людської діяльності. Формування морських спеціалістів має досягатися через впровадження навчальних програм та курсів, які мають бути зосереджені не тільки на запобіганні можливих аварій, а й на аналізі минулих помилок. Але відмінності у підходах різних країн та організацій до класифікації та аналізу аварій ускладнює узагальнення даних та знаходження конкретних рішень для кожної ситуації. Це підкреслює потребу в стандартизації підходів до реєстрації та аналізу морських аварій на міжнародному рівні, а також необхідність забезпечення більшої прозорості та доступу до інформації про інциденти.

Підвищення рівня професійної підготовки майбутніх офіцерів торговельного флоту є ключовим у зниженні аварійності та підвищенні безпеки мореплавства. Важливо розуміти, що кваліфікація та якість підготовки судового екіпажу мають вирішальне значення для безпеки судноплавства. Отже, зусилля міжнародної морської спільноти повинні бути спрямовані на забезпечення високої якості освіти та тренінгів для морських фахівців, аби мінімізувати негативний вплив людського фактору на функціонування глобального судноплавства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гилка У.Л. Виявлення ролі людського фактору в аварійності морського транспорту // Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: 36. наук. праць, 2020. № 1 (70). С. 31-43. DOI 10.31375/2226-1915-2020-1-31-43.
2. Review of Maritime Transport 2023 // UNITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE AND DEVELOPMENT, UNCTAD/RMT/2023 (Overview). – United Nations, Geneva. 2023. – 37 с.
3. Ткаченко В.В., Будолак С.Ю., Гуменніков Р.В., Батуєв Д.Ю. Оцінка технічного стану суднового двигуна внутрішнього згорання в експлуатаційних умовах // Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. - Випуск 2(30). - К.: ДУІТ, 2020. – С. 47-56. DOI: 10.33298/2226-8553/2020.2.30.06.
4. Galieriková A. The human factor and maritime safety. Transportation Research- Procedia, ISSN: 2352-1465, Vol: 40, Page: 1319-1326. DOI: 10.1016/j.trpro.2019.07.183.
5. Парменова Д.Г., Бондар С.А. Особливості підготовки суднових механіків у сучасних умовах // Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 18.03.2021 – 19.03.2021. – Одеса: НУ "ОМА", 2021. - с.181-185.
6. Парменова Д.Г. Определяющие факторы при выборе методов оценки риска // Судовые энергетические установки: научно-технический сборник. – Вып.33. – Одесса: ОНМА, 2014. – С.148 – 154.
7. Парменова Д.Г. Систематизация факторов опасности для построения профиля риска судовых работ // Науковий вісник Херсонської державної морської академії: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМА, 2014. – № 1 (10). – С. 30-35.
8. Melnyk, Oleksiy & Bychkovsky, Yuriy & Onishchenko, Oleg & Onyshchenko, Svitlana & Volianska, Yana. (2023). Development of the Method of Shipboard Operations Risk Assessment Quality Evaluation Based on Experts Review. Systems, Decision and Control in Energy V (pp.695-710) DOI:10.1007/978-3-031-35088-7_40.
9. Про затвердження Переліку спеціальностей, здобуття ступеня освіти з яких необхідне для доступу до професій, для яких запроваджено додаткове регулювання. Наказ Міністерства освіти і науки України № 673 від 22.05.2020р.
10. Сергій Лисенко «За роки незалежності український флот скоротився у 16 разів» Сайт GMK center: <https://gmk.center/ua/opinion/za-roki-nezalezhnosti-ukrainskij-flot-skorotivsya-u-16-raziv/>.
11. Звіт «Стан безпеки судноплавства та аварійності на водному транспорті в Україні (у тому числі і за її межами, але із українськими суднами), включаючи маломірні (малі) судна, за січень – грудень 2023 року з наростаючим підсумком». <https://marad.gov.ua/storage/app/sites/1/11012024/analiz-mk-6-avariinosti-za-4-kv-2023.pdf>
12. Баклицький, І. О. Психологія праці: підручник / І. О. Баклицький. – 2-е вид., перероб. і доп. – Київ : Знання, 2008. – 655 с. – На укр. яз.

13. Безлуцька О.П. Психологічні передумови виникнення помилкових дій суднових операторів // Габітус. – Випуск 15. – 2020. – С.219-222. (Index Copernicus, категорія Б).

14. Менеджмент морських ресурсів : навчальний посібник / уклад.: О. П. Безлуцька, А. П. Бенъ, М. О. Колегаєв, Л. А. Кошелик, Л. Б. Кулікова, О. М. Лещенко, В. Б. Нестеренко, К. В. Перепадя, С. М. Тригуб, В. Ф. Ходаковський, М. М. Цимбал - Херсон: ВНЗ «Херсонський державний морський інститут», 2011. - 92 с.

15. Голикова В.В., Крайнова В.І., Парменова Д.Г., Синюта К.О. Особливості ергономіки робочого місця майбутніх фахівців водного транспорту // Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. – К.: ДУІТ, 2022. – Випуск 2 (36). – С.218-223. DOI: [10.33298/2226-8553.2022.2.36.18](https://doi.org/10.33298/2226-8553.2022.2.36.18).

16. Golikova V. V. Professional competence of ship's operators as chemical safety predictor in the maritime- dangerous goods transport / V.V. Golikova, L.M. Shafran // Актуальные проблемы транспортной медицины. – Одесса -2018. – №3(53) – С. 7-19 с.

17. Голикова В.В. Физиолого-гигиенические особенности профессиональной деятельности моряков специализированного флота/ В.В. Голикова. Л.М. Шафран // Український журнал з проблем медицини праці -№3(40)- Київ-2014 - С. 29-40.

18. Мельник О.М., Онищенко О.А., Парменова Д.Г. Методика організації самооцінки ефективності системи управління безпекою судноплавної компанії // Водний транспорт. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій. – К.: ДУІТ, 2023. – Випуск 1(37). – С.154-160. DOI: [10.33298/2226-8553.2023.1.37.17](https://doi.org/10.33298/2226-8553.2023.1.37.17).

19. Парменова Д.Г., Бондар С.А., Розлуцький О.М. Професійна підготовка суднових механіків у сучасних умовах // Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 24.03.2022 – 25.03.2022. – Одеса: НУ "ОМА", 2022. – С.147 – 152.

**Особливості виробничого травматизму при експлуатації об'єктів
водного транспорту**

Вступ. Експлуатація більшості об'єктів водного транспорту (судна різного призначення, морські та річкові порти) здійснюється в умовах підвищеного професійного ризику здоров'ю екіпажів суден, портових робітників, інших учасників транспортного процесу. Несприятливі умови праці та проживання плавскладу, такі як клімато-географічні фактори, характеристика яких пов'язана, насамперед, зі швидким переміщенням у широтному та територіальному напрямках, що викликає зміни добових та сезонних біоритмів, вимагає адаптації до нового поясного часу та до незвичних гідрометеорологічних умов. З урахуванням кардинальних змін у складі, в основних техніко-технологічних характеристиках, організаційно-експлуатаційних особливостях сучасних морських суден, зміни форм власності, різкого скорочення чисельності суднових екіпажів, інтенсифікації праці і зростання навантаження на кожного моряка, питання забезпечення надійної безпечної високоефективної роботи є надзвичайно актуальною.

Актуальність теми. Як добре відомо з літератури, морське судно представляє собою складний і специфічний рухомий виробничо-комунальний об'єкт. Професійна діяльність членів екіпажу характеризується багатомісячним безперервним перебуванням на рухомій інженерній споруді (транспортному засобі) з поєднаними зонами праці і відпочинку, вахтовим режимом праці, цілодобовою дією на організм моряка багатокомпонентного і динамічного за своїми параметрами комплексу виробничих, природних, побутових чинників, кількісні показники яких нерідко перевищують гігієнічні норми і навіть досягають екстремальних величин [1,8].

Постановка задачі. Проаналізувати сучасну інформацію виробничого травматизму під час трудового процесу при експлуатації об'єктів водного транспорту.

Результати досліджень.

Травматизмом називається сукупність травм, що відбуваються з групою людей у певних умовах. Травмою називається анатомічне порушення ділянок органів чи системи організму людини внаслідок впливу на нього небезпечних факторів виробничого середовища, що виникають внаслідок нещасних випадків.

За оцінками Міжнародної організації праці (МОП) близько 2,3 млн. чоловіків і жінок щороку гинуть внаслідок нещасних випадків на робочому місці або пов'язаних із роботою захворювань – у середньому 6 000 осіб щодня. У всьому світі щорічно реєструється приблизно 340 млн. нещасних випадків на виробництві та 160 млн. жертв професійних захворювань. МОП регулярно оновлює ці дані, зміни яких показують зростання кількості нещасних випадків та погіршення стану здоров'я.

Статистичні дані МОП щодо виробничих нещасних випадків, зокрема із смертельним наслідком, та професійних захворювань, показують, що найбільшу смертність серед працівників викликають захворювання, що пов'язані із роботою. З причин впливу одних лише шкідливих речовин є 651 279 смертей на рік, а молоді та літні працівники є найбільш уразливими категоріями працівників [2].

Травматизм на виробництві є важливою, але недостатньо усвідомленою проблемою нашого суспільства, для розв'язання якої потрібні систематичні та всебічні зусилля. За офіційними даними в Україні, у середньому щороку на виробництві гинуть 400 осіб і 5 тис. травмуються, зокрема більш ніж 1 тис. жінок. Приблизно 500 працівників стають інвалідами. Показово, що співвідношення показників загального травматизму та із смертельними наслідками в Україні не відповідає закономірностям, що є у світі. Частота випадків смертельного травматизму в Україні вища і становить майже 7% від загальної кількості травмованих, водночас як у країнах Заходу вона дорівнює 0,08-1,2%.

До травматизму найчастіше призводять нещасні випадки, які є обмеженими в часі подіями або раптовим впливом на працівника небезпечного виробничого фактора чи середовища, що сталися у процесі виконання ним трудових обов'язків або при переміщенні на транспортному засобі підприємства чи за дорученням роботодавця, внаслідок яких заподіяно шкоду здоров'ю, яке призвело до втрати працівником працездатності на один робочий день чи більше або до необхідності переведення його на іншу (легшу) роботу не менш як на один робочий день [3].

Відповідно до «Класифікатора видів подій, причин, обладнання, устаткування, машин, механізмів, транспортних засобів, що призвели до настання нещасного випадку, гострого професійного захворювання (отруєння), аварії» причинами нещасних випадків є наступні:

Технічні: несправність виробничого устаткування, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування, недосконалість або відсутність захисних загороджень, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування.

Організаційні: відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці; відсутність контролю; порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів; невиконання заходів щодо охорони праці; порушення технологічних регламентів, правил експлуатації устаткування, транспортних засобів, інструменту; порушення норм і правил планово-попереджувального ремонту устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; використання устаткування, механізмів та інструменту не за призначенням.

Психофізіологічні: помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важкість і напруженість роботи; монотонність праці; хворобливий стан працівника; необережність; невідповідність психофізіологічних чи антропометричних даних працівника використовуваній техніці чи виконуваній роботі. та інші психофізіологічні причини.

Техногенні, природні, екологічні та соціальні: викид небезпечних речовин; контакт з представниками тваринного та рослинного світу; стихійне лихо; гідрометеорологічні явища; соціальний конфлікт та інші причини [4].

За статистичними показниками через **організаційні причини** відбувається основна частина нещасних випадків [5-7].

Під час експлуатації об'єктів водного транспорту поширені нещасні випадки з летальним кінцем внаслідок порушення правил експлуатації та техніки безпеки на об'єктах річкового та морського водного транспорту. Слід зазначити, що в більшості випадків травми отримують члени екіпажу, у той час як пасажирів подібні ушкодження одержують набагато рідше. Також можливо отримання ушкоджень людьми, які опиняються у воді за бортом річкового чи морського водного судна під час руху.

Члени екіпажів суден найчастіше травмуються під час вантажно-розвантажувальних робіт, при швартуванні судна, особливо в штормову погоду. Частим видом травм на судах є падіння з висоти (у трюми, з трапу, зі стріли крана) – при цьому ушкодження отримують як члени екіпажу судна, так і пасажирів. Крім механічних травм, на судах можуть мати місце ураження електричним струмом, опіки, пошкодження від різких змін загального та парціального тиску газів, а також утоплення [8].

За 1999 р по 2018 р 145 працівників морського транспорту загинули, працюючи в замкнутих просторах. Шокуючий сплеск у період із січня 2018 року по квітень 2019 року призвело до загибелі 28 осіб – 16 докерів та 12 моряків - від задухи або вибухів у замкнутих просторах, або від падінь після випадків непритомності через погане повітря.

Більшість підприємств, установ та організацій морського транспорту продовжують працювати у цей нелегкий для України час і тому зберігається ймовірність настання нещасних випадків на виробництві. Всі нещасні випадки, які відбуваються на підприємствах, в установах і організаціях з працівниками, підлягають обов'язковому розслідуванню [3].

На жаль, у 2022 році кількість потерпілих на виробництві внаслідок нещасних випадків зросла порівняно з 2021 роком у 2,6 рази і склала 16 осіб, а кількість нещасних випадків з тяжкими та смертельними наслідками, які підлягають спеціальному розслідуванню, зросла з 4 до 7 випадків. В деяких випадках серед причин настання нещасного випадку, комісії фіксують провину самого потерпілого. І це зрозуміло, тому що працівники в ці тяжкі часи часто знаходяться під стресом і не дбають про свою безпеку.

Висновки: У процесі експлуатації морських та річкових суден можуть виникати нещасні випадки із людськими жертвами. При цьому ушкодження зазвичай одержують члени екіпажу, рідше – пасажирів. Крім того, травмувань внаслідок впливу частин водного транспорту, що рухається, травму можуть отримати люди, які перебувають у воді поза судном.

Нещасні випадки на виробництві, як і раніше, є серйозною проблемою в морській галузі, яка лягає важким тягарем як на моряків, так і на судноплавні компанії. Зниження виробничого травматизму можна досягти за рахунок поліпшення умов праці та якості життя на борту, зниження розумового та фізич-

ного тягаря праці та розробки політики, що заохочує моряків дотримуватись правил та інструкцій з безпеки.

Травматизм на виробництві є важливою, але недостатньо усвідомленою проблемою нашого суспільства, для розв'язання якої потрібні систематичні та всебічні зусилля. Потрібно розробляти та здійснювати ефективну політику та програми профілактичного та захищаючого характеру.

Торговельне мореплавання є одним із найнебезпечніших занять у світі, в якому присутні фізичні, ергономічні, хімічні, біологічні, психологічні та соціальні елементи, і які можуть призвести до нещасних випадків на виробництві, травм та захворювань.

СПИСОК ВИКОРОСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shafran L. M., Golikova V. V. Seafarer's health savings competencies: goals, professional features, formation and development // Visnyk Mors' koi' Medycyny. – 2018. – Т. 80. – №. 3. – С. 4-12.

2. ILO statistics, by number of accidents URL: <https://dsp.gov.ua/causes-accidents/>

3. Порядок розслідування та обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві. Затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 17 квітня 2019 р. №337 із змінами. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1667-21#n310>.

4. Класифікатор розподілу травм за ступенями тяжкості. Затверджений наказом Міністерства охорони здоров'я України від 04.07.2007 р № 370. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1667-21#n3104>.

5. Правосудович О., Ковтун А. Аналіз найпоширеніших причин нещасних випадків на виробництві // Проблеми охорони праці, промислової та цивільної безпеки. – 2023. – С. 126-129.

6. Çakır E. Fatal and serious injuries on board merchant cargo ships// International Maritime Health. – 2019. – Т. 70. – №. 2. – С. 113-118.

7. Через війну в Україні зросла кількість нещасних випадків на підприємствах морського транспорту. <https://mtwtu.org.ua/news/cerez-vijnu-v-ukraini-zrosla-kilkist-nesasnih-vipadkiv-na-pidpriemstvah-morskogo-transportu>

8. Парменова Д.Г. Систематизация факторов опасности для построения профиля риска судовых работ // Научный вестник Херсонської державної морської академії: Науковий журнал. – Херсон: Видавництво ХДМА, 2014. – № 1 (10). – С. 30-35.

Попередження та особливості гасіння пожежі на камбузі

Вступ. Проблема запобігання пожежам та вибухам на суднах є пріоритетним завданням, що стоїть перед морським світовим співтовариством. Пропонується короткий аналіз попередження та причини їх виникнення на камбузах суден. Наведено необхідні організаційні заходи, технічні засоби виявлення та гасіння пожежі на камбузі, викладено загальні принципи боротьби із пожежею.

Актуальність теми. Пожежа на судні – страшне лихо. Пожежі хоча становлять приблизно 5% від усіх аварій суден, але за тяжкістю наслідків посідають перше місце. Статистика стверджує, що зазвичай 20% пожеж закінчуються загибеллю або повним конструктивним руйнуванням судна. Якщо протягом 15 хвилин пожежу не вдається взяти під контроль, судно врятувати не вдається [2].

Постановка задачі. Провести короткий аналіз попередження пожежі на камбузі, засобів локалізації пожежі та особливості її гасіння.

Виклад основного матеріалу.

Пожежа на судні належить до більш небезпечного виду аварійних морських подій. У 20 із 100 зареєстрованих випадків загибель судна походить від пожежі. Незважаючи на те, що існують певні правила пожежної безпеки та суден, які обладнані системами пожежогасіння, пожежі продовжують відбуватися, що підтверджує актуальність проблеми пожежної безпеки на всіх видах водного транспорту [2].

До службових приміщень, що містять високу пожежну небезпеку відносяться камбузи та буфетні, що містять обладнання для приготування гарячої їжі [1]. Пожежа на камбузі відноситься до пожежі класу F: F 1 – горіння органічних олій, F 2 – пожежа на камбузі [3]. При цьому пожежа класу F1 більш небезпечна, а F 2 – розглядається як пожежа у службових приміщеннях певного класу.

Основні причини виникнення пожеж на камбузі:

- недбалість та безлад у приміщеннях;
- дефектні електричні з'єднання, несправності електрокабелів, освітлення, електрообладнання та порушення правил їх експлуатації;
- порушення правил та технології приготування їжі;
- перегрів горючих рідин та жирів (нагрів олій та жирів до температури самозаймання, а також займання рослинних олій у глибоких сковородах;
- скупчення бруду та олії на поверхні плит, на вентиляційних решітках, димоходах та у витяжних вентиляційних шахтах, що не тільки становить ризик самозаймання, а й може стати причиною швидкого поширення вогню. Якщо пожежа поширилася у вентиляційні канали, де є накопичення жиру або сажі, вона може захопити інші приміщення та палуби;
- перегрів фритюрниць;
- потрапляння палива та жирів на розпечені та гарячі поверхні;

- відсутність контролю над працюючим устаткуванням;
- нехтування вахтою правил огляду приміщень судна;
- порушення правил виконання робіт з відкритим вогнем, необережне або недбале поводження з відкритим вогнем, нагрівальними приладами, куріння у неналежних місцях;
- неприйняття заздалегідь відповідних запобіжних заходів;
- іскроутворення при ударах та роботі камбузних котлів та печей;
- займання горючих газів та парів нафтопродуктів;
- самозаймання матеріалів (ганчір'я, клоччя, парусину, білизну, ковдри та інші абсорбуючі матеріали, що зберігаються в сирому вигляді навалом, в упаковках або зв'язках, або просочені нафтопродуктами, олією та тваринними жирами) [1,3,4,5].
- Приміщення та обладнання камбузу інтенсивно експлуатуються великою кількістю людей, що робить його потенційно небезпечним місцем. Основні ризики виникнення пожежі – відкритий вогонь, паливні лінії, сміття, жир, саж.
- *Профілактика пожежі на камбузі передбачає наступні організаційні заходи:*
- забезпечення відсутності сторонніх осіб;
- забезпечення чистоти та порядку, відсутність сторонніх предметів. Використані коробки, мішки, папір та залишки їжі треба складати у негорючі смітєві баки, які закриваються та розташовуються на безпечній відстані від гарячого обладнання;
- плити та витяжна вентиляція, димарі, іскрогасники, фільтри, труби, повинні утримуватися в чистоті і не рідше одного разу на місяць, очищатися продуванням, промиванням та видаленням сажі, жиру, бруду;
- все працююче обладнання має перебувати під постійним наглядом. Забороняється залишати без нагляду працюючі плити. Приміщення камбуза можна залишати через 1 годину після вимкнення плит;
- кожен, хто працює на камбузі, повинен знати, де знаходяться вимикачі електроенергії, відсічні паливні клапани, клапани припинення подачі газу для негайного перекриття подачі палива або відключення електроенергії при найменших несправностях: при протіканні палива, газу, пошкодження електричних ланцюгів та відповідного камбузного обладнання. Ці вимикачі та відсікаючі клапани повинні бути легкодоступними та розташовуватися як на камбузі, так і за його межами. Запустити обладнання наступного разу можна лише після ремонту, виконаного компетентним персоналом, та наведення порядку після цього;
- слід постійно стежити, щоб на паливних та газових трубопроводах та їх з'єднаннях не було протікання;
- заповнювати видаткові бачки подачі палива до плит відкритим способом без використання паливного насоса не допускається;
- всі конструктивні елементи протипожежного захисту (піддони у паливних форсунок та ін.) повинні бути в наявності та справному стані;

- плити на рідкому паливі, повинні розпалюватися після ретельної вентиляції відповідно до інструкції з експлуатації. Застосування легкозаймистих рідин для розпалювання плит не допускається;
- необхідно контролювати опір ізоляції та надійність заземлення електричних плит;
- посуд з киплячим жиром або олією необхідно закривати кришками, що оберігають від виплескування жиру та займання;
- у штормових умовах необхідно забезпечити надійне кріплення на плитах посуду для приготування їжі;
- скупчення в приміщенні камбуза борошняного пилу на стінах, виступах, деталях та устаткуванні, сушіння одягу, рушників та серветок, зберігання легкозаймистих рідин, окислювальних речовин, промаслених ганчірок не допускається;
- застосування відкритого вогню у всіх випадках, коли є небезпека концентрації горючих та вибухонебезпечних газів, не допускається;
- при вантажних операціях з небезпечними вантажами, миття та дегазації танків - камбузні двері та ілюмінатори повинні бути зачинені;
- якісне несення вахти та організація дозорної служби. При стоянці в порту (за потреби та на переході морем) додатково призначається пожежна вахта, на неї покладається: обходи судна за певними маршрутами (вдень - не рідше ніж через 2 години, вночі - не рідше ніж через 1 годину) для своєчасного виявлення пожежі або надходження до корпусу води, перевірка дотримання профілактичного протипожежного режиму, перевірка протипожежних закритій згідно з їх маркуванням або наказом по судну. Члени пожежної вахти зобов'язані невідлучно перебувати на судні, мають право відпочивати, не роздягаючись у встановленому вахтовим помічником капітана приміщенні [1,3,4,5] .
- *Конструктивні засоби виявлення, локалізації та ліквідації пожежі:* перебирання класу А, протипожежні двері, вентиляційні та димові заслінки, стаціонарні, місцеві системи пожежогасіння, стаціонарні засоби виявлення пожежі, засоби зв'язку [1,3,4,5] .
- *Основні методи виявлення пожежі на камбузі:*
- пожежна сигналізація (датчикам пожежної сигналізації задається контрольна температура близько 80-100°C, а швидкість зміни температури від встановленої в межах 5-10°C/хв. Димові сповіщувачі не встановлюються) [1,3,4,5];
- вахтова служба.
- *Основні засоби гасіння пожеж на камбузі:*
- стаціонарні, місцеві системи пожежогасіння, переносні вогнегасники (вуглекислотні, фреонові або спеціально розроблені для гасіння органічних олій (клас F), водяні, пінні, порошкові);
- протипожежні ковдри (кошма), пісок, тирса;
- жирові варильні агрегати на камбузі (фритюрниці) обладнуються:
 - системою автоматичного або ручного пожежогасіння;
 - головним та дублюючим термостатами з аварійною

попереджувальною сигналізацією про відмову будь-якого з них;

— влаштуванням автоматичного відключення електроенергії при задіянні системи пожежогасіння;

— аварійною запобіжною сигналізацією, що вказує на задіяння системи пожежогасіння на камбузі, де встановлена фритюрниця;

— органами управління ручним пуском системи пожежогасіння, що чітко марковані для негайного використання екіпажем [4,5].

Для гасіння органічних мастил, що горять, необхідно застосовувати вогнегасники, які призначені для гасіння пожеж класу «F». Можливе застосування вуглекислотних, порошкових вогнегасників або використовувати кошму. Не можна використовувати воду або піну, тому що в цьому випадку їх застосування відбудеться різкий та інтенсивний викид пари та окропу.

Стаціонарні автоматичні системи гасіння для вентиляційних каналів найефективніші для гасіння палаючого жиру.

Основним видом енергії для приготування є електрична. Значно меншою мірою використовується дизельне паливо, на малих суднах може застосовуватися скраплений природний газ.

Електричні плити схильні до тих же небезпек, що й будь-яке електрообладнання: короткому замиканню, розтріскування ізоляції на проводах, перевантаженню електричних ланцюгів.

Для гасіння електроприладів під напругою застосовують вуглекислотні вогнегасники або місцеві системи пожежогасіння. Можна застосовувати і порошкові системи та вогнегасники.

Там, де використовується газоподібне паливо, заходи щодо його зберігання, розподілу та використання повинні забезпечувати безпеку судна та осіб, що перебувають на ньому, з урахуванням пожежної небезпеки та вибухів.

Для гасіння газу, що горить, застосовувати порошок або вуглекислий газ. При гасінні розлитого палива – піну.

Розпорошену воду можна використовувати для охолодження перебірок, предметів та обладнання камбуза, коли пожежа загашена та в приміщеннях камбуза електроживлення відключено.

Для боротьби з пожежею суднам незалежно від призначення розробляються Оперативні Плани (ОП). ОП розробляється на найбільш пожежонебезпечні приміщення суден, у тому числі: ..., судновий камбуз із сусідніми допоміжними приміщеннями... [1].

Прикладні основні першочергові процедури гасіння пожежі на камбузі:

- відключити джерела подачі енергії або палива в камбузну плиту;
- вимкнути систему вентиляції та перекрити заслінками її повітроводи;
- гасити вогнище пожежі відповідними вогнегасниками або місцевою стаціонарною системою;
- після ліквідації вогнищ пожежі для охолодження перебірок, предметів та обладнання камбуза та попередження повторних спалахів виходячи з ситуації привести в дію пінний або водяний ствол та направити струмінь на підволок та стіни, щоб піна/вода стікали та заповнювали площу камбуза;

- запобігти розповсюдженню вогню по шахті;
- ретельно оглянути камбуз та сусідні приміщення по горизонталі та по вертикалі, щоб з'ясувати, чи не міг проникнути вогонь у порожнечі конструкції підволоків, стін, палуб та через систему вентиляції;
- За допомогою штучної вентиляції видалити з камбуза гарячий дим.

Висновки:

1. Камбуз відноситься до службових приміщень високої пожежної небезпеки.
2. Пожежа на камбузі відноситься до пожежі класу F.
3. Забезпечення чистоти, порядку у приміщеннях камбуза, систематичне чищення плит, труб, димоходів, вентиляції, дотримання правил експлуатації обладнання, пожежної безпеки працівниками камбузу забезпечить профілактику пожеж.
4. Проведення інструктажів, тренувань, навчань щодо боротьби з пожежею, вивчення та виконання техніки безпеки при роботах на камбузі – необхідні заходи підготовки працівників камбузу для профілактики та боротьби з пожежею, а також збереження здоров'я та навіть життя людей.
5. Вміння боротися з пожежею – запорука швидкої ліквідації пожежі.

СПИСОК ВИКОРОСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міжнародна Конвенція з охорони людського життя на морі, СОЛАС 74 (Глава 11-2, Конструкція – протипожежний захист. Виявлення та гасіння пожежі. Частина А. Пр. 3. пп. 12. Пр. 27. пп.9. Частина З. _ Пр. 44. пп.9).
2. (PDF) Особливості пожежі на судні і способи її запобігання (researchgate.net) 2021 Том 14 № 4 / 2021 Vol. 14 No. 4 Путівник підприємця / Entrepreneur's Guide. Features of fire on a ship and ways to prevent it A. Yu. Yanchenko, AA Ikko. https://www.Researchgate.net/publication/356825298_Features_of_a_fire_on_a_ship_and_ways_to_prevent_it.
3. Безпека та охорона на морі: навчальний посібник /М.О. Колегаєв, Д.Г. Парменова, М.А. Мамкічев, Г.В.Ніколаєва, О.М. Розлуцький, Г.Г. Роман, А.П. Сваричевська, Д.Д. Осадчук. За редакцією професора М.О. Колегаєва. – Одеса: Національний університет «Одеська морська академія»; Фенікс, 2020 р. – 832 с.
4. Рекомендації Міжнародної організації зі стандартизації: Публікація ІСО 15371 2000 «Системи пожежогасіння для захисту камбузних фритюрниць»)
5. ДСТУ ISO 15371:2019 Судна та морська технологія. Системи пожежогасіння для захисту камбузного обладнання (ISO 15371:2015, IDT), Наказ Кабінету Міністрів України від 05.12.2019 № 405 Про прийняття та скасування національних стандартів, прийняття змін та поправок до національних стандартів. <https://www.bing.com/ck/a?!&&p=>

Механізми зниження впливу суб'єктивного фактора на аварійність

Значно зменшити вплив «суб'єктивного фактора» на рівень аварійності на морському транспорті, досить складне завдання. Передбачити усі можливі варіанти розвитку подій, які можуть виникнути через особливості кожної конкретної особистості, часто не уявляється можливим.

Головною метою кожного працівника морського та річкового транспорту повинно бути зважене зведення ризиків до мінімальних значень. Ризиком, у морі, необхідно обов'язково керувати, якомога ретельно прораховувати усі можливі варіанти подальших подій, уникати необдуманих рішень. Моряк повинен розуміти, що від нього, насамперед, залежать життя інших людей, а разом з тим, і доля їх рідних та його власна.

Для досягнення цієї мети основою слугують професійні знання, вміння та навички. Тому, першочерговим рішенням має бути отримання глибоких професійних, загальних та всебічних знань, а також має велике значення постійне професійне самовдосконалення. Якщо людина володіє об'ємним світоглядом, тим легше та швидше вона орієнтується у різних ситуаціях, має можливості швидше приймати зважені рішення, передбачати та усувати небажані конфліктні ситуації в середині екіпажа тощо.

Робота в морі вимагає від людини володіння своїм психоемоційно-вольовим станом. Складність та особливість умов праці моряка, вплив великої кількості стресорів, вимагає від нього не аби якої концентрації усіх фізичних та душевних сил, що, як відомо, часто призводить до їх виснаження та пошуку можливих, простих шляхів поповнення втрачених сил: алкоголь, наркотики тощо.

Позитивна соціально-психологічна атмосфера на судні є запорукою створення нормального психічного стану серед екіпажу. Кожен судновий офіцер повинен пам'ятати, що перед ним стоїть, перш за все, людина, а вже потім підлеглий. Позитивний соціально-психологічний стан знімає масу проблем: побоювання, дискомфорт, агресію, ненависть, недовіру, несприяттв і т. і. Досить часто, саме ці негативні людські відчуття стають причиною аварійної або іншої надзвичайної ситуації на судні. Взаєморозуміння, повага, довіра, співчуття, відчуття відповідальності за іншого – це ті позитивні відносини, які забезпечать повноцінну роботу всього екіпажа.

Можливо визначити такі принципи, які забезпечать нормальний, позитивний соціально-психологічний стан екіпажу судна:

Організація, яка призначена забезпечувати упорядковане функціонування усього суднового екіпажа.

Цілеспрямованість, яка визначить загальну мету, упорядкованість засобів та способів сумісної взаємодії членів екіпажа;

Мотивація, яка доволі часто є рушійною силою трудової, пізнавальної та комунікативної активності членів суднового екіпажа;

Емоційність, яка повинна бути доволі помірною у процесі взаємодії з іншими, у специфіці емоційних реакцій, неформальних стосунках в середині екіпажа;

Висока стресовитримка, характеризує екіпаж який здатний в короткий час впевнено мобілізувати емоційно-вольовий потенціал для супротиву явищам породжуваним стресори;

Інтеграція екіпажу судна, яка забезпечить необхідний рівень єдності думок та узгодженості дій.

Основним принципом організації службових відносин екіпажу, вважається жорстка функціональна структура розподілу посадових обов'язків, повноважень та прав між його членами. Така важлива соціологічна та психологічна категорія як довіра, служить основою організаційного успіху, тому що вона, у між людських стосунках, визначає впевненість в іншій стороні. Довіра це важлива складова соціально-психологічного клімату яка впливає практично на все, що відбувається в середині екіпажа і одночасно є структурною і культурною характеристикою екіпажа в цілому. Керівник повинен довіряти своїм підлеглим, і навпаки. Довіра, як правило, базується на таких характерних позитивних людських якостях як порядність, доброзичливість, компетентність, лояльність, відкритість, принциповість, чесність, рішучість, активність, дисциплінованість, товариськість, ввічливість, чуйність, щирість, скромність, правдивість, працьовитість, ініціативність, сумлінність, цілеспрямованість, обов'язковість, постійність, акуратність тощо. Наявність ярко виражених негативних рис характеру, протилежних зазначеним, як правило, істотно знижує ступінь довіри до особистості. Знаючи риси характеру, які притаманні конкретному члену екіпажа, то можливо передбачити, як він буде себе поводити в різних обставинах, та на що він буде здатний в небезпечній обстановці.

В умовах судна, контроль над власними емоціями має велике значення в сенсі збереження здорового психологічного клімату в екіпажі. Контроль власних емоцій – це усвідомлення і оцінка, психічних процесів і станів. Такий контроль здатен забезпечити стабільний стан особистості та суттєво зменшити кількість помилкових рішень, особливо в екстремальних ситуаціях. Відсутність контролю над емоціями, як правило, стають причиною серйозних помилкових рішень та дій. Також, застосовуючи контроль над емоціями, екіпаж судна зменшує небажані прояви психологічної нестабільності, усуває можливі протистояння між членами екіпажу, нейтралізує прояви неконтрольованої агресії.

Якщо застосовувати ці принципи, вибудовуючи соціально-психологічний клімат екіпажу, забезпечується повноцінна діяльність кожного із членів екіпажа та зменшуються ризики виникнення аварійних ситуацій, тому що психологічна стабільність є запорукою правильних рішень, дій, відсутності панічних чи істеричних станів.

Отже, робота в складі суднового екіпажа потребує вивчення основ психології, що допоможе моряку в процесі формування його як особистості, а також в ході професійної діяльності.

Пріоритетними напрямками можуть бути:

визначення власної психічної гігієни – вона включає принципи та відомості, використання яких допомагає підтримувати і укріплювати психічне здоров'я;

застосування інструментів саморегуляції;

боротьба зі стресом за допомогою мистецтва: фільми, книги, музика, живопис тощо;

побудова позитивної комунікації з усіма членами екіпажа.

Запропоновані механізми мають усунути значну кількість проблемних питань, що періодично виникають у ході професійної діяльності моряка, таким чином, знижують рівень впливу «суб'єктивного фактору» на безпеку судноплавства. Це відбудеться тільки в тому випадку, якщо моряк свідомо та відповідально ставиться до себе, та вимагає цього від інших. Домінування гуманних принципів повинно бути пріоритетом у побудові стосунків у середині екіпажа. Демократичний стиль управління екіпажем, значною мірою покращить соціально-психологічний мікроклімат на судні, знизить рівень агресії, неповаги, ненависті в робочих та між людських стосунках. Уільям Черчилль казав: “Демократія – поганий метод керування, але інші ще гірші”.

Але безумовно, існують надзвичайні ситуації, коли без застосування авторитарного стилю виправити їх доволі складно. Безконтрольний авторитарний стиль керівництва капітана або старшого інженера, може привести до перевищення особистих повноважень з їх боку, загострює стосунки в середині екіпажа і як наслідок зростає імовірність помилкових дій підлеглого персоналу на нервовому підґрунті. Таке ставлення, знижує ініціативність, формує недовіру до інших, знижує мотивацію до саморозвитку, збільшує ризики створення аварійних ситуацій тощо.

Головною умовою безаварійної роботи суден є формування «людяних» стосунків на принципах поваги, гідності, порядності, взаєморозуміння та професіоналізму.[1]

Ще одна проблема, яку необхідно вирішувати, це життя і робота людей на борту судна, що розмовляють різними мовами, вихідцями з різних країн із різною культурою, професійним рівнем та ментальністю. Все це може сприяти виникненню конфліктів та стресів. Англійський дослідник Тоні Лейн зазначає: "Безпечна та ефективна експлуатація суден малою кількістю людей, викликає необхідність інтуїтивного розуміння слів, нюансів фразеології, жестів, рухів тіла, мовчання тощо. Це досягається лише досвідченими користувачами однієї тієї ж мови". [2]

Однак, стосунки між людьми набагато ширші, ніж просто вживання мови, щоб говорити або писати на ній. Ефективні взаємини вимагають розуміння одним іншого та двостороннього обміну ідеями, планами, цілями та оцінками — що правильно, а що невірно, що добре і що погано. Судноплавна індустрія стала всесвітньою. Щоб працювати ефективно, судовласники, менеджери та старші офіцери мають стати космополітами. Справжній менеджер-космополіт розуміє і поважає культурні відмінності інших, чутливий до їхніх потреб і здатний добиватися максимальної віддачі від своїх працівників чи підлеглих, незалежно від того, з якої вони країни. [2]

Професія – моряк, вимагає наявності свідомого бажання подолання бар'єрів між представниками різних культур, вміння встановлювати контакти, розуміння культури та звичок інших національностей, вміння поставити себе на місце іншого у складній ситуації, ось що є основою у відносинах всередині будь-якого суднового екіпажу. Для цього необхідно розширювати кругозір, створювати специфічний психологічний клімат, продукуючий симпатію і довіру, що стане запорукою безаварійної роботи на флоті та знизить рівень впливу «людського фактору».[1]

В пошуках механізмів зниження впливу суб'єктивного фактора на аварійність морських суден, неможливо обійти увагою такий «інструмент» як дисциплінарна практика.

Дисципліна - обов'язкове для всіх членів колективу підпорядкування встановленому порядку, правилам. Дисципліна, будучи засобом, за допомогою якого досягається єдність дій всередині якоїсь спільноти, виникла в процесі спільної трудової діяльності. Одним з найважливіших факторів дисципліни є свідомо підтримка її самим колективом, усіма членами суспільства в своїй повсякденній діяльності. У вихованні і підтримці дисципліни величезне місце займають засоби педагогічно-психологічного характеру - переконання, вплив керівника силою особистого прикладу, довіра та повага.[3]

Висновки. Наявність міжнародних кодексів, конвенцій, резолюцій носить у наш час більш декларативний характер. Як показують останні події, особливої надії на ІМО та ООН в плані конструктивного розв'язання нагальних питань не має. В основному там сидять ледарі, для яких, будь які зміни, сприймаються як погроза їхньому існуванню... Навала конвенцій, кодексів, наповнених безмежною стурбованістю резолюцій та інш., не спроможні вирішувати безпекові питання. Настала пора реформування цих неспроможних до змін інституцій. Для подолання застою в питаннях безпеки мореплавства необхідно шукати нові, інноваційні підходи для вирішення цієї проблеми. Визнання суб'єктивного фактора як головного компонента переважної більшості надзвичайних ситуацій у морі, викликає нагальну необхідність перейти від декларативного, пасивного визнання даного факту до вивчення його глибинних механізмів та розробки на цій основі дієвих заходів щодо зниження аварійності та підвищення якості системи безпеки мореплавства. Це стане надійним шляхом для суттєвого зниження вкладу «людського фактору» в аварійність.

СПИСОК ВИКОРОСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Менеджмент морських ресурсів: навчальний посібник/ О.П.Безлуцька, А.П.Бень, М.О.Колегаєв та ін. - Херсон: Грін Д.С., 2014. – 100 с.
2. Торський В.Г. «Управління судновими екіпажами». – Одеса: Астропринт, 2000. – 212 с.
3. Розлудський О.М. Мамкічев М.А. Підвищення рівня дисципліни це рух у бік безпечної експлуатації суден. // Матеріали науково-технічної конференції "Річковий та морський флот: експлуатація і ремонт ", 18.03.2020 – 19.03.2020. Одеса: НУ "ОМА", 2020. – с. 210–213.

Перспективи використання ауксетичних матеріалів в морський галузі

Одним з актуальних завдань сучасного матеріалознавства є створення принципово нових матеріалів які здатні проявляти програмовані, адаптивні реакції на зовнішню дію. Зокрема, до таких можна віднести матеріали з негативним коефіцієнтом Пуассона ν . Ці матеріали, на відміну від звичайних, здатні розширюватися в напрямі перпендикулярному повздовжньому одновісному розтягуванню та звужуватися при стискуванні відповідно (рис.1). За такими матеріалами закріпилася назва ауксетичних або ауксетиків (auxetic) [1,2].

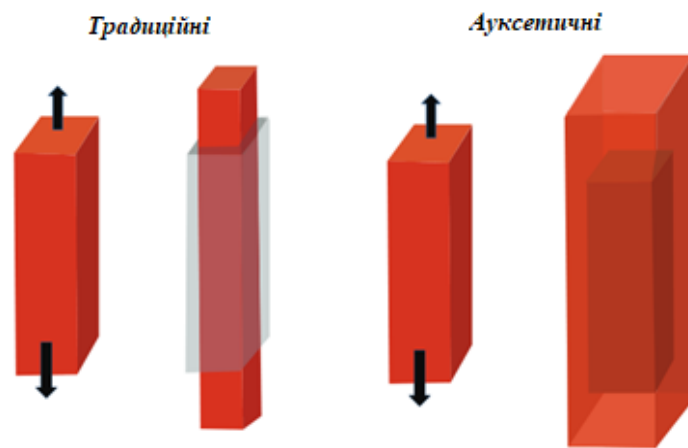


Рис. 1. Традиційні та ауксетичні матеріали [1]

У більшості конструкційних матеріалів значення ν коливаються в межах 0,2-0,4. Проте, теоретичні значення ν для ізотропного матеріалу лежать в межах $-1 \leq \nu \leq 0,5$ [2]. На сьогодні відомо немало випадків прояву негативних значень ν в кристалах і композиційних матеріалах. Виділяють три структурні рівні реалізації цієї аномалії деформаційної поведінки: макро-, мезо- і мікроскопічний, але із розвитком технологій вже можна казати і про нанорозмірні та рівні [3-5]. Ауксетичну поведінку на атомно-молекулярному рівні проявляють рідкі кристали і багато монокристалів металів. Так, серед тригональних монокристалів такі властивості мають миш'як і вісмут. Серед гексагональних щільноупакованих фаз металів цинк і берилій [6]. У більшості випадків такі ефекти проявляються в кубічних кристалах уздовж деяких кристалографічних осей. На даний момент відомі понад 450 кристалічних матеріалів з негативним коефіцієнтом Пуассона [6,7]. Серед них найбільша кількість кристалів з негативним коефіцієнтом Пуассона (більше 300) має кубічну анізотропію [7,8]. Ауксетична поведінка матеріалів, як проілюстровано на рис.2, спостерігається в широкому діапазоні масштабів розмірів від молекулярних до об'ємних структур [9].

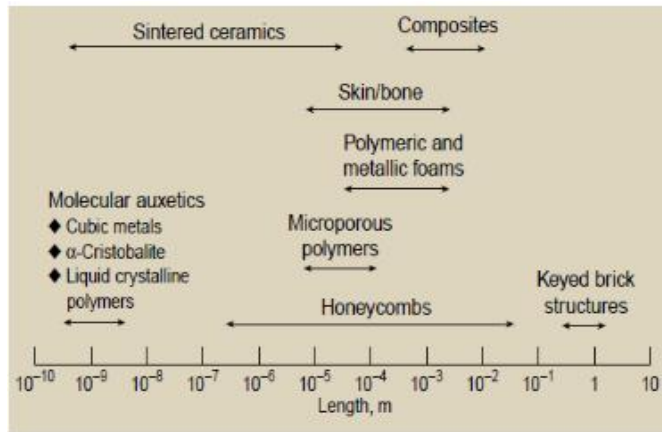


Рис.2. Масштабний діапазон прояву ауксетичних властивостей матеріалів [9]

На сьогодні велика кількість робіт присвячена моделюванню структур та розрахунку їх пружних властивостей на макро- та мезоскопічному рівнях, але для вирішення завдань по виявленню ауксетичного ефекту на рівні молекул, наночастинок і макромолекул потрібно рішення складних квантово-механічних задач. Одним із способів їх рішення може полягати в перенесенні принципу поєднання жорстких і податливих елементів, реалізованого в композитних матеріалах, на молекулярний рівень. Реалізація негативних значень ν на атомно-молекулярному рівні дозволить створювати конструкційні матеріали з програмованими властивостями, а також уникнути дефектності структури і порушення адгезійного контакту між компонентами.

Різноманітність механічних ефектів, пов'язаних з ауксетичними властивостями матеріалів дозволяють чекати збільшення практичних застосувань в багатьох галузях людської діяльності, що детально оглянуто в роботі [10]. Стосовно застосування ауксетиків в морської галузі цікавими є можливість створення фільтруючих елементів із комірками регульованого розміру для використання в паливній системі, системах мащення і зворотного осмосу (рис.3, [11]) та створення композитів із шумоізоляційними властивостями [12].

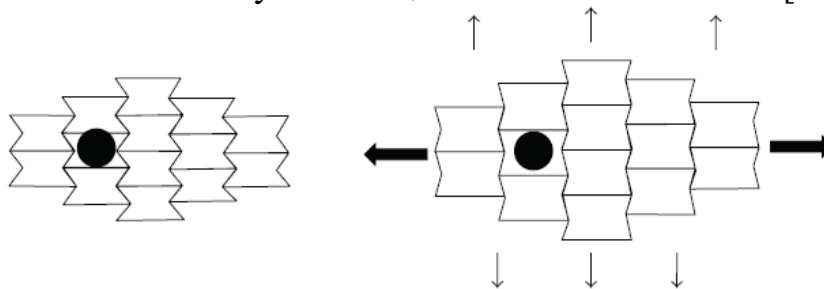


Рис. 3. Ауксетична мембрана [11]

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. U. O. Malta Maltese scientists work on front cover of leading international scientific journal.- 2010, [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://home.um.edu.mt/auxetic/press/>

2. B. Ellul, M. Muscat, and J. N. Grima, On the effect of the Poisson's ratio (positive and negative) on the stability of pressure vessel heads//Physica Status Solidi B: Basic Research.- 2009.-vol. 246.- N. 9, pp. 2025–2032.
3. E. O. Momoh A state-of-the-art review on the application of auxetic materials in cementitious composites/ E. O. Momoh [et all]//Thin-Walled Structures.- 2024.- v.196.- 111447.- p. 1-38. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.tws.2023.111447>.
4. K. L.Alderson, R. S.Webber, andK. E. Evans Novel variationsin the microstructure of auxetic ultra-high molecular weight polyethylene. Part 2: mechanical properties// Polymer Engineering and Science. - 2000.-vol.40.- N. 8, P. 1906–1914.
5. M. Taylor, L. Francesconi,M. Gerend'as, A. Shanian, C. Carson, K. Bertoldi Low porosity metallic periodic structures with negative poison's ratio//Advanced Materials.-2014.-vol. 26, N. 15, P.2365–2370.
6. M. A. Nkansah, K. E. Evans, and I. J. Hutchinson, “Modeling the mechanical-properties of an auxetic molecular network//Modelling and Simulation in Materials Science and Engineering.- 1994.-vol. 2, N. 3, P. 337–352.
7. Lethbridge Z.A.D., Walton R.I., Marmier A.S.H. et al. Elastic anisotrop Poisson's ratios in single crystals // Acta Mater. -2010. -V. 58.- № 19. P. 6444–6451.
8. Baughman R.H., Shacklette J.M., Zakhidov A.A., Stafström S. Negative Poisson's ratios as a common feature of cubic metals // Nature.- 1998.- V. 392.- № 6674.- P. 362–365.
9. Alderson, A. A triumph of lateral thought// Chemistry &Industry.- 1999.- 17: p. 384-391.
10. Yangzuo Liu, Changfang Zhao, Cheng Xu, Jie Ren and Jianlin Zhong Auxetic meta-materials and their engineering applications: a review//Eng. Res. Express.- 2023, [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://doi.org/10.1088/2631-8695/ad0eb1>.
11. Mariam Mir, Murtaza Najabat Ali, Javaria Sami, and Umar Ansari Review of Mechanics and Applications of Auxetic Structures//Advances in Materials Science and Engineering.-2014.- 17 p. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/753496>
12. F. Scarpa, J. Giacomini, Y. Zhang, and P. Pastorino Mechanical performance of auxetic polyurethane foam for antivibration glove applications// Cellular Polymers. - 2005.-vol. 24, N. 5, pp. 253–268 .

Останні роки характеризуються інтенсивним розвитком судноплавства, погіршенням якості використовуваного палива, технічного стану СЗУ, жорсткішими вимогами міжнародних організацій до змісту шкідливих домішок в тих, що відпрацювали газу дизелів. Тому дизелебудівні фірми вимушені інтенсивно займатися побічним ефектом від використання дизелів - шкідливими викидами в атмосферу.

Усі шкідливі речовини, що містяться в газах дизелів, що відпрацювали, є небезпечними для довкілля. Кожна їх група вимагає самостійного вивчення з метою запобігання забруднень[1,2].

Проте, як показали проведені сучасні дослідження, викид оксидів азоту NOx в атмосферу при згоранні палива завдає найбільшого збитку довкіллю. Саме тому, екологи і законодавці наполягають на контролі, в першу чергу, викидів NOx.

Стурбованість двигунобудівних фірм сертифікацією їх продукції по викидах NOx виражається в зростаючій активізації науково-дослідних і експериментальних робіт в цьому напрямі. Про це можна судити по кількості публікацій, що збільшується, в іноземній і вітчизняній періодиці.

Роботи області зниження змісту шкідливих домішок можна розділити на дві складових:

дослідження механізму утворення, методів і способів зниження;
визначення способів контролю якісного і кількісного складу.

Механізми утворення, методи і способи зниження змісту шкідливих домішок вивчені досить добре і описані в літературі. Цими питаннями займаються дослідницькі інститути, дизелебудівні і суднобудівельні фірми, що експлуатують компанії [3-5]. Результати робіт залежать в основному від екологічної досконалості СЗУ, її технічного стану, матеріальних вкладень судновласника.

Особлива увага нині приділяється методам і способам визначення складу і концентрації шкідливих домішок. Їх можна розділити на інструментальні і аналітичні методи.

Інструментальні методи мають на увазі використання спеціальних технічних засобів і хімічних реагентів. Діючі пристрої, як правило, складні у використанні, дороги, мають різні погрішності, вимагають спеціальних навичок в застосуванні. Використовуються вони науково-дослідними інститутами, дизеле-, суднобудівельними компаніями, контролюючими організаціями (наприклад, при видачі сертифікату "Про запобігання забруднення повітря двигуном" (EIAPP)).

У сьогодення тривають дослідження по розробці аналітичних методів, які дозволять на основі статистичних даних, аналізу фізико-хімічних процесів, особливостей конструкції, показників технічного стану, по зміні параметрів роботи дизеля розрахувати наявність і концентрацію шкідливих домішок. На-

явність зручної і достовірної методики дозволила б спростити проведення дослідницьких, модернізаційних і регулювальних робіт, а головне в умовах експлуатації оперативно робити необхідні обчислення, підвищити рівень екологічної безпеки.

Одним із способів, що спрощують контроль змісту NO_x у відпрацьованих газах може служити комплексний (інтегральний) показник екологічної безпеки, який дозволяє:

оцінити зміни змісту NO_x залежно від основних показників робочого процесу;

робити порівняльну оцінку зміни змісту NO_x різних типів дизелів при зміні основних показників робочого процесу.

Інтегральний показник повинен відповідати основним вимогам:

простота визначення в експлуатації;

інформативність;

достовірність.

У загальному випадку інтегральний показник є відносною зміною змісту NO_x в газах дизеля, що відходять, залежно від зміни основних параметрів робочого процесу

$$W_e = \left(\frac{NO_x}{NO_x^*} \right)_n = (\overline{NO_x})_n,$$

де n— основні параметри робочого процесу, які впливають на зміст NO_x у відпрацьованих газах; NO_x* — еталонний зміст NO_x, що відповідає умовам проведення паспортних або нормувальних випробувань.

Порівняння зміни змісту NO_x у викидах двигуна доцільно робити для умов поточного режиму його роботи (pi=idem, n=idem).

За даними дослідницьких організацій, фірм виготівників основними параметрами, від яких залежить зміст NO_x в газах, що відходять, є тиск і температура надувочного повітря, а також коефіцієнт надлишку повітря.

Тести, проведені фірмами-виготівниками [4-8] показали, що:

зниження температури наддувочного повітря на 3 °C призводить до зниження NO_x у відпрацьованих газах на 1 %;

зниження коефіцієнта надлишку повітря в двотактних двигунах з 2,2 до 1,9 знижує зміст оксидів азоту в газах, що відпрацьовали, на 15 %.

Зміна змісту NO_x залежно від основних параметрів роботи дизеля може бути представлена у вигляді:

$$\begin{aligned} \left(\frac{NO_x}{NO_x^*} \right)_T &= \overline{NO_{xT}} = A_T \left(\frac{T_s}{T_s^*} \right)^{a_T} = A_T \bar{T}_s^{a_T}; \\ \left(\frac{NO_x}{NO_x^*} \right)_p &= \overline{NO_{xp}} = A_p \left(\frac{p_s}{p_s^*} \right)^{a_p} = A_p \bar{p}_s^{a_p}; \\ \left(\frac{NO_x}{NO_x^*} \right)_\alpha &= \overline{NO_{x\alpha}} = A_\alpha \left(\frac{\alpha}{\alpha^*} \right)^{a_\alpha} = A_\alpha \bar{\alpha}^{a_\alpha}. \end{aligned}$$

де T_s , p_s — температура, тиск надувочного повітря; $\square$ — коефіцієнт надлишку повітря; A_T , a_T , A_p , a_p , A_a , a_a — коефіцієнти; індексом * позначені параметри, які відповідають базовому режиму роботи дизеля.

Тоді, інтегральний показник екологічної безпеки дизеля, що враховує зміну змісту NO_x у випускних газах дизеля з обліком (N) може бути представлений у вигляді

$$W_e = \overline{\text{NO}_{xT}} \overline{\text{NO}_{xp}} \overline{\text{NO}_{xa}} \text{ або } W_e = A \bar{T}_s^{a_T} \bar{p}_s^{a_p} \bar{\alpha}^{a_a},$$

Де $A = A_T A_p A_a$.

Інтегральний показник екологічної безпеки W_e дозволяє визначити зміну змісту NO_x у вихлопних газах суднового дизеля при зміні основних параметрів робочого процесу T_s , p_s , A , може служити узагальненим критерієм, що характеризує екологічну безпеку різних типів дизелів при зміні показників їх роботи.

Інтегральний показник екологічної безпеки може використовуватися для порівняльної оцінки і моніторингу двигуна в період експлуатації судна без додаткових витрат на установку дорогого устаткування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Международная конвенция MARPOL 73/78.
2. DNV LowSulfurRecommendations [Електронний ресурс] /Режим доступа: <https://vi.scribd.com/document/48931247/DNV-Low-Sulfur-Recommendations>.
3. Guideline for the Operation of Marine Engines on Low Sulphur Distillate Diesel, MAN Diesel & Turbo. – 2013. – 23 p.
4. ME-GI Dual Fuel MAN B&W Engines A Technical, Operational and Cost-effective Solution for Ships Fuelled by Gas [Текст]. Denmark, Copenhagen: MAN Diesel & Turbo. 2012. – 36 p.
5. Wettstein R. The Wärtsilä low-speed, low-pressure dual-fuel engine [Текст]. / Wettstein R. // AJOUR Conference, Odense, 27/28 Nov 2014. – 31 p.

Multi-cultural crews on board: how to communicate effectively.

Navigating multi-cultural crews on ships requires understanding effective communication, especially as these teams become more common in maritime operations. Clear communication is vital for safety, efficiency, and team unity.

With regard to culture in everyday life, we'll most likely think of music, art and such. However, culture is relevant to almost every aspect of human life. We can speak of national culture, communicative culture, work culture etc. And all they really matter for promoting a conducive working environment in multinational crews on board ships.

In multi-cultural teams, it's helpful to learn about each member's cultural background to foster respect. Understanding the differences between your culture and other people's cultures makes a difference on board, as culture and communication are closely linked. Maintaining professionalism in dress, manners, and behaviour sets a positive tone. Patience in greetings and meetings, along with a sincere interest in colleagues' concerns, builds trust—a key element for successful partnerships.

Dealing with problems in multi-cultural teams involves different strategies. Adapting to cultural differences openly, restructuring tasks, and setting norms early are effective approaches. If needed, removing a crew member might be considered as a last resort.

Identifying cultural differences, coexisting harmoniously, and fostering open dialogue through occasional multi-cultural crew meetings are essential. Captains play a crucial role in promoting norm-setting early on, emphasizing expertise over English fluency in job assignments.

Effective communication at sea goes beyond words—it includes information dissemination, providing communication facilities, and ensuring awareness of issues impacting crew members' professional life, health, safety, and welfare. Clear instructions in face-to-face interactions are crucial for comprehension.

In the maritime industry, effective communication is central to good leadership. Leadership training standards highlight communication's pivotal role in creating a cohesive and efficient maritime environment. In the evolving landscape of multi-cultural teams on board, mastering effective communication is the compass steering the ship toward success.

Within the context of multi-cultural teams aboard ships, it's imperative to underscore the significance of cultural competence. Crew members should be encouraged to participate in cross-cultural training programs that go beyond basic awareness, delving into the nuances of cultural norms and communication styles. This proactive approach ensures that individuals not only recognize cultural differences but also acquire the skills to navigate them effectively.

Moreover, the implementation of a feedback loop within multi-cultural teams can significantly enhance communication dynamics. Regular check-ins and anonymous suggestion boxes provide crew members with avenues to express concerns or propose improvements, fostering a culture of continuous improvement. This two-

way communication system reinforces the notion that every voice within the team is valued, irrespective of cultural backgrounds.

In line with the emphasis on leadership, cultivating emotional intelligence among captains becomes a linchpin for successful multi-cultural team management. Understanding and managing emotions, both one's own and those of others, equips captains with the ability to navigate the nuanced interpersonal dynamics inherent in diverse teams. Leadership development programs should incorporate modules on emotional intelligence to empower captains in fostering a positive and collaborative team culture.

As we navigate the waters of multi-cultural collaboration, the incorporation of these complementary elements—cultural competence, a robust feedback mechanism, and emotional intelligence—further fortifies the foundation of effective communication within maritime teams. This holistic approach ensures not only the successful navigation of cultural diversities but also the continuous improvement of communication strategies in the ever-evolving maritime landscape.

Finally, effective communication lies at the heart of good leadership, and that is why, in developing its standards of training in leadership for sea and shore staff, the Maritime Industry has set a specific standard for effective communication.

REFERENCES:

1. Молодцова В. Coursebook on intercultural communication for seafarers. – Одеса, НУ «ОМА», 2021. - 96 с.
2. Дідерко М., Сибірко О. Форсування міжкультурної компетенції моряків як передумова ефективної міжкультурної комунікації. (2022). *Наукові записки Національного університету «Острозька академія»: Серія «Філологія»*, 15(83), 97-101.
<https://journals.oa.edu.ua/Philology/article/view/3637>

Вплив вимушеної міграції на становлення дистанційної освіти у ВНЗ як життєвої необхідності

Вступ. Отримання освітніх послуг без відвідування вищого військового навчального закладу, за допомогою сучасних інформаційно-освітніх технологій і систем телекомунікації - електронної пошти та системи інтернет – одна із перспективних форм навчання – дистанційна. В умовах агресії рф в Україні - з 24.02.2022 р. ВНЗ були поставлені в ситуацію, коли частина викладачів – працівників Збройних Сил України були вимушені виїхати з України за кордон, щоб врятувати своє життя та життя своїх дітей в умовах постійних обстрілів і бомбардувань рф нашої країни. Так як більшість ВНЗ зорієнтовані на високоякісну підготовку майбутніх офіцерів тактичного рівня, а замінити викладачів-професіоналів, які мігрували за кордон, іншими викладачами не було можливості, було прийнято рішення навчати курсантів дистанційно, використовуючи досвід і знання викладачів-мігрантів. [1] Так, в силу обставин, викладачі – мігранти ВНЗ зробили певний вплив на становлення дистанційної освіти у ВНЗ, чим визначена актуальність дослідження. Роботи вчених склали джерелознавчу базу дослідження. **Основна частина.** Дистанційна освіта як веління часу в умовах війни в Україні 2022-2023 рр. має свої особливості. Намагання викладачів-мігрантів ВНЗ викладати дисципліни високопрофесійно в екстримальних умовах міграції сприяло пошуку нових інноваційних методів та методик навчання. Одна із них - інноваційно-індивідуалізована методика. [4] Зупинимось на ній більш детально, розглянувши деякі тонкощі навчання одного із провідних ВНЗ ВМС ЗСУ. Основним принципом діяльності Інституту Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» (ІВМС НУ «ОМА») є принцип доцільності і раціональності. Один за всіх і всі за одного, взаємовиручка і взаємодопомога, вміння само організовуватися, бути постійно зібраним і уважним - ті якості, якими повинен володіти сучасний військовий моряк, орієнтуючись на досвід ВМС ЗСУ та кращі приклади військово-морської організації НАТО. Саме ця професійна складова, відповідно до інтегральних, загальних та спеціальних (фахових) компетентностей, покладена в основу інноваційно-індивідуалізованої методики вивчення навчальних предметів на кафедрі «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» ІВМС НУ «ОМА» в формі дистанційної освіти в умовах агресії рф, коли викладачам доводиться навчати на відстані, знаходячись за кордоном. В таких умовах викладачі кафедри заповнюють прогалини в знаннях майбутніх офіцерів тактичного рівня ВМС ЗСУ і мотивують до ефективного навчання, керуючись принципом раціональності в навчанні: там, де все зрозуміло, можна вчитися швидко, цікаво і досягти значних висот в освіті і професії. [3] Перейти до наступної теми з будь-якої навчальної дисципліни можна тільки пройшовши контроль рівня. Розглянемо механізм реалізації інноваційно-індивідуалізованої

методики в класичному навчальному процесі вищого військово-морського навчального закладу в умовах дистанційної освіти. [2] Перед початком вивчення нового навчального предмету на кафедрі «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» ІВМС НУ«ОМА науково-педагогічними працівниками (фахівцями кафедри), що знаходяться в умовах війни в вимушеній міграції, проводиться психологічне та предметне тестування. Психологічне тестування допомагає викладачам кафедри зрозуміти тонкощі психологічної організації та рівня сприйняття матеріалу (на швидкість, якість, глибину, творчість, ретельність, оригінальність, досконалість та ін.). [5] Предметне тестування дає можливість виявити рівень початкового пізнання в предметі, що починає вивчатися, загальне розуміння термінів, сприйняття предмету чи не сприйняття та ін. Це дає можливість викладачу-мігранту на відстані розробити карту індивідуального сприйняття предмета кожним курсантом і вистроїти план індивідуальної роботи з кожним, не виходячи за рамки класичного навчального процесу. Тобто, під час лекції викладається основний матеріал згідно з ПНД та РПНД, але в тексті лекції робиться акцентування на незрозумілому матеріалі частині курсантів(йде більш детальніше пояснення) , а тим часом ті, що вже знайомі з цією частиною матеріалу чи добре її зрозуміли, опрацьовують додатковий матеріал для поглибленого вивчення з допомогою індивідуальних ПЕОМ. [6] На семінарських заняттях є можливість здати теми екстерном шляхом тестування та усного підтвердження позитивних результатів тестування. А в час, що вивільнився, курсант може надолужити самопідготовку з подальших тем навчальної дисципліни чи іншої навчальної дисципліни, якщо цю навчальну дисципліну він уже засвоїв. Такий інноваційно-індивідуалізований підхід в дистанційному навчанні на кафедрі «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» ІВМС НУ«ОМА стимулює роботу курсантів, полегшує сприйняття навчальних дисциплін і вивільняє час на засвоєння того, що дається курсанту важче. Таким чином вистроюється індивідуальна траєкторія навчання кожного курсанта. Вона враховує не тільки реальний рівень знань з навчальної дисципліни, а й особисту швидкість сприйняття інформації, спектр інтересів, психологічні особливості курсанта. Науково-педагогічні працівники кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» ІВМС НУ«ОМА, які знаходяться у вимушеній міграції, знають, як зробити вивчення навчальних дисциплін дійсно захоплюючим і зрозумілим, а професійну освіту осмисленою і повноцінною.[3] Інноваційно-індивідуалізована методика вивчення навчальних дисциплін застосовують для того, щоб курсант отримав все, що потрібно для повноцінного військово-морського життя зараз і заклавав основи блискучого майбутнього офіцера тактичного рівня ВМС ЗСУ, захисника водних рубежів України. Професорсько-викладацький склад кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» ІВМС НУ«ОМА весь час працює над підвищенням свого рівня освіти і рівня освіти курсантів ІВМС НУ «ОМА», навіть в умовах вимушеної міграції. Ними завжди рухає інтерес. [7] Специфіка ВМС ЗСУ дала неоціненний досвід розуміння проблем вищої військово-морської освіти і реальних процесів пізнання. Науково-педагогічні працівники (фахівці кафедри) в

умовах вимушеної міграції, досліджували досвід вищої військово-морської освіти різних країн світу, включаючи НАТО, вклали своє розуміння і досвід у впровадження інноваційно-індивідуалізованої методики вивчення навчальних дисциплін в ІВМС НУ «ОМА». Головна мета кафедрального проекту з реалізації інноваційно-індивідуалізованої методики вивчення навчальних дисциплін дистанційно в ІВМС НУ «ОМА». В умовах вимушеної міграції частини викладачів, підрозуміває бачення сучасного курсанта ВВНЗ як такого, що може дуже багато. Викладачі-мігранти кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» ІВМС НУ «ОМА» намагаються надати їм можливість для повноцінного розвитку і реалізації в рамках програм навчальних дисциплін - необхідної бази для розвитку і становлення професіоналів спеціальностей 254 та 255 галузі знань «Військові науки». Індивідуальна освітня траєкторія – персональний шлях реалізації особистісного потенціалу здобувача ступеню бакалавра та магістра на першому та другому (освітньо-науковому) рівні вищої освіти, що формується з урахуванням його здібностей, інтересів, потреб, мотивації, можливостей і досвіду, ґрунтується на виборі курсантом видів, форм і темпу здобуття освіти, суб'єктів освітньої діяльності та запропонованих ними освітніх програм, навчальних дисциплін і рівня їх складності, методів і засобів навчання. [6] В освоєнні індивідуальної траєкторії навчання курсантам ІВМС НУ «ОМА» допомагають ретельно відібрані професійні педагоги-консультанти (викладачі-мігранти кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» ІВМС НУ «ОМА»). Навчальний процес розпочинається з трьох авторських інтерактивних факультативів: "Ефективне навчання", "Мистецтво дружби", "Духовні та матеріальні цінності". Факультатив "Ефективне навчання" допомагає активізувати мотивацію, зосередженість, критичне мислення і дає основні навички роботи з інформацією. Факультатив "Мистецтво дружби" - допомагає шукати рішення за принципом win-win і вільно виявлятися талантам кожного курсанта в колективі. А факультатив "Духовні та матеріальні цінності" розглядає «гроші» не тільки як основу економіки, а як фактор духовності, що допомагає налаштуватися на ефективне навчання, детально показує, як рівень знань впливає на рівень доходу, професійне становлення і якість життя. [5] Курсантів ІВМС НУ «ОМА» чекають лекції, аргументовані дискусії, практичні заняття в дистанційних лабораторії кафедри «Соціально-гуманітарних та фундаментальних дисциплін» ІВМС НУ «ОМА», розробка та захист проектних робіт, а також живопис, музика, інші види дозвілля за вибором в спеціально організованих онлайн-платформах, що діють дистанційно. Тобто, курсанти постійно знаходяться у ВВНЗ як у військовому підрозділі, де вони несуть службу, навчаючись. А працівники ЗСУ, які їх навчають дистанційно, знаходяться у вимушеній міграції і звідти здійснюють якісне навчання відповідно до програм дисциплін, що викладаються. Як **висновок**, зазначимо, третину навчального часу курсанти ІВМС НУ «ОМА» займаються реальними, цілком конкретними проектами за обраними спеціальностями. Це дає можливість відчувати, що таке командна робота, цінність знань і компетенцій та

підтвердити ефективність використання інноваційно-індивідуалізованої методики в класичному навчальному процесі вищого військово-морського навчального закладу в умовах дистанційної освіти в силу вимушеної міграції ведучих викладачів за кордон.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Положення про особливості організації освітньої діяльності у вищих військових навчальних закладах Міністерства оборони України та військових навчальних підрозділах закладів вищої освіти / *Наказ Міністерства оборони України № 4 від 09.01.2020*

2. Про затвердження Положення про дистанційне навчання. zakon.rada.gov.ua. -Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0703-13>

3. Вишнівський В. В. Організація дистанційного навчання. Створення електронних навчальних курсів та електронних тестів: навч. посібник / В. В. Вишнівський, М. П. Гніденко, Г. І. Гайдур, О. О. Ільїн. – Київ: ДУТ, 2014. – 140 с

4. Володько В. М. Індивідуалізація та диференціація навчання і виховання / В. М. Володько // Гуманітарні науки. – 2001. – № 1. – С. 54–65

5. Годованюк Т. Л. Деякі термінологічні тлумачення індивідуальної форми навчання через її «похідні» / Т.Л. Годованюк // Педагогіка і психологія. Вісник АПН України. – 2008. – № 4. – С. 127–131

6. Литвинова С. Г. Методика використання технологій віртуального класу вчителем в організації індивідуального навчання учнів / Інститут інформаційних технологій і засобів навчання НАПН України; К. 2011 -190 с.

7. Чугай О. Ю. Змішане або гібридне навчання як трансформація традиційної освітньої моделі [Електронний ресурс] / О. Ю. Чугай // X міжнародна науково-практична конференція «Новітні освітні технології в контексті євроінтеграції». – 2015. – Режим доступу: <http://confesp.fl.kpi.ua/node/1268>.

Зниження витрат палива та зменшення забруднення довкілля шляхом використання присадок наноматеріалів до пального

Проблема глобального потепління вже зараз, а особливо у майбутньому, буде одним із найбільших викликів двадцять першого століття. За останні сто років середня температура Землі зросла приблизно на $0,4-0,8^{\circ}\text{C}$.

Експерти зі зміни клімату прогнозують, що якщо тенденція збережеться, то до кінця сторіччя середня глобальна температура зросте на $2-5^{\circ}\text{C}$. Наслідки використання викопного палива спричиняють небезпечне підвищення рівня незгорілих вуглеводнів, оксиду вуглецю (CO) та оксидів азоту (NO_x), двоокису вуглецю (CO_2), метану (CH_4), двоокису сірки (SO_2), що призводить до несприятливих екологічних змін. Крім того, вихлопні гази спричиняють забруднення повітря, а гази, що виділяються, значною мірою впливають на клімат, утримуючи тепло. Викопне паливо залишається основним джерелом енергії для роботи двигунів та виробництва електроенергії для промислових та побутових цілей, однак продукти його згоряння та збільшення використання автомобілів створюють негативний вплив на навколишнє середовище. Нафта як паливо – ресурс, який не відновлюється і вичерпується, а її ціна є нестабільною через збільшення обсягів її використання. Таким чином, стало дуже важливим питання вивчення можливостей і перспектив використання технологічно доступних і глобально придатних відновлюваних джерел енергії в якості альтернативного палива. Серед різних альтернативних видів палива привертають велику увагу відновлювальні джерела енергії, включаючи біопаливо, паливні елементи та сонячні технології, щоб зменшити споживання викопного палива та отримати можливість контролювати викиди парникових газів в атмосферу. Застосування двигунів, які використовують біодизель у транспортному та енергетичному секторах отримало розвиток в останні десятиліття, і відстежується тенденція розвитку досліджень, спрямованих на пошук нових ДВЗ з низьким рівнем викидів, енергозбереженням та високими показниками ефективності.

ДВЗ широко використовуються як джерела енергії та електроенергії у багатьох сферах завдяки високому ККД, меншому споживанню палива, а також значній екологічності. ДВЗ залишаються основним джерелом для забезпечення енергією транспорту. Надійність, довговічність та паливна ефективність дизельних двигунів роблять їх найпоширенішим типом двигунів у різних галузях.

Біодизель є одним із альтернативних джерел енергії для транспортної галузі через швидке зменшення запасів нафти та збільшення попиту на енергію, з іншого боку, використання біодизеля зменшує забруднення навколишнього середовища.

За своїми властивостями біодизель подібний до дизельного палива, але відрізняється вмістом кисню, що забезпечує краще згоряння. Тим не менш, при спалюванні біодизеля виділяється менше енергії, ніж при спалюванні дизельного палива. Основна перевага біодизеля полягає в тому, що двигун не потребує жодних змін, зберігаючи майже таку саму продуктивність, що й існуючий

дизельний двигун, з майже нульовими викидами незгорілих вуглеводнів, оксиду вуглецю та твердих частинок.

Основною проблемою спалювання біодизельного пального, при вмісті біодизеля в суміші понад 20 %, є значні викиди у вигляді оксиду азоту (NO_x), що призводить до погіршення характеристик згоряння.

Для управління рівнем викидів оксидів азоту (NO_x), ключовими технологічними факторами роботи двигуна є: ступінь стиснення палива, час впорскування палива, тиск з яким впорскується паливо. Змінюючи і контролюючи ці фактори, можна покращити характеристики двигуна при роботі на біодизельному паливі [1]. Додавання наночастинок до дизельного або наночастинок до біодизельного пального - це новий спосіб покращити характеристики згоряння та ефективно зменшити викиди парникових газів для двигунів внутрішнього згоряння без негативного впливу на вихідну потужність.

Нанопаливо - це суспензія наночастинок (принаймні один розмір менше 100 нм) в базовому паливі з властивостями, що покращують згоряння палива. На властивості нанопалива, особливо на стабільність, значною мірою впливає тип наночастинок, розміри та концентрація, які додаються в рідину, а також спосіб приготування цієї суміші. Диспергування наночастинок у базовому паливі суттєво впливає на реологічну поведінку та теплофізичні властивості нанопалива. Нанопаливо має високу поверхневу енергію завдяки своїй великій площі поверхні, що сприяє агрегації палива з наночастинами та формуванню мікрочастинок.

Додавання наночастинок до біодизельного палива скорочує затримку займання, покращує швидкість окислення та зменшує викиди вихлопних газів. Атоми кисню, що містяться в наночастинках, покращують горіння. Наночастинки диспергуються в паливі і сприяють кращому змішуванню повітря з паливом та покращенню хімічної реактивності під час горіння, що підвищує продуктивність двигуна, покращує згоряння та якість викидів.

Основними цілями додавання наночастинок до дизельного та біодизельного палива є сприяння високому співвідношенню площі поверхні до об'єму та збільшення кількості реакційно здатних поверхонь. Це дозволяє наночастинкам діяти як ефективний хімічний каталізатор, який покращує схему змішування палива з повітрям і ефективність згоряння палива, що згодом призводить до повного згоряння хімічного каталізатора. Нанодобавки слугують носіями вторинної енергії в рідинах та інтенсифікують процес горіння.

Існує багато варіантів наноприсадок на основі металів це: залізо (Fe), алюміній (Al), магній (Mg), марганець (Mn), срібло (Ag), золото (Au), мідь (Cu), бор (B), кремнезем (Si), графен, тощо. Наночастинки оксидів металів добре сумісні з біопаливом, такі як оксид алюмінію (Al_2O_3), оксид кобальту (Co_3O_4), оксид церію (CeO_2), оксид титану (TiO_2), оксид цинку (ZnO), оксид міді (CuO), тощо, додаються в нанорозмірах до рідкого палива для покращення його якості. Вуглецеві нанотрубки (ВНТ) також є прикладами наночастинок, які покращують експлуатаційні характеристики палива шляхом модифікації фізико-хімічних властивостей.

Нанофлюїди - це новий тип твердо-рідинних композитів, що складаються з твердих частинок розміром в декілька нанометрів, диспергованих в будь-якій базовій рідині [2]. Аналогічно наночастинки можна додавати до біодизельних сумішей як до базового пального. Це нове паливо називається нано-дизель-біодизель. Наночастинки які використовують для покращення палива, як правило, поділяються на речовини для диспергування палива та речовини, що підвищують продуктивність двигунів. Вони також поділяються на антиоксиданти, присадки для підвищення цетанового числа, антидетонатори, проти замерзаючі присадки, присадки для підвищення стабільності, антикорозійні присадки, каталізatori на паливній основі, противозносні присадки і т.д. [3].

Додавання різних наночастинок до біодизеля покращує якість рідини, яка є стабільною в широкому діапазоні умов, а також фізико-хімічні властивості палива, підвищує концентрацію кисню в сажовому фільтрі. Крім того, додавання наночастинок до біодизеля знижує рівень викидів вихлопних газів, дає змогу більшій кількості палива контактувати з атомами повітря, покращує індекс в'язкості, зменшує час ідентифікації та покращує хімічну взаємодію. Суміші нано-біодизеля показали себе як високоефективне та перспективне паливо [4]. Через велику кількість енергії, депонованої в металевих частинках, високе співвідношення площі поверхні до об'єму, підвищену кількість активних центрів, збільшену швидкість каталітичної реакції, високу каталітичну активність, здатність підвищити теплотворність рідкого палива, а отже, поліпшити характеристики двигуна.

Диспергування наноматеріалів оксида церію CeO_2 , оксида алюмінію Al_2O_3 , оксид цинку ZnO , вуглецевих нанотрубок ВНТ, алюмінію Al , марганця Mn , магнія Mg і оксиду графену GO в чистому біодизельному паливі знижує значення температури спалаху при одночасному підвищенні значень в'язкості і густини [5], [6]. Крім того, теплотворна здатність чистого біодизеля зростає при додаванні вуглецевих нанотрубок CNT, графену та наночастинок алюмінію Al [7]. Використання наночастинок оксиду цинку ZnO підвищує значення температури спалаху, в'язкості, густини та теплоти згоряння палива.

Вибір рівня дозування наночастинок у паливній суміші. Присадки - це речовини на основі металів, які додаються в паливо і основною метою яких є покращення якості суміші за рахунок надання корисних властивостей. Діапазон кількості паливних присадок обмежений від 25 ppm. до декількох тисяч ppm. Межа дозування присадок залежить лише від коефіцієнта викидів сажі та типу двигуна. Наночастинки покращують ефективність процесу згоряння, а отже, збільшують потужність двигуна. Використання двох різних наночастинок в якості паливних добавок може досягти комплексного впливу наночастинок і поліпшити експлуатаційні характеристики та викиди двигунів.

Приготування та стабільність нанопалива. Стабільна і однорідна суспензія нанопалива є надзвичайно важливою характеристикою, оскільки вона впливає на її продуктивність як теплоносія та теплофізичні властивості. Стабільну колоїдну суміш, що складається з різного палива та наночастинок, готують одним із методів або комплексними методами з використанням мішалки, ультразвукової ванни, ультразвукового руйнівника та гомогенізатора високого

тиску. Стабільність нанопалива може бути підвищена за допомогою більш тривалого часу ультразвукової обробки[8]. Подовження часу обробки ультразвуком допомагає зменшити агломерацію частинок і сприяти стабільній і кращій дисперсії наночастинок у базових рідинах [9]. Результати залежать від часу ультразвукової обробки. Оптимальний час обробки ультразвуком відрізнявся для різних типів наночастинок і базових рідин. Поверхнево-активні речовини - це хімічні сполуки, що додаються до наночастинок, які допомагають зменшити поверхневий натяг нанорідини і збільшити поглинання частинок. Деякі типи поверхнево-активних речовин, такі як: гексадецилтриметиламоній бромід, цетилтриметиламоній бромід, додецилбензолсульфонат натрію, поліоксетилен, нонілфеніловий ефір, широко використовуються [10].

За однакових концентрацій поверхнево-активних речовини при зменшенні розмірів частинок теплопровідність збільшується [11]. Додавання поверхнево-активної речовини широко застосовується для покращення дисперсності наночастинок у базовій рідині та мінімізації коагуляції та агломерації частинок. Для запобігання агломерації частинок під час формування нанопалива часто використовують диспергатор.

Для оцінки стабільності нанопалива використовують різні методи, включаючи седиментаційний метод, аналіз дзета-потенціалу, УФ-спектроскопія, растровий електронний мікроскоп, метод рівноваги, метод динамічного розсіювання світла. Властивості процесу згоряння палива можна покращити шляхом додавання до палива наночастинок металів або оксидів металів у нанорозмірному діапазоні в проміле або ваговому відсотковому співвідношенні. Мета використання наночастинок металів це підвищення стабільності роботи двигуна, покращення процесу згоряння та характеристик продуктів згоряння за рахунок покращення властивостей та розчинності паливної суміші.

Висновки .Додавання оптимальної кількості наночастинок металів,оксидів металів, вуглецевих нанотрубок в мінеральному паливі, біопаливі, або суміші мінерального палива та біопалива, сприяє зниженню питомих витрат палива, покращенню ККД, значному покращенню економічних характеристик двигуна, сприяє більш повному згоранню та зниженню шкідливих викидів в відпрацьованих газах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Chung SJ, Leonard JP, Nettleship I, Lee JK, Soong Y, Martello DV, et al. Characterization of ZnO nanoparticle suspension in water: Effectiveness of ultrasonic dispersion. Powder Technol. 2009;194(1–2):75–80.
2. S.U. Choi, J.A. Eastman Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles, Developments and Application of Non-Newtonian Flows ASME Journal of Heat Transfer, 66 (1995), pp. 99-105
3. H. Venkatesan, et al.A comprehensive review on the effect of nano metallic additives on fuel properties, engine performance and emission characteristics. International Journal of Renewable Energy Research (IJRER) 7 (2) (2017), pp. 825-843

4. T. Kegl, et al. Nanomaterials as fuel additives in diesel engines: a review of current state, opportunities, and challenges. *Progress in Energy and Combustion Science* 83 (2021), p. 100897
5. N. Banapurmath, et al. Effect of silver nano-particle blended biodiesel and swirl on the performance of diesel engine combustion *Int J Sustain Green Energy*, 3 (6) (2014), pp. 150-157
6. N. Banapurmath, et al. Experimental investigation on direct inj. diesel engine fuelled with graphene, silver and multiwalled carbon nanotubes-biodiesel blended fuels/Yakıt Olarak Grafen, Gümüş ve Çoktabakalı Karbon Nano Tüp-Biyodizel Yakıt Karışımlarının DI Mot. Kul. Den İnc. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 3 (4) (2014), pp. 129-138
7. G. Balaji, M. Cheralathan Effect of CNT as additive with biodiesel on the performance and emission characteristics of a DI diesel engine. *International Journal of ChemTech Research* 7 (3) (2015), pp. 1230-1236
8. Hong KS, Hong TK, Yang HS. Thermal conductivity of Fe nanofluids depending on the cluster size of nanoparticles. *Appl Phys Lett*. 2006;88(3):031901.
9. Amrollahi A, Hamidi AA, Rashidi AM. The effects of temperature, volume fraction and vibration time on the thermo-physical properties of a carbon nanotube suspension (carbon nanofluid). *Nanotechnol*. 2008;19(31):315701.
10. Shanbedi M, Heris SZ, Maskooki A. Experimental investigation of stability and thermophysical properties of carbon nanotubes suspension in the presence of different surfactants. *J Therm Anal Calorim*. 2015;120(2):1193–201.
11. Xia G, Jiang H, Liu R, Zhai Y. Effects of surfactant on the stability and thermal conductivity of Al₂O₃/de-ionized water nanofluids. *Int J Therm Sci*. 2014;84:118–24.

Tihinian V. Bugaenko T. I.

Національний університет «Одеська морська академія»

Flooding of the engine room

I want to tell you about a situation that happened to me during

Specifically about the flooding of the engine room due to human negligence.

Flooding due to storm conditions, intense precipitation led to complete flooding of the bilge wells of the engine room. Around 3 a.m., the third engineer on duty was alerted to a high level of bilge wells. The duty engineer immediately headed to the engine room. the pitching made it harder to find the leak. Going down to the lower deck, the duty engineer discovered that all three bilge wells of the engine room were completely filled, with water reaching 15-20 cm above the covers of these wells. After reset the alarm at the control panel, the duty engineer called the second engineer, two motormen, and an engine cadet. Upon arriving to the ECR, we received instructions on how to control the situation.

The motormens were sent to the upper decks of the aft superstructure to open the manholes of the upper decks of the aft superstructure. The water flowing down along the exhaust pipes was delayed on these decks due to the large number of trays, completely filling them and overflowing onto the lower decks, what caused the engine room to flood. Therefore, by opening the manholes on the upper deck, the water entering through the gaps in the exhaust pipes did not fill the deck and did not overflow downwards, but drained onto the open deck through these hatches. This helped stop the influx of water into the engine room.

I was directed to the lower deck to switch the bilge water pumping system. In normal operation, water from the bilge wells is first pumped by the bilge water pump into the bilge settling tank, after which, by overflow, the water from the bilge settling tank enters the bilge storage tank. My task was to switch the systems to pump water directly from the bilge wells into the bilge storage tank. The reason for switching the system was the small volume of the bilge settling tank. To switch the system, I went straight to the pump. On the suction side of the pump, there were two valves, one allowing water to be pumped into the bilge settling tank, and the other into the bilge storage tank. First, I opened the valve for supplying water to the bilge storage tank, and then closed the valve for supplying water to the bilge settling tank. After ensuring that the valves were switched, I started the bilge water pump.

After ensuring that the operating pressures were normal, I went to assist the duty engineer. Since the bilge water pump had low capacity, we had to additionally start the fire pump. Together, we began preparing to start the fire pump. 2 out of 3 fire pumps available on the vessel could be used for emergency bilge pumping from the engine room to the bilge storage tank. The situation had been stabilized and the influx of water into the engine room has been stopped. We started the fire pump. Fire pumps, like most pumps on the vessel, were centrifugal.

After the fire pump was started, the second engineer proceeded to calibrate the bilge water separator to avoid overfilling the bilge water storage tank. After calibration, the separator began pumping water overboard. Once the water level in the engine room dropped below the lowest deck, remaining only in the bilge wells, the fire

pump was stopped. Meanwhile, the bilge water pump continued to remove water from the bilge wells, and the bilge water separator continued to pump water from the storage tank. After the water level in the bilge wells dropped to less than 20% of the total tanks volume, the bilge water pump was also stopped, and the system was switched back to the bilge settling tank. The bilge water separator pumped water from the storage tank until it reached half of the tank's volume.

In total, it took 5 people and 3 hours to mitigate the encountered emergency situation.

Piracy

Discovering piracy

Good afternoon dear group and guests! Today we discuss about piracy, how it started, about the golden era of piracy and we will demonstrate you problems of piracy nowadays.

We made timeline, and you can see in what order we will tell you about piracy. and the first thing we start with is the **ancient piracy**.

Ancient

Piracy, in its original form of sea raids, appeared simultaneously with navigation and maritime trade; All coastal tribes who mastered the basics of navigation involved in such raids.

As trade and legal ties between countries and peoples developed, piracy began to be recognized as one of the most serious crimes, and attempts were made to jointly combat this phenomenon. The heyday of ancient piracy occurred during the era of anarchy caused by the Civil Wars in Rome, and the base of the pirates was the mountainous region of Cilicia with its fortresses; Islands, especially Crete, also served as pirate bases.

Medieval Piracy

In the Middle Ages, the most common method of pirate attack was boarding (French abordage). The enemy ships approached, as a rule, side to side, grappled with boarding gear, and pirates ran and jumped onto the enemy ship, supported by fire from the pirate ship.

In our opinion, we think that this was the golden era of piracy, and now we will tell you why.

Legend of medieval Piracy

(golden era)

Queen Anne's Revenge

The first thing we start with is the very interesting ship “Queen Anne's Revenge”

Queen Anne's Revenge was an early-18th-century ship, most famously used as a flagship by Edward Teach, better known by his nickname Blackbeard. ((A little bit later we tell you about this person)). The sailing ship was built in 1710 in Great Britain, when it was bought by the Spanish Navy in 1713, the ship was proudly named La Concorde and was a three-masted vessel of thirty-six by eight meters, displacement three hundred tons, armed with twenty-six guns. After several years of service by French sailors, and when pirates were captured the ship (both as a naval frigate and as a merchant vessel – much of the time as a slave trading ship), at the first order of the pirates, the crew laid down their weapons and Concorde was captured by Blackbeard in 1717. Blackbeard used the ship for less than a year but captured numerous prizes using her as his flagship.

Now we will show you model of Queen Anne's Revenge from the film “Pirates of the Caribbean”.

Blackbeard

Edward Teach, better known as Blackbeard, was an English pirate who operated around the West Indies and the eastern coast of Britain's North American colonies. Little is known about his early life, but he may have been a sailor on privateer ships during Queen Anne's War before he settled on the Bahamian island of New Providence, a base for Captain Benjamin Hornigold, whose crew Teach joined around 1716. And in 1717, as we said a few minutes ago, he renamed the *Concorde* the *Queen Anne's Revenge*.

Maybe, renaming the ship could be an act of ridicule and defiance. Blackbeard may have chosen the name "*Queen Anne's Revenge*" to express his contempt for royal authority and symbolize his courage and defiance before official structures.

His nickname derived from his thick black beard and fearsome appearance. He was reported to have tied lit fuses (slow matches) under his hat to frighten his enemies.

On 22 November 1718, following a ferocious battle, Teach and several of his crew were killed by a small force of sailors led by Lieutenant Robert Maynard.

Now we are approaching the last part of our project – current time of piracy.

Piracy Nowadays

Tactics and Weapons

Modern pirates have greatly advanced in development compared to their ancestors. The level of weapons and tactical approach has received its changes.

Modern pirates use a variety of tactics, including lurking in hideouts, fast boats for attacks, guns and missiles, and false signals to attack merchant ships. This poses a serious threat to international trade and maritime security.

Also, a variety of weapons surprises. This includes automatic rifles, pistols, machine guns, as well as missile weapons, including anti-tank missiles (ATGMs). Some may use bladed weapons such as knives or machetes. In addition, pirates may have explosives and improvised explosive devices at their disposal. They may also use ship hacking, traps, and deception tactics to capture their victims.

Piracy in the Strait of Malacca

In the late 1990s and early 2000s, perhaps the most dangerous place in the world for the threat of piracy was the Strait of Malacca between west Malaysia and the Indonesian island of Sumatra.

At the beginning of 2004, the number of pirate attacks in the strait again increased sharply. In that year, 325 piracy attacks were reported worldwide; with 9 of them occurring in Malaysian waters, 8 in Singapore waters and 93 in Indonesian waters.

Since July 2004, Malaysia, Indonesia and Singapore have organized constant patrols of the entire strait by the armed forces of these countries.

Thanks to cooperation between these countries and, to some extent, Thailand, piracy in the region has been almost eliminated, with only two attempted attacks recorded in 2008.

Now we will show you the map of pirates operations in the southern china sea.

Somali pirates

Currently, piracy is most active off the coast of the Somali region and the Gulf of Aden. In this region, piracy began in 2000 due to the unstable situation in the former Somalia. Immediately after the fall of the government of the autonomous region of Somalia Puntland, which had previously declared itself an “autonomous state” on August 12, 1998, local residents who made up the local coast guard began to go to sea and seize fishing boats flying the flags of Spain, China and Thailand, demanding “payment fines” gaining from 20 to 50 thousand US dollars.

In picture we can see expansion of operation in region from 2005 to 2010

As a rule, pirates seize ships for ransom. In May 2011, Somali pirates held approximately 480 sailors and 50 ships awaiting ransom. At the same time, 1011 pirates were in prisons in 20 countries, either being convicted or awaiting a court decision according to the UN.

Now we will move to a video of hijacking of RO-RO vessel Galaxy Leader in the Red Sea. At least ten armed Houthi hijackers used a military helicopter to board the vessel. Onboard the Galaxy Leader were 25 crew members, including 17 from the Philippines; other crew members came from Bulgaria, Ukraine, Mexico, and Romania. The Houthis videorecorded their attack and released the footage the next day, using the attack as propaganda.

«СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ»

[<https://en.wikipedia.org/wiki/Piracy>]

[https://en.wikipedia.org/wiki/Queen_Anne%27s_Revenge]

[<https://en.wikipedia.org/wiki/Blackbeard>]

[https://en.wikipedia.org/wiki/Piracy_in_the_Strait_of_Malacca]

[https://en.wikipedia.org/wiki/Piracy_off_the_coast_of_Somalia]

[https://en.wikipedia.org/wiki/Galaxy_Leader]

Урсул В.

Національний університет «Одеська морська академія»

Mental health at sea

We all like to be happy! But did you know that psychological wellbeing is beneficial for your overall health and can even mean that you live longer? People who score higher on wellbeing measures live longer and have a 50% lower chance of a heart attack or stroke. They make better decisions and have higher work performance, take fewer risks and have a lower risk of accidents or injuries.

Paying attention to your wellbeing can really make a difference and mean that you can learn to limit the risks of working at sea and keep yourself fit, healthy and happy.

The World Health Organisation defines mental health as a “state of well-being in which every individual realises his or her own potential, can cope with the normal stresses of life, can work productively and fruitfully, and is able to make a contribution to her or his community”.

Psychological wellbeing is not only about the times when things are going well but also about how we cope when things are more difficult. It is about both feeling good and functioning well³. If you feel good then you function more effectively, and if you function more effectively then you feel better about yourself. But it is difficult to function well if you aren't feeling good. How you feel on a day to day basis can change and is affected by all kinds of things in our lives and environment. Our sense of psychological wellbeing is not fixed, it includes how happy we feel but is more than just our sense of happiness or the mood that we are in right now. Some people have defined it⁴ as the point of balance between the day to day challenges we face and the resources and skills we have to meet those challenges.

It is fully acceptable - and often expected - that we should look after our physical health. Many ships have gyms or exercise equipment and many companies encourage healthy eating and lifestyle choices to keep seafarers healthy. One of the first things we do if we are in physical pain is to tell someone close to us about it. We might even contact a doctor. However, this is often not the case when it's our mood that's low and our discomfort is psychological rather than physical. As a seafarer, being away from family and friends may mean that you're less likely to talk about a low mood or feelings of unhappiness than someone ashore who sees their loved ones every day. Just as means of communication with home can be limited, seafarers may face other restrictions to their wellbeing such as limited shore leave, monotonous routines, long working hours, shift working, and few opportunities for exercise or socialising. It is vital we pay attention to our mental health because it affects how we think, feel and act.

Using liquefied natural gas (LNG) as fuel on various types of ships

Today I would like to tell you about using liquefied natural gas (LNG) as fuel on various types of ships. This topic is becoming increasingly relevant in the context of the global community's efforts to reduce greenhouse gas emissions and enhance the environmental safety of maritime transportation.

Advantages of using LNG. Environmental benefits: Liquefied natural gas (LNG) is one of the cleanest types of fuel because its combustion produces significantly fewer emissions of harmful substances and carbon dioxide compared to traditional marine fuels such as heavy fuel oil or diesel. This is especially important in complying with international environmental standards such as MARPOL.

Economic advantages: Using LNG can significantly reduce the operating costs of shipping companies due to lower fuel costs, especially considering the prospect of rising oil prices. Moreover, the use of liquefied gas can help companies save on compliance costs with strict environmental safety standards, as they reduce penalties for exceeding emission limits. **Technical advantages:** LNG utilization systems on ships demonstrate high efficiency and reliability. Such vessels are usually equipped with modern management and monitoring technologies, enhancing safety and reducing the risks of fire or explosion.

Enhancement of competitiveness: Companies transitioning to the use of liquefied natural gas as fuel can improve their image in the eyes of customers, investors, and the public by demonstrating their commitment to environmental responsibility and sustainable development.

Now let's consider some potential drawbacks of using liquefied natural gas (LNG) as fuel on ships: **Infrastructure limitations:** Special infrastructure including tankers, terminals, and processing systems is required for storing and transporting liquefied gas. This may require significant investments and create additional challenges in fuel supply to remote or underdeveloped regions.

Safety concerns: LNG is a highly energetic material and may pose a risk in case of mishandling or accidents. Strict safety measures and professional training for personnel are necessary to minimize the risks of fire, explosion, or leakage.

Storage and handling complexities: Liquefied gas requires special storage conditions at low temperatures and high pressures, which may create additional technical challenges and expenses for equipment and maintenance.

Possible economic risks: Investments in transitioning to the use of liquefied natural gas may be substantial, and the outcomes of this transition may depend on fluctuations in gas prices and technological changes in the future.

In conclusion, the transition to using liquefied natural gas as fuel on various types of ships is an important step towards creating a more environmentally sustainable and efficient maritime infrastructure. This process requires significant investments and technological developments, but the potential benefits for the environment, economy, and society as a whole make it justified and promising.

The pros and cons of seafarer jobs

Working at sea isn't for everyone, many people who are already seafarers will probably tell you that they thought about a life at sea long and hard - while others find it easy to work on a cargo ship. Before you start seriously thinking about your next steps, it might help to know some of the pros and cons of a career at sea.

The pros of working on a cargo ship (And when we say cargo ship, we could just referring to an oil tanker, cruise liner or offshore vessel!)

The opportunity to travel the world

Let's start with the most obvious one - seeing the world. You'll go to places that some of your friends and family back home can only dream of seeing.

Despite this, long shore leaves are mostly a thing of the past. Don't expect to stop in every port and drink and party.

An unbeatable sense of camaraderie

Cargo ship crews are typically very close, and there is a strong sense of camaraderie among the departments. It's normal to develop a bond with the people you work with after all, many of them spend more time with their co-workers than with their own family!

The ability to save money

In other words - free room and board. Quite literally! When you're working on a ship you will be provided with a bunk to sleep in as well as your meals and beverages, saving you a good deal of money on living expenses.

Relatively steady employment

With 90% of the globe's trade being transported by sea, ships and seafarer jobs are very much in demand. Even the rise of autonomous and self-driving ships won't have too much impact on seafarer jobs - especially not in the near future.

Career growth

Climbing the maritime career ladder is often of great importance. And the good news is, that because there is a strict hierarchy of ranks onboard vessels, you will start in an entry level seafarer job and from there - the only way is up!

With hard work, dedication and the right training and qualifications you will be able to move up the ranks and may eventually become a senior in your field.

The cons of working in seafarer jobs.

Of course, like any job, there are also some downsides to working on a cargo ship. or a chemical tanker or even a tugboat. Although i think the pros far outweigh them!

But being fair, here is a couple of things you need to consider if you're interested in pursuing a career at sea.

A physically demanding work environment

I won't sugarcoat it; working at sea can be physically demanding and the hours can be long. Depending on your actual job and your seafarer rank, there may be lots of physical, hard work involved.

Long hours and irregular shifts

Cargo ship workers often work long hours, including nights and weekends. It goes without saying that this isn't a 9 to 5 job! Your shifts or watches may be irregular and you may even need to be on call.

Spending time away from home

Working on a cargo ship very likely means that you will spend weeks, or even months, at sea. For some seafarers, this isn't too much of an issue. Others may feel homesick for the beginning of the voyage, while for others it can be the worst part of the job.

The pros and cons of seafarer jobs: conclusion

Yes, you may be away from your family and friends for extended periods of time and yes, the work can be tough. However, for many seamen and women, the benefits of working on a cargo ship far outweigh the drawbacks

Offshore vessels are special purpose ships

Everyone knows such merchant ships as: tanker, container vessel, bulker, the main purpose of which is transporting goods and cargo from one destination to another. But working on offshore fleet is fundamentally different from activities that is carried out on board merchant ships.

The main purpose of such vessels is to search for oil and gas deposits, as well as to drill oil. Mariners on these vessels equip stationary platforms, lay pipes and cables, equip all the necessary infrastructure in water, install wind turbines etc.

In other words working on offshore fleet can be called construction and installation processes, carried out in open sea. One of the main characteristics of the offshore sector is its diversity.

There are several types of vessels of offshore fleet:

A Cable Laying Vessel (cable layer or cable ship) is a sea going vessel specially designed to lay underwater cables (telecommunications, electric power transmission, or other). The newest design of cable layers is a combination of cable-laying and repair ships, so they are also able to retrieve broken or damaged sub-sea cables and repair them on board.

Drilling vessels are special purpose vessels which are used for drilling oil and gas wells on the ocean beds at deep seas. Drillships have always been at the forefront of the developments in the offshore industry. All drillships have an opening on the base of the hull and depending on the mission the vessel is on, drilling equipment, small submersible crafts and divers may pass through the moon pool. Drillships are equipped with a special drilling derrick and have extensive mooring or positioning equipment, as well as a helipad to receive supplies and transport staff.

Platform Supply Vessels (PSV) specially designed to provide transportation and logistics support for the supplies and equipment used on oil and gas production platforms, offshore drilling rigs and other types of offshore vessels and installations.

Navigation areas - West and East African coasts, North Sea, Brazilian, Australian and Malaysian waters

To work on such vessels mariner must know how to use and maintain different equipment. Therefore only specially trained sailors are selected to work on offshore ships.

A sailor working on ordinary merchant ship can become the crewmember of offshore fleet. But he needs to be trained and obtains a lot of certificates. Also it is necessary to know English at a good level in order to study instructions, performing work and free communication in mixed crew. Ukrainian mariners are valued in offshore fleet but counting on compatriots is not worth it.

In order to become a crewmember of offshore fleet without experience, majority of Ukrainian engineers recommend to get a job on offshore vessel designed for transporting something from shipyard to customer. In this case special skills will not be required from mariner, but such work will be considered as experience on offshore

fleet. After several months working on this vessel , mariner can expect for offers to get a job on another offshore ship.

Advantages of work in offshore fleet : convenient work schedule voyages up to 4 months, interesting process of work ,the activities on board offshore vessel is not identical to routine work performed on board merchant ship , high salary, acquiring valuable experience

Disadvantages : remember that offshore fleet is only 3% of world fleet , so not everyone will be able to work here , there is a threat of loss of skills acquired in the merchant fleet , demand for professionals depends on the cost of a barrel of oil , and also certificating is very expensive

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ

УДК: 881.811.11-112

Козак С.В.

кафедри Англійської мови в судновій інженерії
Національний університет «Одеська морська академія»

The discipline Business English while studying speciality at a technical university

Summary: *English for business communication is without a doubt one of the main areas of training specialists in universities, both linguistic and non-linguistic specialities. This article examines various methods and techniques for teaching business English. It suggests priorities in learning business English both orally and writing (business correspondence) forms. Thematic plans of authentic textbooks of English language of business communication are analyzed.*

Key words: *business English, business correspondence, priority, conceptualization, categorization, communication, presentation, registers.*

Дисципліна ділова англійська мова під час навчання спеціальності у технічному вузі.

Анотація: Дисципліна Ділова Англійська мова є однією з основних напрямків підготовки спеціалістів у вишах. У статті розглянуто різні методи та засоби вивчення ділової англійської мови; пропонуються пріоритети під час вивчення ділової англійської мови як в усній формі так и в письмовій (ділова кореспонденція). Проаналізовані тематичні плани автентичних підручників англійської мови ділового спілкування.

Ключові слова: *дисципліна ділова англійська мова, ділова кореспонденція, пріоритетність, концептуалізація, категоризація, комунікація, презентація, регістри.*

The discipline Business English is taught in many universities as part of the training of specialists in various technical fields. There is a need for specialists who can communicate on business topics with representatives of foreign companies, crewing agencies, enterprises, etc. has led to the development of theoretical foundations for this development.

The result of the work of specialists in this area was to create a comprehensive statement about the boundaries of the English language, its functional varieties and to develop a step-by-step methodology for teaching it.

According to the definition developed by representatives of one of the schools, the English language of business communication should be understood as a unity of different functional orientation of varieties (registers) of spoken and written language used for business purposes.

Conventionally, for educational purposes, the English language of business communication can be represented by two spheres that intersect, the first of which covers the vocabulary of the English language of business communication, and the second - the registers of the English language of business communication.

The vocabulary of the English language of business communication consists of several layers: **General English words**, **General Business English Vocabulary**, generally accepted business terminology and **Specialized terminology** of various industries.

Commonly used words, for example, **come, go, warn, give, say, take**, etc., are the most frequent lexical items that can be used in a wide variety of functional types of language.

General vocabulary - acquire, purchase, assist, terminate, etc.- contributes to the creation of a formal business style.

Common English business terminology includes terms that denote key concepts of the business world, for example: **agent, company, crewing executive, manager, export, import**, etc. Commonly used terms are "shared code" [2, p.102], which "unites different and very different spheres of business activity that are distinct from each other" [2, p.98]. Mastering the common business terminology is a key point in overcoming the problem of students' understanding of the business world. For this reason, when creating a professional concept-oriented methodology, this particular layer of English business communication vocabulary should be involved as a supporter. In relation to business communication and related methodological issues, it should be emphasized that communication requires more from business English learners than language skills in the general theoretical sense - speaking, writing, reading and listening - as well as specific and functionally relevant skills that are in demand in business communication. Business English skills, which in the English methodological literature includes the following functions (or registers) of the language:

- **Socializing** (conversational technique) - common means of verbal communication aimed at developing and strengthening mutual relations in the business environment;

- **Telephoning** (telephone communication with business partners);

- **Business correspondence** a set of a set of common patterns of written communication in the business world;

- **Business documents and contracts** - the preparation of business documents that confirm in writing a fact or right to something;

- **Business meetings** - pre-planned meetings of two or more entrepreneurs to discuss business-related issues.

- **Presentations**: A speech made by a company employee in connection with the presentation of a new product or service to an audience of specialists in a particular field or to potential investors;

- **Negotiating** - the process of two or more parties with different approaches, needs and expectations seeking understanding on an issue of interest to all participants;

- **The business media**. newspapers and magazines that offer information about the business world, development and new trends in the business world.

These registers are inextricably linked in real life, in the case of business communication. A business meeting is preceded by a telephone conversation, refer-

ence and business correspondence; presentation of any product or service that may lead to a contract.

For example, for business correspondence, it is important to adhere to the accepted formats of business letters, knowledge and use of stable vocabulary, phraseological turns and final syntactic components (e.g: **I would be very interested in.../Could you let me know if.../Our company policy prevents me from...**), as well as the ability to follow the chosen style of writing, both formally and informally.

Telephone communication, in turn, has a rather limited list of typical communicative situations (e.g. **Getting through, Introducing yourself, Taking messages**, etc.) and is characterized by a wide range of use of phrasal verbs (**pick up, call back, hold on, put through**, etc.) and high-frequency reproducible expressions (**Sorry to keep you. I'm afraid the line is busy./Could you put me through to...?/Can I have extension...?**) in stable models of speech production.

Understanding the boundaries of business English, its features and differences from other types of **English for Specific Purposes**[2,p.2] allows us to move on to mastering a step-by-step methodology for teaching business English, which is based on several important principles. First of all, the methodology of teaching English for business purposes should not be focused on the language system as a whole. It is also impossible to start with highly specialized areas and it is imperative to take into account the level of training and the nature of the tasks assigned to them. In other words, the approach should be learner-oriented [1, p.20].

That is why, when developing the methodology of functional orientation, a very important role is given to the communicative approach. The new goal of the learning system in this case is to form and strengthening of students' skills in forming idiomatic language.

Teaching English for business communication, as well as any other subject, should be based on the principle of "from the general to the particular", which implies a systematic movement from general to business English, from oral communication to written language, from general ways of expressing thoughts to more specialized ones.

Adherence to these principles requires a special approach to the organization of the learning material. Firstly, the proposed program consists of three large blocks.

The first stage is quite short and consists of repeating the material already learnt and bringing all students to a certain general level of knowledge.

The second stage is the study of English for business communication. This is the stage of initial entry into the business world. At the third stage, which is referred to as the advanced stage, students should be directed to learn specialized terminology in accordance with their specialization .

The second important point in the organization of the training material is the application of the methodological triad consisting of three concepts: conceptualization, categorization and prioritization, which help to ensure a systematic approach to mastering key business terminology. The main objective of the learning process at the conceptualization stage is to explain the concepts that is a base of the business world.

The main movement is from a term to an explanation of its meaning (or meanings). For example: **chairman**- an officer in a company who presents at the annual meeting of the company and at meetings of the board of directors. In other words, mastering general business terms is not limited to conceptualization (concept-terminus-term-definition), but offers the construction of the most typical relationships and interrelationships between them, which involve the systematization of key business terms by thematic indicators. Thus, categorization means ordering.

The meaning of the third component of this triad is the need for systematic and consistent identification of the highest priority conceptual relations in terms of understanding and adequate perception of the business world by an audience of students.

For this purpose, the syllabus of such authoritative authentic English textbooks for business communication as **New Insights into Business** (G.Tullis, T.Trappe), **The Business** (K.Richardson, M.Kavanagh, J.Sydes, P.Emerson), **Intelligent Business** (Ch.Jonson) were studied.

Since, with the exception of the first textbook, all the others are multi-level publications, the **Pre - Intermediate** level was chosen as the basis. This choice is based on the following factors:

The Elementary level is not so much about exploring the business world as it is about learning the basics of general English: words of everyday communication are introduced and consolidated, the simplest grammatical forms and structures are developed, and listening and speaking skills are developed on topics such as family, hobbies, food, shopping, travelling, etc. It is only at the next level, **Pre-Intermediate**, that students are gradually introduced to the realities of the business world. Let's compare the structure of the textbooks.

New Insights into Business is more academic and covers all the important areas of the business world, starting with company structure and employment. This "versatility" is most likely due to the fact that the textbook is not multi-level, and secondly, it is intended for students whose English is at Intermediate level.

The Business textbook includes the smallest number of thematic chapters, which nevertheless show similarities with other comparable publications. The other three textbooks more or less coincide with the topics studied. Students are introduced to topics from everyday life (e.g.: **Entertaining, Stress, Training Travel**) as well as more specialized topics such as **Marketing, Selling, Company Structure, the Organization**.

This brings us to the next stage of concept methodology development. Its purpose is to eliminate the problems of understanding the business world among students by introducing and consolidating commonly used business English terms with a comprehensive explanation of their meaning and rules of usage in speech. At this stage, we have to apply the principle of prioritization and respond to

to the following questions: What topics should we start with to get to know the business world.

Thus, at the stage of initial introduction of students to the world of business in English-speaking countries, the following topics are relevant in the curriculum:

Company structure

Recruitment

Company operations and sales

Company performance

Product

Banking

Stock market

Starting a business

A list of English business communication terms should be defined for each topic section. In this case, the Ukrainian equivalent is given with the necessary a comment on the coincidence or partial discrepancy in meaning. For example: the term **CEO (Chief Executive Officer)** should be accompanied by a commentary from the teacher on the specifics of its translation into Ukrainian. We are talking about the fact that the literal translation of the term is "chief executive officer". However, when researching the definition of the term: **CEO** is a top manager in a company who bears the greatest responsibility and makes the most important decisions, we conclude that this is most likely an analogue of the Ukrainian understanding of "general director".

In the future, it is necessary to develop a system of tasks aimed at consolidating the key concepts of a particular thematic section and activating this vocabulary in speech.

Objectively available information confirms the following: in the modern practice of business communication, the registers that meet the requirements of the modern business world, such as cost-effectiveness, mobility, flexibility, convenience and ease of use, have become of the greatest importance.

In this sense, telephone communications for business purposes are the most popular, on the one hand, and correspondence such as electronic mail (**e-mail**), on the other hand.

Face-to-face meetings between representatives of different companies face-to-face meetings are often and inevitably preceded by telephone and e-mail negotiations.

Continuing to apply the principle of prioritization, it is advisable to distinguish another block (or combination) of registers: business correspondence (Business correspondence in the traditional sense - letters, faxes and memos, memoranda that have not lost their importance in the business world, and the technique of socializing.

Business correspondence is based on the written form of language, while socializing is spoken language. Business correspondence usually requires a formal business style (the exception is correspondence within the company via memo, which allows you to deviate from the formal style.

Thus: The first block is the first stage of entering the business world: **Telephoning, E-mail English, Business correspondence, Socializing, Presentations.**

The second block stage is advanced: **Presentations, Business Meetings, Negotiations, Business documents and contracts, The business media.**

This article provides only a general approach to the organization of material in the ESP program at non-linguistic universities, which requires further elaboration.

However, the proposed methodology of teaching English for business communication provides students with a reliable system of methods and techniques, the use of which provides a set of practical tasks to be solved by students; which in turn will help to solve two main problems simultaneously: understanding the business world and the problem of learning to communicate effectively in any communication situation.

REFERENCES:

1. Козак С.В. Формування іншомовної комунікативної компетентності у майбутніх фахівців морського флоту: Дис; Одеса, 2001. 271с.
2. Козак С.В. English for Specific Purposes. // Матеріали науково-технічної конференції: Експлуатація та Ремонт. НУ "ОМА": Одеса, 2018. С.57-60.
3. Назарова Т.Б. Business English: A Course of Lectures and Practical Assignments. AST/Astrel, 2004. 272р.
4. Козак С.В. Комунікативний підхід в сучасних технологіях навчання іноземній мові у вищій школі. // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Морська освіта: Вчора. Сьогодні. Завтра.". НУ "ОМА": Одеса, 2004. с.223-232.
5. Cambridge Business Dictionary.-Cambridge University Press., 2003, 1096p

Національний Університет «Одеська морська академія»
**Вплив дистанційного навчання на соціальну ізоляцію та
психологічний стан здобувачів освіти**

Вступ

В епоху стрімкого технологічного прогресу і постійних змін в освіті дистанційне навчання стає не лише альтернативою, а й головною тенденцією, що визначає сучасний розвиток освітнього середовища. Однак відчуття соціальної ізоляції та вплив на психологічний стан здобувачів освіти набуває особливої важливості в контексті впровадження цього новаторського формату. Актуальність дослідження полягає у фундаментальних змінах, які відбуваються в навчальних процесах: віддалені форми навчання перейшли в категорію норми, а не винятку, і на сучасному етапі важливо ретельно розглядати їх вплив на соціальні взаємодії та психологічний стан студентів. Розуміння такого впливу є необхідним для вирішення завдань, пов'язаних із забезпеченням повноцінного та ефективного освітнього процесу. Дослідження обраної проблематики покликане не лише проаналізувати та зрозуміти проблеми, що виникають у здобувачів освіти в умовах віддаленого навчання, а й вказати на можливі шляхи вирішення цих викликів. Результати роботи вплинуть на освітній процес загалом, сприяючи розробці ефективних стратегій, що підтримають якісне та гармонійне використання дистанційних форматів навчання в сучасному освітньому середовищі.

Результати дослідження

Дистанційне навчання, хоча й забезпечує можливість отримання освіти в безпечних умовах та технологічного прогресу, проте суттєво впливає на соціальну ізоляцію та психологічний стан студентів.

По-перше, відсутність зорового контакту та живого спілкування можуть викликати почуття самотності й відчуження у студентів. Ураховуючи те, що здатність обговорювати матеріал, висловлювати ідеї та взаємодіяти з одногрупниками є важливою частиною навчального процесу, онлайн-навчання часто призводить до відчуття віддаленості у студентів. Відсутність традиційного контакту може порушити звичну соціальну взаємодію, сприяючи виникненню емоційного напруження та психологічного стресу. Для молоді, яка звикла бути у постійному русі, спілкуванні, такий стан є неприпустимим для її волелюбної особистості [1.Тарнавська та Журат, 2020]. Активна підтримка та створення можливостей для віртуального спілкування можуть допомогти подолати ці труднощі й зберегти соціальне благополуччя студентів.

Крім того, високе навантаження ізольованого навчання може призводити до перенавантаження та втоми. Часто студенти можуть стикатися із надмірною кількістю завдань, самостійних робіт, яку викладачі намагаються компенсувати через відсутність занять в аудиторії [2. Лимар, 2022]. Втома та перенавантаження є факторами, які можуть впливати на мотивацію та бажання студентів навчатися. Високий рівень фізичного та емоційного вигорання може призвести до зниження концентрації, погіршення психічного стану, внаслідок цього –

остаточного виснаження студента. Важливо усвідомлювати, що навчальний процес у таких умовах може зменшити зацікавлення до пізнання нового матеріалу та призвести до втрати ефективності в зусиллях. Необхідно оптимізувати зміст навчального матеріалу й орієнтуватися на те, як він буде засвоєний учнями [3. Кравченко та Міщенко, 2021]. Роль викладача в дистанційному навчанні важлива, оскільки збільшується ймовірність неправильного тлумачення теоретичного матеріалу без живого спілкування з іншими студентами. Тому для нього виникає важливе завдання – надавати допомогу й керувати діяльністю здобувача в процесі побудови власної освітньої траєкторії [4. Пугач, 2023]. Збалансоване планування та своєчасна підтримка є важливими для запобігання перенавантаження та збереження психологічного комфорту студентів під час дистанційного навчання.

Психологічний стан студентів також піддається впливу через зміни в режимі навчання. Дистанційне навчання обмежує контакт викладача і студента, у зв'язку із чим створює психологічний дискомфорт і відчуття взаємодії лише з інформаційною системою, а не з живою людиною [5. Лисаченко та ін., 2020]. Багато часу, проведеного за екраном, може негативно впливати на психічне здоров'я здобувача освіти. Сприйняття великої кількості інформації, нестабільність графіка та відсутність фізичної взаємодії з одногрупниками й викладачами можуть викликати психологічний стрес. Окрім того, важливо враховувати індивідуальні особливості студентів, такі як ступінь самодисципліни, здатність до саморегуляції та ставлення до технологій, що використовуються під час навчання онлайн. Для комунікації між учасниками освітньої діяльності використовуються спеціальні платформи: Moodle, Google Meet, Zoom, Viber, Messenger, електронна пошта, які дають змогу прискорити процес адаптації студентів до навчального та виховного процесів у закладі вищої освіти, ефективно та якісно вести спілкування [6. Кисельов та ін., 2023]. Деякі студенти можуть легше адаптуватися до дистанційного формату, в той час як інші – відчувати значні труднощі. Негативний психічний стан може виражатися у втомі, тривозі, невпевненості чи втраті мотивації. Отже, викладачі повинні надавати підтримку студентам, мотивувати їх до продовження навчання, докладати більше зусиль для створення сприятливого середовища для вивчення [7. Крупенина та Сабадош, 2023]. Педагоги також повинні впроваджувати ініціативи щодо психологічного супроводу, які допомагають студентам ефективніше впоратися зі стресом і забезпечити стабільність психічного здоров'я.

Дистанційне навчання зазвичай призводить до втрати традиційного відчуття приналежності студента до академічного оточення. За відсутності фізичної взаємодії та безпосереднього спілкування студенти можуть відчувати віддаленість й непевність в собі та своїх силах. Умови онлайн-взаємодії, які часто обмежуються текстовим чатом або відеоконференціями, можуть стати бар'єром для адекватної самооцінки студентами своїх досягнень, у зв'язку із чим вони можуть відчувати втрату сприйняття свого місця в навчальному процесі. Задля досягнення максимально ефективної психологічної атмосфери у навчальному процесі важливі особисті якості викладачів [8. Булгару та Дзятко, 2022]. Необхідно запровадити розробку інноваційних засобів віртуальної

взаємодії, які дозволяють студентам ефективно демонструвати свої навички. Розширення можливостей співпраці в онлайн-середовищі та впровадження миттєвого зворотного зв'язку можуть сприяти зміцненню впевненості студентів у власних здібностях. Крім того, системи підтримки та психологічної допомоги повинні бути активно впроваджені для стимулювання позитивного психологічного клімату під час дистанційного навчання.

Розглядаючи протилежну сторону дистанційного навчання, варто визначити його потенційні переваги. Самостійність, систематичність, доступність, наочність, індивідуальність, активність учасників зробила дистанційне навчання популярним у всьому світі. Сьогодні, в умовах війни, ця форма освіти забезпечує головну вимогу освітнього процесу – збереження здоров'я його учасників [9. Хома, 2023]. Так, онлайн-формат освіти забезпечує гнучкість та доступність навчання для різноманітних груп студентів. Здійснення навчання в онлайн-середовищі розширює географічні та соціокультурні межі, надаючи можливість здобуття освіти тим, хто раніше не мав доступу до навчальних ресурсів. Вагомою перевагою є те, що дистанційне навчання стимулює вироблення навичок самостійності та самодисципліни серед студентів, вимагає від студентів вищого рівня відповідальності за власний навчальний процес. Самостійне планування часу, управління завданнями та вміння пристосовуватися до онлайн-навчання створюють невід'ємний багаж необхідних навичок. Отож, дистанційне навчання, незважаючи на певні недоліки, відкриває нові горизонти та формує у студентів важливі компетенції, які допоможуть їм пристосуватися до сучасних вимог суспільства та ринку праці.

Отже, вплив дистанційного навчання є комплексним, охоплюючи як позитивні, так і негативні аспекти. З одного боку, онлайн-формат навчання розширює можливості доступу до освіти та сприяє гнучкому освітньому процесу. З іншого боку, він стикається з викликами, такими як відсутність соціальної взаємодії та психологічний дискомфорт, які вимагають уважного управління та адаптації. Забезпечення балансу між цими аспектами є важливим завданням для сучасних освітніх систем.

Застосування гнучких стратегій під час організації дистанційного навчання є необхідністю для вищих навчальних закладів. Комплекс заходів, спрямованих на адаптацію навчального процесу до різноманітних потреб і стилів вивчення студентів в онлайн-середовищі, має враховувати індивідуальність студентів, пропонуючи різноманітні формати навчального матеріалу. Так, використання відеолекцій, аудіоматеріалів, інтерактивних завдань дає змогу студентам обирати той метод, який відповідає їхнім особистим уподобанням та стилю опанування інформації. Важливим є персоналізація навчального процесу, де створення індивідуальних навчальних траєкторій і можливостей для консультацій дозволяє студентам отримати необхідну підтримку та відповіді на всі запитання. Так, запорукою якості підготовки фахівців з використанням дистанційного навчання є вибір ефективних методів навчання, що забезпечують індивідуалізацію навчання та формування професійної компетентності здобувачів освіти [10. Корольова та Лимаренко, 2023]. Гнучкі графіки, надані студентам, дозволяють їм самостійно планувати свій час, що сприяє оп-

тимізації навчання з урахуванням індивідуальних ритмів і робочих темпів. Упровадження стратегічних заходів в дистанційному навчанні покликане оптимізувати освітній процес та підвищити його результативність. Як підсумок, зазначені стратегії навчання є критичним інструментарієм, спрямованим на створення ефективного та адаптивного середовища для студентів.

Висновки

Результати дослідження вказують на те, що дистанційне навчання є багатограним складним процесом, який зумовлює як негативний, так і позитивний вплив на студентів. З одного боку, онлайн-формат забезпечує гнучкість та розширює доступність навчання для різноманітних груп студентів, сприяючи розвитку навичок самостійності та самодисципліни. З іншого боку, разом із перевагами з'являються й недоліки, такі як соціальна ізоляція, психологічний стрес та емоційне вигорання. Забезпечення балансу та подальша адаптація освітніх систем є ключовими факторами для успішної інтеграції дистанційного навчання в освітнє середовище. Адаптація освітніх систем та розробка гнучких стратегій, спрямованих на подолання викликів, стають необхідними етапами для успішної інтеграції дистанційного навчання в сучасну освітню траєкторію. Завдання полягає в створенні гармонійної й ефективної освітньої парадигми, яка враховує різноманітні вимоги та потреби студентів у динамічному середовищі. Можливі напрямки подальших досліджень охоплюють аналіз ефективності педагогічних підходів, використання технологічних інновацій у навчанні, адаптацію освітніх систем до змін, а також дослідження соціально-психологічних аспектів дистанційного навчання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ternavska, T., & Zhurat, Y. (2020). Дистанційне навчання у період карантину: переваги та недоліки. *Наукові записки. Серія «Психолого-педагогічні науки»*, (2), 76–81. <https://doi.org/10.31654/2663-4902-2020-PP-2-76-81>
2. Лимар, Л. (2022). Основні переваги та недоліки дистанційного навчання іноземних мов у немовному закладі вищої освіти. *Український Педагогічний журнал*, (1), 24–29. <https://doi.org/10.32405/2411-1317-2022-1-24-29>
3. Кравченко, О., & Міщенко, М. (2021). Соціально-психологічна підтримка учасників освітнього процесу в умовах дистанційного навчання. *Вісник Львівського університету. Серія психологічні науки*, (8), 90–99. URL: http://psy-visnyk.lnu.lviv.ua/archive/8_2021/13.pdf
4. Пугач, В. М. (2023). Особливості застосування змішаного навчання в закладах вищої освіти. *Наукові записки. Серія: Педагогічні науки*, (211), 307–314. <https://doi.org/10.36550/2415-7988-2023-1-211-307-314>
5. Лисаченко, О. Д., Єрошенко, Г. А., Білаш, В. П., Пелипенко, Л. Б., & Шевченко, К. В. (2020). Дистанційне навчання на кафедрах морфологічного профілю в умовах карантину. Переваги та недоліки. *Вісник проблем біології і медицини*, 3 (157), 188–191. <https://doi.org/10.29254/2077-4214-2020-3-157-188-191>
6. Кисельов, В. О., Кулик, Н. А., & Бикова, М. М. (2023). Адаптація студентів-першокурсників до навчального процесу засобами цифрових технологій.

Олімпійський та параолімпійський спорт, (3), 18–22.

<https://doi.org/10.32782/olimpspu/2023.3.4>

7. Крупенина, Н. А., & Сабодош, В. І. (2023). Роль викладачів у нову епоху дистанційного навчання та штучного інтелекту. Актуальні питання у сучасній науці, 10(16), 565–578. [https://doi.org/10.52058/2786-6300-2023-10\(16\)-565-578](https://doi.org/10.52058/2786-6300-2023-10(16)-565-578)

8. Булгару, Н., & Дзятко, А. . (2022). Основні переваги та недоліки технологій та форм дистанційного навчання іноземній мові у технічному закладі.

Innovation and Sustainability, (3), 139–144.

<https://doi.org/10.31649/ins.2022.3.139.144>

9. Хома, К. (2023). Advantages and disadvantages of distance education in crisis conditions of war. Theoretical and Didactic Philology, (36), 93–100.

<https://doi.org/10.31470/2309-1517-2023-36-93-100>

10. Корольова, Н. Л., & Лимаренко, О. А. (2023). Розроблення та реалізація моделей дистанційного навчання для підготовки фахівців лінгвістів: інновації та виклики. Академічні візії, (21). <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8170896>

Personal Behavioral Based Safety on board of ship

Annotation:

The publication updates the issue of personal behavioral safety on board the ship, which depends on everyone: crew members, passengers and visitors. Non-acquaintance of the mandatory rules for seafarers under the Code of Conduct for Merchant Navy does not reduce the responsibility of sailors for critical results. Therefore, it is very important to know them and adhere to them. To address this challenge to ensure safe and efficient operations is Behavioral Based Safety (BBS). That's programs can help to prevent work related accidents and diseases. Also were discussed the importance of the issue of interpersonal relations between seafarers on ships and the ability of department heads to unite the team into one.

Key words:

Accidents, behavior, human factor, accident pyramid, interpersonal relationship, risks, safety, team effort.

Анотація:

Публікація актуалізує питання особистої поведінкової безпеки на борту судна, яке залежить від усіх: членів екіпажу, пасажирів і відвідувачів. Незнайомство з обов'язковими для моряків правилами Кодексу поведінки торговельного флоту не зменшує відповідальності моряків за критичні результати. Тому дуже важливо знати їх і дотримуватися. Щоб вирішити цю проблему, щоб забезпечити безпечну та ефективну роботу, є поведінкова безпека (BBS). Ця програма може допомогти запобігти нещасним випадкам і надзвичайним ситуаціям, пов'язаним з роботою. Також було обговорено важливість питання міжособистісних стосунків між моряками на кораблях та вміння керівників підрозділів згуртувати колектив в одне ціле.

Ключові слова:

Нещасні випадки, поведінка, людський фактор, піраміда нещасних випадків, міжособистісні стосунки, ризики, безпека, командні зусилля.

Personal safety on board ships is important to everyone working as marine accidents happen frequently and can be avoided if proper safety procedures are followed. It is generally known that "human beings by their very nature make errors; therefore it is unreasonable to expect error-free human performance". It's really important for all employees to behave and feel safely as particular tasks can associate risks. Behavior based approaches work best when physical environment are well maintained and safety procedures are followed.

A good leader behavior on board the ship should be engaged, communicative, collaborative, upstanding and empowering. Let's take a closer look at these qualities and how they can come into play at sea.

All managing companies, all ship owning companies and generally all companies have Safety Management Systems and safety programs. But accidents happened, as Safety is treated as an obligation or priority, but not as the most important

value. Not treating safety like that, so we are losing the possibility of integrating in the structure of the company. According to Traditional Safety Approach, we are always targeting at the minimization of marine accidents. When we are talking about maritime safety, we are actually talking about accidents (fire, explosion, grounding, collision and other emergency situations).

According to the well-known factor of 80/20%, human factor or employees' behavior is responsible for up to 80% of the causes that lead to maritime accidents, whereas the rest of 20% is technological reasons and other factors. However, if we would like to decompose the word "human factor", we could say that we have two major pillars: the failure of professional culture and the failure of behavior. In order to enhance and strengthen the final task or job performance, we have the integration of organizational culture and behavior skills.

By the well-known CRM (Crew Resource Management) - the effective use of all available resources for crew personnel to assure a safe and efficient operation, reducing error, avoiding stress and increasing efficiency. We pursue safety - "we use all the available resources (information, equipment, people) to achieve the target, which is safe and efficient operation".

The primary goals of Crew Resource Management (CRM) are:

Mitigate the consequences of error (the error is there)

Trap error (avoid some steps of its escalation)

Avoid error

We can achieve that by CRM training, which is based on Non-Technical Skills training (NTS). According to the very used definition, NTS or Soft skills are the cognitive (situation awareness, decision-making), social (communication, teamwork, leadership) and personal resource (managing stress, coping with fatigue) skills that actually complement technical skills (for instance the knowledge of MARPOL or SOLAS) and contribute to safe and efficient task performance.

A new way to proceed this task for safe and efficient performance is Behavioral Based Safety, also known as Behavior based safety (BBS), is a process of improving safety performance through changing the way people behave. It achieves this through a systematic application of psychological research on human behavior to the problems of safety in the workplace. BBS steps in actually to eliminate and reduce the marginal or the remaining unsafe portion in our industry after the enforcement of legislation, the installation of new technology and new rules. BBS is: Safe Seafarers vs. Safe Ships; Behavior Management; Observation & Feedback; Losses Equal Management Errors; Measure Behaviors vs. Results; Positive Reinforcement, which can really provide impressive results.

BBS is not: Based on assumptions, personal feelings; Only about observation and feedback; Concerned only about the behaviors of seafarers, but also of shore personnel; A substitution for traditional risk management techniques; About cheating & manipulating people; A focus on accident rates without a focus on behavior; A process that does not need employee involvement. Ideal behavioral safety processes all share following components: Identify unwanted behaviors; Develop observation checklist targeting them; Educate everyone by briefing, train process facilitators, observers; Assess and monitor actual behavior via regular observations;

Limitless feedback provided to all. In practice, two basic processes exist: ones focused on behavior of everyone in workgroup and those targeting individuals using a one-on-one approach.

BBS needs the involvement of all levels in a structured and systematic way. According to the famous accident pyramid (consequences, cause and control) it has in it: near misses-property damage-minor injury-major-fatality). It illustrates that most incidents have a relatively mild impact and critical impacts that are infrequent events. We have the BBS pyramid, which has an extra step in the base, prior to near misses. This extra step is at-risk behaviors. In this way, human behavior becomes observable and measurable. Therefore, we can manage it. This is very important, because if we can have such a model, which is well-calibrated, then training can have a completely different orientation and practice. Control step is about training, rewards, sampling, enforcement, feedback systems, safe practices, goal settings and involvement. Attitudes are inside our head and it is really difficult to observe or measure it. However, attitudes can easily be influenced by altering behaviors. This happens because an attitude is in a specific time span a set of behaviors for certain topic or similar topics. So, this set of behaviors comes up with an attitude. If we can alter a behavior, then we can alter the attitude and the whole way of proceeding a situation.

Mandatory Rules for Seafarers under the Code of Conduct for Merchant Navy (Not including Emergency Situations):

Merchant navy is a physically as well as mentally [demanding profession](#). Seafarers are required to stay extremely disciplined and professional not only during working hours but also during the spare time on ships.

Seafarers are also often required to work in unfavorable working conditions and confined environment, which make them more susceptible to professional [stress and strain](#). Thus, self-discipline coupled with a positive attitude is a must on board ships to avoid mistakes, professionally speaking. To ensure that seafarers act, behave, and work in a certain disciplined manner, [the code of conduct for merchant navy](#) has been drafted in order that there is a reference and standard to which seafarers and authorities can turn to with regard to matters of discipline, decorum and conduct.

1. Punctuality is probably one of the primary bastions of professionalism in any field and needless to say, seafarers are required to be punctual in every aspect of their life on board ships; opposite [shore-leave](#) or reporting for watch-keeping duties, seafarers must value time on board ships. Delay of any kind of operation can lead to the delay of the whole ship, resulting in loss of both time and money.

Additionally, punctuality considers that outgoing officers are relieved of their duties in a timely manner, ensuring that [interpersonal relations](#) and operations onboard are carried forth without hindrance.

2. Drinking is essential to the basic functioning of manpower onboard a merchant ship. With the value of the ship and her cargo running into millions of dollars, navigating the vessel under the influence of alcohol seems ridiculous in every way. Most ship owners have prohibited the consumption of liquor onboard, [enforced a 'no alcohol' policy](#). In the case where such a policy is in effect, it is mandatory to adhere to it.

3. Drugs – the same, all companies have [enforced a ‘no drugs’ policy](#). As with any other workplace, narcotics are a complete no-no onboard (as well as ashore, while on shore leave). It is unlawful to consume, possess, or [distribute drugs on board ships](#). A seafarer found guilty of consuming or possessing drugs, is liable to dismissal from his or her job and also subject to legal proceedings. It is to note that certain countries have very strict rules against drugs which involve capital punishment. The act of transporting it is a guaranteed route to really long imprisonment; it is therefore advisable to every seafarer to steer completely clear off of any such activity or habits. Not to forget, the risk posed to the safety of the vessel when narcotics are in question, whether it pertains to consumption or transportation, is immense.

4. Weapons - Any kind of offensive weapons which can be fatal are not allowed on board ships. A seafarer found guilty of such acts is liable to legal proceedings and suspension. It is possible that the country one is in has lax gun laws enabling easy purchase and use of weapons; as with the contrabands mentioned above, it is best to steer clear. [Certain flags](#) might allow the Master to have a gun for the safety of the vessel but under no circumstances is the individual carriage of any weapon allowed onboard. Punishment for this is also extremely harsh, and rightfully so.

5. Carrying out of duties - Every seafarer is required to perform duties to the best of his or her abilities. It is necessary that seafarers properly understand their duties and obey all the commands and instructions which are within their scope. The precise allocation of duties can be found in the SMS Manual as per the [ISM Code](#) and so far as possible, be adhered to. Obviously, there arise circumstances in which it is not practicable to stick to a job description; emergencies and exceptions notwithstanding, seafarers should diligently carry out the duties that they are assigned. Seafarers should also know whom to report to and what to do in case of emergency situations.

6. Smoking - Most of the ship owners follow No-Smoking policy onboard their ships, especially on tankers and those carrying dangerous flammable cargo. No smoking rules should be strictly followed on board ships to prevent fire accidents. Designated smoking rooms are the only places where a smoker should smoke. Smoking poses a [threat to the safety of the vessel](#) when done on deck, owing to the flammable nature of the cargo. Smoking in cabins should also be prohibited for the chances of a mishap due to human error can be devastating.

7. Behavior towards Colleagues onboard: Misbehavior and anti-social attitude are not tolerated on board ships. Seafarers who are involved in actions such as abusive language including racism, sexual harassment, aggressive attitude, and offensive personal habits can face suspension or discontinuation of their job contracts. Owing to the multicultural nature of shipboard work, it is important for every seafarer to adapt to the various needs and customs of different individuals and imbibe the positive aspects to further the efficiency of work. Do unto others as you would want others to do unto you.

8. Bringing unauthorized persons on board are not allowed. Ship and port authority rules should be strictly followed regarding bringing of unauthorized persons on board to prevent legal actions. Standing rules prohibit the entry of unauthorized

persons into the port facility or the ship itself. If the need arises, proper permits shall be obtained to facilitate any such entry. One must not skirt the existing security laws to allow anybody to enter the ship.

9. Treatment of Ship's property and accommodation area: When seafarers are on ships, the ship is not just their place of work but also their place of living. It is therefore important that seafarers treat ship's property and accommodation area with respect and take proper care of the same. Not to sound pedantic but treat the ship like you would treat your own home. The property and everything else contained within is bound to be part of one's daily usage in some form and it must all be treated with a level of respect.

10. Unlawful Activities: Apart from above-mentioned practices, there are certain unlawful activities and misconducts seafarers should avoid. Any seafarer found guilty of actions such as assault, willful damage to ship's property, persistent disobedience, actions endangering ship or person on board, continuous failure in performing duties, normal or cargo theft, actions compromising safety of the ship, and ill-treatment towards onboard personnel can face suspension of the contract or other severe actions against him or her.

Interpersonal Relationship among Seafarers on board Ships

Working on ships is a "team effort". A "one-man-show" cannot run the whole ship. In order to perform operations smoothly and safety on board ships, good interpersonal relationship among seafarers is a must. As the number of people on board ships is limited, there are high chances of dissatisfaction among crew members. As important it is to avoid politics on ships, equally important it is to enhance interpersonal relationship between people on board to ensure that all jobs are done smoothly and safety. Working on ships is not an easy task and demotivation can easily be developed among seafarers as a result of various kinds of stresses. Having my own experience as an example, I can testify that it is so. Each member of the crew came on board the ship from different countries and has his own character, opinions and preferences. But when we are on board, every sailor must understand that he has come to work. Therefore, it is worth finding compromises in work and agreeing on it. During such situation, it is the job of chief-engineer/chief officer/captain to get rid of discontentment among people on ship and instill the importance of interpersonal relationship. They should monitor the state of the team and leadership qualities, so that the team unites around them and, in case of anything, can openly talk about emerging problems. Safety leadership can positively impact people's safety behavior and reduce incidents. Leaders, who set their crew up for success and show their care, are successful at positively impacting performance. The first step towards developing interpersonal relationship on board ships is to understand the values, knowledge and skills each one has. However, heads of department can use following:

1. Morning meetings (Tool box meeting): that are conducted to assign work to team members, is the best time to get all the crew members together. It is necessary that crew members talk to each other during such meetings and discuss their views and opinions. Each member should be given a chance to provide suggestions regarding improvement of work process and safety precautions to be taken. This activity

gives members a sense of responsibility and importance and also works a great deal in enhancing their performance and interpersonal relationship.

2. Tea-Breaks: mostly the same, but if used efficiently can work wonders towards enhancing “team effort”. During a break in a relaxing atmosphere, it should be made compulsory to get all crew members together and discuss the work in progress and other important things that they feel are necessary.

3. On board training sessions: is another important opportunity to get crew members together to impart important working knowledge or conduct [safety committee](#) meetings. Captain and chief engineer should arrange the meeting in such a way that maximum crew members are able to participate. It is also necessary to train drills to know actions and duties in unpredictable situations.

4. Spending free time together, arranging events or sports days: Watching movies and playing games in free time is a solid way to know each other and build great relationships both on and off work. During team games, it is a great way to inculcate the importance of team spirit and building interpersonal relationship among crew members. [Find out more about sports played on board ships here.](#)

5. Parties and Get-together: Everyone likes to party and unwind once in a while. Party is a great method to bond people together and improve scarred relationships on board ships. However, it is necessary that they are arranged in such a way that maximum crew is able to participate. Festival celebrations are also a great way to enhance interpersonal relationships between people onboard.

Summing up all above written, well-designed and well-executed behavioral safety processes fully engage both management and employees, within a mutually trusting and supportive atmosphere, to improve safety. That proven method is effective way of positively impacting safety and reducing maritime incidents on board ships. Seafarers should be familiarized with written rules under all circumstances to ensure the safety of the ship, their lives, their careers and also all crew members should be open to each other as “do unto others as you would want others to do unto you”. I think, it is important for every seafarer to adapt to the various needs and customs of different individuals and imbibe the positive aspects to further the efficiency of work and personal safety.

REFERENCES:

- [<https://safety4sea.com/the-human-element-onboard-ships-aspects-of-behavioral-based-safety/>]
- [Cooper M.D. Behavioral Safety: reducing workplace accidents. Professional Safety: e-book bsms, 2009, 36.]
- [Kaila H.L. Behavior-Based Safety in Organizations: Saving life before the accident: I K International Publishing House; Second Edition, 2016, 256.]
- [Article by Shilavadra Bhattacharjee. Mandatory rules for seafarers under the Code of Conduct for Merchant Navy. 2019]
- [<https://www.marineinsight.com/life-at-sea/6-ways-to-improve-interpersonal-relationship-among-seafarers-on-board-ships/>]

Розваги на круїзних лайнерах

Many are attracted to cruise ships due to the luxurious experience, mindblowing seascapes and endless exploration options at sea. Though conventionally cruise ships are associated with poolside lounging, entertaining evenings, musical nights, shopping, and a plethora of dining options, modern cruise ships have evolved a lot and include much more to cater to the needs and growing demands of a wide and diverse audience that always seeks something new.

The quest for this has led to the introduction of golf courses on cruise ships. In the late 1900s, when the cruise industry was in its infancy, passengers onboard leisure vessels hit golf balls with no pin in sight, just for the fun of it. However, it was in 1990 that the International Maritime Organisation barred the dumping of plastic waste into oceans and seas, including the golf balls.

Cruise Lines realized they could lose tourists to land-based hotels and resorts since cruises did not offer a diverse vacationing experience at that time, and hence, many in the industry sought to look for ways to solve this issue.

Focusing specifically on golf, a vital development led to the intertwining of cruising and golfing. A San Diego-based company called Full Sing Golf sold its first-ever golf simulator to Princess Cruises in 1997. This computerized simulator enabled people to experience the joys of golfing while being surrounded by water and scenic views of the beautiful blue ocean.

In the present time, cruise lines have actually incorporated stops at real and world-famous golf courses on land as part of itineraries that incorporate a halt at a different golf course during the entire cruise trip.

Let us embark on an insightful journey to explore the top cruise ships with golf courses that are apt for masters of the sport and novices alike. [1]

1. Oasis of the Seas, Royal Caribbean

Oasis of the Sea is a 360 m long and 47 m wide cruise ship and the first ship of her class. She has 18 decks and can accommodate a maximum of 6699 people.

She is the most loved ship of her class, thanks to the amenities and fun-filled experiences it offers for people of all ages and interests. The Pool and Sports Zone is located on decks 15 and 16 and has 4 big pools and several whirlpools. The Beach Pool has salt water and features a sloping sandy shore leading to it.

The ship also has a Mini Golf Course, which is accessible without any prior reservations and is included in the fare. [2]

The 9-hole golf course is situated on Deck 15 of the Oasis of the Sea, close to the recreation area and the sports court. It offers stunning views. The green grass is in good shape, while the holes have tiny bumps and obstacles around them. Statues of golfers and animals are kept throughout the golf course.

Putters are usual for a golf course of this size, and the golf balls were lighter, likely because nobody wants golfers to take a full swing with a heavy ball on a cruise ship. The cups were made of metal and decreased the chances of a ball bounc-

ing out. However, there were no scorecards or any way to know what par was for each hole.

This is a simple and relaxing course ideal for those who want to play golf for leisure and fun while enjoying the views. [1]

2. Norwegian Escape, Norwegian Cruise Line

This breakaway plus-class cruise vessel was the first ship of the class to be delivered. She was constructed with bigger dimensions and gross tonnage than her sister ships, Norwegian Getaway and Norwegian Breakaway.

When it was constructed, it had the biggest water park among all the Norwegian Cruise Line's Ships, which made it an attraction. [2]

The Norwegian Escape has a 9-hole, Nickelodeon's Teenage Mutant Ninja Turtles-inspired rooftop 9 miniature golf course on Deck 18. It is not included in the fare, and those wanting to enjoy the golf course have to pay an additional fee for the same. Inspired by the hit animated series that aired on TV, it is a unique miniature golf course that has people saying 'turtle power' when they sink a hole in one while enjoying the company of characters like Leonardo, Raphael, Michelangelo and Donatello. [1]

Norwegian Escape offers a famous cartoon channel, Nickelodeon branded entertainment, such as an opportunity for kids to meet and play with their favorite cartoon characters like Dora the Explorer, SpongeBob SquarePants, Patrick Star and others, along with participating in many fun contests and interactive experiences. This is why Norwegian Escape has become a preferred choice for families having kids. Apart from the Norwegian Escape, Norwegian Bliss and Norwegian Joy also feature golf courses.

3. Celebrity Silhouette, Celebrity Cruises

Celebrity Silhouette features an outdoor park-like area perfect for relaxing. Called the Lawn Club, it spans over 2000 m² and is lined with living grass. It is used for trivia games, sunbathing, and also hosting live concerts on the ship.

When the ship was upgraded in 2020, the Law Club was equipped with 8 Alcoves and an outdoor movie screen, making it an even more happening place. The Alcoves are private cabanas that can be rented and can accommodate 4 guests each. [3]

The Club room remains open from 9 a.m. to 5:30 p.m. and gives equipment for all the lawn games, including the 3-hole Mini Golf Course, Lawn Bowling, Croquet and 2 Bocce courts.

Adjacent to this is the Lawn Club Shop that sells Brand Golf equipment and accessories and merchandise of the Celebrity Cruises.

4. MSC Divina, MSC Cruises

MSC Divina is the most advanced among the 3 Fantasia Class Ships of MSC Cruise Line. Major upgrades include its redesigned interiors, 100 additional cabins and new and exciting entertainment options like the Infinity Pool. Decks and restaurants have been revamped to provide more comfort and luxury to every guest.

There are 14 passenger decks, all named after ancient Greek Gods. MSC Divina can accommodate 4363 passengers in its 1751 staterooms, most of which have an ocean view and a veranda. It also has 4 different types of suites. [3]

Public spaces on MSC Divina cover 30,000 sq m and include 7 restaurants, 20 bars and lounges, 4 swimming pools, a gymnasium and a bowling alley. The MSC Aurea Spa, which is located on deck 14, provides 21 types of massages and 8 kinds of facials.

The main entertainment venue on the ships is the Pantheon Theatre, which can accommodate 1600 guests. The MSC Sports Arena offers basketball, tennis and volleyball courts along with a 235 m jogging track. There is also a smurf-themed play area on deck 15 for children.

The mini-golf course is easily accessible and is included in the cost. One can get together with friends and family to see who becomes the king or queen of golf. Apart from MSC Divina, MSC Lirica, MSC Opera, Sinfonia, Musica, Orchestra, and Poesia have golf courses. [1]

5. Carnival Vista, Carnival Cruise Line

Carnival Vista was built in the Fincantieri Shipyard of Monfalcone and was delivered in 2016. It has 15 decks and a capacity for 3936 passengers and 1450 crew members. The ship is known for its Cuban-themed staterooms and Family Harbor Staterooms. It has a Havana Bar and pool, a seafood shack and the first IMAX at sea. [3]

The grand Carnival Vista is loaded with tons of family-friendly activities and innovative and delightful entertainment options. For adventure lovers, there is the SportSquare with the Skyride, where one can zip around a bike course above the deck. There is a basketball court, a ropes course, a mini-bowling area, and also a mini golf course.

The miniature golf course is found on almost all Carnival Ships except the Carnival Luminosa. The golf course on Carnival Vista lies on Deck 12, is open to passengers of all ages, and has 9 holes. It is advised to wear athletic gear and sneakers on the course. [1]

6. Regal Princess, Princess Cruises

This Royal class cruise ship of Princess Cruises is equipped with world-class facilities, including several pools, a theater, an atrium, a lounge and entertainment areas. Regal Princess is 330 m long and 38.27 m broad and has 19 decks.

It has 1780 cabins for passengers and 751 cabins for the crew members. Most passenger cabins have a balcony to enjoy the beautiful ocean views. The ship can carry a maximum of 5600 people.

The ship's putting green is situated at the very top of the cruise ship on the Sky-Deck, which overlooks the Sports Court. Apart from putting, croquet and bocce ball also takes place here. The Greens leading to the Sports Court on Deck 18 are the vessel's indoor golf driving range.

One can also play football, basketball and volleyball in the sports court. A separate area for table tennis and a simulator laser shooting range are also here. Near the sports court is a 2 lane outdoor jogging track that goes around the Sports Deck.

7. Queen Mary 2, Cunard Cruise Line

Cunard's Queen Mary 2 is a remarkable cruise ship known for its style and elegance. It offers many dining options, gala evenings, and Cunard's signature afternoon tea, apart from the plethora of entertainment options offered onboard.

The ship has two main pools on Decks 8 and 12. Minnows Pool and Splash Pool are mainly for families on deck 6, and there is another Splash Pool on deck 13. [2]

For lovers of golf, Queen Mary 2 has golf simulators with 51 golf courses to pick from.

The Fairways is on deck 12, and the Sports Centre is on deck 13. The latter has a basketball court and a tennis court. Also, nautical games such as shuffleboard and deck quoits are also available here. One can challenge friends or family in a game or participate in any tournaments advertised in the Daily Programme. [1]

8. Oceania Marina

This 66,000-tonne cruise ship is known for its appealing proportions, stylish, luxurious furnishings and excellent cuisine. It is laden with dark wood, granite, fine carpets, and soft leather, which give a sense of comfort and grandeur. If it weren't at sea, a passenger would feel they were in a classy country club.

It has many attractive art pieces made by renowned artists. Guests are given a tour of these remarkable works of art. Oceania Marina has 625 cabins, and most have their teak-decked veranda.

Entertainment options for adults are plenty. One can play mini golf on Deck 16, which has golf cages and a paddle tennis court. There is also a ping-pong table and bridge games on Deck 12.

One can also go to ballroom dance classes, martini tastings, boutique presentations, poker tournaments and so on.

9. Azamara Journey, Azamara Club Cruises

This cruise ship has been described as a luxury boutique hotel at sea. This medium-sized cruise ship is intimate and perfect for a relaxing vacation or getaway. It has everything for modern voyagers. [1]

This ship has a golf driving net and offers several exciting activities along with a range of entertainment options. Azamara offers a golf cruise program in collaboration with PerryGolf, an operator of international golf travel.

Azmara's golf cruises halt at more than 25 nations every year, where guests can play on over 80 courses, including 20 of the top 100 in the world. The PerryGolf staff takes care of all arrangements so guests can enjoy the fame and socialize with like-minded people who are also passionate about golf. Green and cart fees, gratuities, on-course lunch and drinks are included.

For the non-golfing passengers, Azamara ensures that its late evening entertainments and overnight halts at the port are exciting, and every person onboard is catered to throughout the various shore excursions organized by the cruise line. [1]

Conclusion

Golf courses on cruise ships have become a must-addition nowadays, and cruise ship operators are looking to enrich the experience of their guests in multiple ways. As the cruise industry continues to grow in the coming years, we can expect more

additions that will appeal to consumers of all age groups.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. “10 Popular Cruise Ships With Golf Course” Marine Insight URL:
<https://www.marineinsight.com/cruise/10-popular-cruise-ships-with-golf-course/>
2. Dan Finamore, Ghislaine Wood Ocean Liners: Chronicle book. – L.: Abrams & Chronicle Books 2017. – 243 p.
3. John G. Sayers Secrets of the Great Ocean Liners: Chronicle book. – L.: Bodleian Library 2020. – 115 p.

Contemporary american idioms of nautical origin

In the contemporary English spoken language, there is a great bulk of colloquialisms and idioms of nautical origin, the roots of which fact go deep into history. Since the beginning of the great geographical discoveries and the development of the world trade the British had to build reliable fleet to reach other countries by sea, because the British lived on the islands. Many men of the medieval times practically lived on board their ships, only occasionally coming back home and stepping on land. Needless to say, their lives centered around their routine professional duties on board, and the seamen brought into their everyday life the professional marine language, applying the meaning of the nautical terms and expressions and transforming them into the common general English language, spoken by all people living on the British Isles, not only seamen.

When researching contemporary American idioms of nautical origin, we need to trace back to the history of American marine trade and shipping. Primarily the seamen on board American ships were of British and Irish origin, just like the first settlers who came to live in the North America. Needless to say, that all these people spoke English as their mother tongue, so while combatting the profession of seamen they used English as their professional nautical language. That is why the predominant bulk of the contemporary American idioms and colloquialisms have the same meaning as the contemporary British idioms and colloquialisms, only a slight portion of dictionary entries demonstrate different interpretation of meaning in both variants of the English language, British and American.

The aim of this paper is to investigate and systematize the American idioms and colloquialisms and to trace the similarities and differences in their usages in British and American variants of English and also to compare the existence of parallel common meanings of the investigated idioms and colloquialisms in the Ukrainian language. This article is the first attempt of such systematization made in the domain of nautical English of British and American variants initiated in the Ukraine. The methods used were mostly historical comparative and contemporary comparative. The suggested paper will hopefully trigger the interest not only of the seafarers and people related to the maritime business, but also to all those interested in the development of contemporary spoken English.

Key words: colloquialism, idiom, nautical terms, contemporary spoken English, seafarers, literal meaning, maritime business.

У сучасній англійській розмовній мові є велика кількість колоквіалізмів та ідіом морського походження, що сягає своїм корінням в історію. З початком великих географічних відкриттів та розвитку світової торгівлі британці мусили збудувати надійний флот, щоб досягати інших країн морем, бо вони самі жили

на островах. Багато чоловіків у середні віки практично мешкали на борту своїх човнів, зрідка сходячи на берег. То ж очевидно, що їх життя було зосереджено навкруги їх професіональних рутинних обов'язків на борту. Так моряки привносили у їхнє повсякденне життя професіональну морську мову, вживаючи слова та вирази у морському значенні та трансформуючи їх у спільну загальну англійську мову, якою спілкуються всі люди, що живуть на Британських островах, а не тільки моряки.

Досліджуючи сучасні Американські ідіоми та колоквіалізми морського походження ми повинні звернутися до історії морської торгівлі та судноплавства Північної Америки. Спершу на американських судах працювали головним чином вихідці з Англії та Ірландії, так само як перші поселенці, що прибули до Північної Америки. Що і казати, всі ці люди розмовляли своєю англійською рідною мовою, тому опановуючи свою морську професію, вони вживали англійську як професіональну морську мову. Ось чому лівова частка сучасних американських ідіом та колоквіалізмів має таке ж значення, що і британські ідіоми та колоквіалізми, і тільки маленька доля словникових включень демонструє різну інтерпретацію значень у двох варіантах англійської – британському та американському.

Метою цієї статті є дослідити та систематизувати Американські ідіоми та колоквіалізми та дослідити схожість та відмінність їх використання в Британському та Американському варіанті англійської мови а також порівняти наявність паралельних схожих значень досліджених структур в Українській мові. Ця стаття є першою спробою подібної систематизації, зробленої на масиві морської англійської мови Британського та Американського походження, що була здійснена в Україні. Методи вживані були історично порівняльний та сучасно порівняльний. Пропонуємо уважити дослідження, яке, сподіваємось, викличе інтерес не тільки у людей, пов'язаних з морською спеціальністю, а і у всіх, хто цікавиться розвитком сучасної англійської розмовної мови.

Ключові слова: колоквіалізм, ідіома, морські терміни, сучасна розмовна англійська, буквально значення, морська справа.

Introduction. In the suggested research we studied 150 entries from Cambridge Dictionary of American Slang [1] which are of nautical origin. We compared the meaning of them with the British and Ukrainian variant and singled out 19 entries that demonstrate pretty similar meaning in three languages. 11 expressions were registered in the American English and not in the British English. Out of the 19 idioms we found out the correspondence of 16 with the Ukrainian language.

So, we decided to study the idioms of nautical origin in four different groups:

1. Idioms of similar meaning in American and British English
2. Idioms of similar meaning in American, British English and the Ukrainian language
3. Idioms which can be met only in American English.

In the first group we found such idioms as: *a clean bill of health*, meaning “news that you are healthy or well; news that an organization is working correctly”, based on the literal meaning of ‘a statement from a health official that all the people working on a ship are in good health’ [1, p. 30] compare to ‘a statement that some-

body is well or something is in a satisfactory condition, based on “ *an official document given to the captain of a ship when leaving a particular port that said that nobody on the ship carried any disease or infection*” [2, p. 62]; **stay the course**, meaning “ to continue doing something even when it is difficult”, based on the literal meaning of *a ship continuing in the same direction, even in bad conditions* [1, p.79] compare to “continue doing something until it has finished even though it is difficult [2, p. 379]; **the coast is clear**, meaning “ there is no danger of being seen /there is no danger of anything more happening esp. trouble “[1, p. 70] compare to ‘ there is nobody around to see or stop what you are doing “[2, p. 65]; **stay the course**, meaning “to continue doing something even when it is difficult”, based on a literal meaning of *a ship continuing in the same direction, even in bad conditions* [1, p. 79]; **up a/the creek**, meaning “ in an extremely difficult situation, based on an idea of *being in a small boat in a stream and not having a paddle*” [1, p. 81] compare to ‘up creek without a paddle’ [2, p. 75] ; **clear the decks**, meaning “ to finish what you are doing, to do something more important, based on the idea of “*preparing a ship to fight by putting away everything that is not necessary*”[1, p. 90] compare to ‘ get ready for some activity by first dealing with anything not essential to it’ [2, p. 62]; **plumb the depths**, meaning “ to carefully examine something in order to understand or explain it, based on **plumb line** (a cord with a heavy piece of metal attached to it, used to measure the depth of water under a ship) [1, p. 91] compare to ‘reach the lowest or most extreme point of something’, originally this referred to finding out the depth of the sea’ [2, p. 296]; **between a rock and a hard place = between the devil and the deep blue sea**, meaning “ having only two very unpleasant choices [1, p. 342] the second idiom is more frequently used in British English, compare to ‘in a situation when you have to choose between two things that are equally bad [2, p.87]; **in the doldrums** meaning “ lacking activity or progress, feeling sad and lacking the energy to do anything; based on the literal meaning of *‘the doldrums (the part of the world’s seas near the equator where there is little wind, making it difficult to sail)* [1, p. 97]; compare to ‘quite or depressed’ without referring to nautical origin in the British dictionary of idioms [2, p. 93], **open the floodgates**, meaning “to make it possible for something to happen” , based on the literal meaning of *‘to allow water that had been held to flow freely’*[1, p. 133-134], compare to ‘ remove the restrictions or controls which for a long time have prevented a lot of people from doing something they want to do’ [2, p. 273]; **walk the plank**, meaning ‘ to have to leave your job, based on the literal meaning of *‘to punish someone who worked on a ship by forcing them to walk off the end of a narrow board into the sea’* [1, p. 310], compare to ‘be forced to leave your job or position’, dating back to the past *‘walking along the board placed over the side of a ship and fall into the sea as a punishment’* [2, p.434] ; **on the radar**, meaning ‘ among the things being considered by someone’ , from the literal meaning of *‘radar – a system that uses radio waves to follow the movement of aircraft or other objects’*[1,p. 330], compare to ‘ be on/off the radar screen’ , used to say that people are aware or are not aware of something or are thinking or not thinking about it’ [2, p 314]; **at sea**, meaning ‘ confused’ [1, p.356] compare to ‘confused, not organized’ [2, p. 342]; **jump ship**, meaning ‘to leave a job or activity suddenly, based on the literal meaning of *to leave a ship without permission while it is tempo-*

rarily in a port in the middle of a trip' [1, p. 367] compare to '(of a sailor) leave the ship on which you are serving, without permission; leave an organization that you belong to, suddenly and unexpectedly' [2, p. 198]; **full steam ahead**, meaning 'with all possible energy and enthusiasm, based on the literal use of *'full steam in ships, which makes them go at their top speed'* [1, p.395]; compare to 'as much speed or energy as possible; this expression refers to the order given on a ship by the captain-to the engine room' [2, p. 142]; **from stem to stern**, meaning 'completely, based on the literal meaning *'from the front end to the back end of a ship'*' [1, p. 396] compare to 'all the way from the front of a ship to the back' [2, p. 380]; **the tip of the iceberg**, meaning 'a small part of something much larger, based on the literal meaning *'the small part of a large mass of ice floating in the sea that can be seen above water'*' [1, p. 435] compare to 'what you can see of a problem or difficult situation is only a small part of a much larger hidden problem' [2, p. 413-414]; **sail close to the wind**, meaning 'to take risks, based on the literal meaning of *'to sail a boat as near as possible to the direction the wind is coming from'*' [1, p.469] compare to 'behave in a way that is almost illegal or socially unacceptable' [2, p. 336]; **take the wind out of someone's sails**, meaning 'to make you feel less confident or determined, based on the literal meaning of *'to slow down a competing boat by catching the wind in your own sails and preventing it from filling the other boat's sails'*' [1, p. 469]. Compare to 'make somebody less confident or angry, especially when you do or say something that they do not expect' [2, p. 449]. We studied 19 idioms altogether.

In the second group we found such idioms as: **the coast is clear** – обрії чистий, **from coast to coast** – від берега до берега, **up the creek** – вгору(проти) за течією, **between the devil and the deep blue sea** – між небом і землею, **in the eye of the storm** – в епіцентрі бурі, **open the floodgates** – відкрити шлюзи, **go overboard** – викинути за борт, **keel over** – догори дригом, **walk the plank** – ходити по межі, **on somebody's radar** – засікти, **full steam ahead** – на всіх парах, **from stem to stern** – від і до, **in dire straits** – у стиснутих обставинах, **the tip of the iceberg** – верхівка айсберга, **catch a wave** – потрапити в струмінь, **sail close to the wind** – пливати з to ride a wave; a віпром, течією. We studied 16 idioms altogether.

In the third group which is the smallest one, we found such idioms as: **on deck**, meaning 'ready or available', based on the idea of *being on the deck* (= flat surface) of a ship, ready for whatever must be done [1, p. 90]; **to dive into**, meaning 'to start something enthusiastically without first thinking about it', based on the literal meaning of **dive in** (= to go ahead first into water) [1, p. 95]; **reel in**, meaning: a) to pull someone or something toward you or b) to attract someone or something, from the use of a **reel** (= an object shaped like a wheel) used to pull in the fishing line when a fish is caught [1, p. 335]; **off course** meaning 'not moving forward as intended or expected', based on the literal meaning of a ship or spacecraft going in the wrong direction [1, p. 78]; **go overboard**, meaning 'to do or say too much because you are so enthusiastic', based on the literal meaning of **to go overboard** (= to fall over the ship's side) [1, p. 153]; **go under**, meaning 'to fall financially', based on the literal meaning of *go under* (= to sink below the surface of some water) [1, p. 153]; **keel over** meaning 'to fall down suddenly because of illness or weakness' based on the

idea of a boat that **keels over** (= turns over) with its **keel** (=bottom) up [1, p. 203]; **get one's sea legs** meaning ' get used to a new situation' , based on the literal meaning of ' getting used to being on a moving ship' [1, p. 356] ; **in dire straits** meaning ' in extreme danger or difficulty ' [1, p. 400] based in the literal meaning of *sailing un very narrow thus dangerous sea channels*; **to catch the wave**, meaning ' to understand and behave according to the most modern fashions in social behavior' based on the literal meaning of **catch a wave** (*to start riding a boat across the rolling surface of the sea*) [1, p. 457-458]; **ride a wave/ ride the wave of something**, meaning ' to be helped by being connected to something attractive or interesting', based on the literal meaning of *ride a wave* (= *to stand on a board moving across the rolling surface of the sea*) [1, p. 458]. **11** idioms altogether.

Conclusions. In this research we studied similarities and differences of colloquial and idiomatic meanings of nautical terms in American and British variants of the English language on the one hand, and the correspondence of such terms meanings in two languages, English and Ukrainian. In this article we analyzed the idiomatic expression of nautical origin and distributed them in three groups:

1. Idioms of similar meaning in American and British English (19 entries)
2. Idioms of similar meaning in American, British English and the Ukrainian language (16 entries)
3. Idioms which can be met only in American English. (11 entries)

This article may be of interest to all those studying the contemporary English of nautical origin, and also to all the seafarers and people dealing with maritime business.

BIBLIOGRAPHY

1. Cambridge Dictionary of American Idioms. Cambridge University Press, 2006, 498 p.
2. Oxford Idioms. Dictionary for Learners of English. Oxford University Press, 2006, 470 p.
3. Random House Webster's College Dictionary. Random House, New York, 1995, 1568 p.
4. Longman Dictionary of English Language and Culture. Longman Group UK Limited, 1992, 1527p.
5. Романов С.Д. Великий сучасний англо-український українсько-англійський словник-довідник, Донецьк, Україна, 2003, 512с.

REFERENCES

1. Cambridge Dictionary of American Idioms. Cambridge University Press, 2006, 498 p.
2. Oxford Idioms. Dictionary for Learners of English. Oxford University Press, 2006, 470 p.
3. Random House Webster's College Dictionary. Random House, New York, 1995, 1568 p.
4. Longman Dictionary of English Language and Culture. Longman Group UK Limited, 1992, 1527p.
5. Romanov S.D. Big Contemporary English – Ukrainian, Ukrainian-English Dictionary-Reference Book, Donetsk, Ukraine, 2003, 512p.

Digital tools in educational process

Digital transformation is taking place in all spheres of our life. The information technology is an integral part of the modern world. The training system also requires revolutionary changes. Now high-quality teaching of different subjects cannot do without using the means and capabilities provided by computer technologies and the Internet. This is the attempt to get acquainted with some of the digital tools now used in the educational system of Ukraine.

In general, the digitization of education today is the main trend in the development of educational systems in almost all countries of the world and covers all levels—from primary education to masters and doctors of sciences. Ukraine is also in this general trend.

The essential characteristics of digital technology are:

- mobility, availability, and free,
- storage and use of information regardless of location,
- no need to update and install software, as technology has become cloudy.

Thus, one of the challenges of a digitized society is the teacher's willingness to digitally transform the learning process. Digitization is becoming the main trend of our time and is radically changing the substantive characteristics of educational processes. Today, it is no longer possible for an educational institution to stay away from digital transformation. The latest technology has become an integral part of our everyday life. Use of digital technologies in the educational process opens access to non-traditional sources of information, increases the efficiency of independent work, provides completely new opportunities for creativity, and allows implementing fundamentally new forms and methods of training. This allows you to influence the emotional sphere of the student, contributing to an increase in cognitive activity, an increase in interest in the subject, the activation of educational activities. The effectiveness of the development of a modern personality provides for updating the methods of interaction using the capabilities of digital technologies. It should be understood that digital transformation is not a fashionable temporary phenomenon but a global trend, the maximum benefit from which will be given to educational institutions that will become leaders in the field of transforming the educational process. The main task of training is considered to be the transition to a qualitatively new level of building interaction between participants in the educational process, in particular, using the capabilities of digital technologies. These tasks are realized in the joint activity of the teacher and students, which implies mutual understanding, common interests and aspirations for the purpose of personal development. It is well known that we expect a complete digitization of education. Training will go through apps and platforms, and artificial intelligence and virtual reality will open up new opportunities for education and develop key competencies. In Ukraine, Prometheus, EdEra, Preply are already developing this area. Such startups make a direct contribution to the future, because high-quality education gives an impetus to all other sectors.

Speed learning keeps up to date, because the usual accumulation of knowledge has long lost its relevance. Enthusiasm and motivation are fundamental principles in education, where teachers become coordinators, guiding students online and offline. The availability of materials in real time, which simplifies the process of obtaining new knowledge. Interdisciplinary content erases the rigid boundaries between production, business, and other areas; therefore it requires the integration of knowledge from various spheres of life. It should be noted that the development of technology leads to the introduction of new teaching tools and makes the learning process more effective.

The present requires a transition to a higher level of use of digital technologies in education, improvement of public administration of this process. Significantly increased requirements for the level of training of specialists who should have a store of theoretical knowledge, practical skills, who should be able to navigate in a difficult situation, be ready to make innovative decisions. This requires the introduction of developed forms and training methods that contribute to the formation of the personality of a future specialist. The introduction of information and communication technologies in the education system is not a tribute to fashion, but a necessity, since most children get to know the computer much earlier than the school can offer them. Information technology is becoming a powerful multifunctional learning tool. Their use teaches the pupil to live in an information environment, contributes to the attraction to the information culture. Computerization should concern only that part of the educational process where it is really necessary. Thus, the digital transformation (digitization) of education is not just a new trend of the time, but a necessity and a search for a new meaning of knowledge.

Digital tools are actively used in the process of teaching students and the society has been adapting to uncertain conditions and has completely revised its attitude to "online" learning as normal, equal to offline. That is why it is necessary to expand the list of popular online learning tools. Such educational tools are numerous nowadays. A number of them are free.

Jamboard, Pinup, Mindmaster, Kahoot, Quizlet, Mentimeter, Padlet, Trello, Whiteboard and many others.

Creation of intelligence maps, joint performance of work, visualization of thoughts, designing educational games using templates. You can create your own cards to visualize and simplify memorizing information, make express polls in the classroom during online classes, create a word cloud, collect and organize resources for connecting and processing them on an interactive whiteboard.

Digital tools are for effective communication and work of teachers with students in online learning. Let's take a closer look at some of them.

Pinup – an electronic board for notes, the use of which allows you to work in real-time with information while editing it by the participants. It is convenient to work with students in case of discussion of a certain idea, everyone can express their opinions, write on the board (electronic analog of the usual board for notes), then discuss the vision and organize the material with the ability to edit and make the adjustments. It is convenient that all participants see each other's statements and have

the opportunity to summarize the posted information, comment, and come up with it.

Padlet board is an interactive tool, which allows to create virtual boards with audio-, video- and text notes, images and many others.

An interesting and useful tool is **MindMaster**, which serves as a basis for nurturing ideological and creative ideas

. Creating smart maps, collaboration, sharing, team management, and mapping capabilities on mobile devices. It is extremely useful in mindmaps (intelligence maps) the ability to visualize your own visions and opinions, and their step-by-step building, and structuring. It is advisable for students to use this service when writing essays, and creative assignments, since writing down individual visions and elements allows them not to miss the most important thing, and then systematize and generalize the material, and highlight the most important thing. Simplifies the work with MindMaster a list of templates that allow you not to waste time creating them, but immediately write down the idea.

The construction platform **Kahoot** allows you to create an educational game using ready-made templates and send it to students. Using the tool, you can create both a quiz (there are 4 answer options for each of the questions, and only one of them is correct) and a test (there are only two answer options for each question, one of which is correct) (True or False)). The resource Kahoot integrates game in educational discipline. This tool has a lot of advantages: it is colorful, social, quite simple and interesting for user. Digital platform Kahoot was elaborated in 2013 as a tool for quick creation of all interactive: quizzes, polls, discussions etc. In self-created mini-game one can include topic videos and images, and the process of creation new exercise takes only a few minutes. Thus preparation time to the lesson is reduced. One more advantage of the given service is the system of ready made games, created by other users of the service i.e. you can use your own tests or copy the tasks of others. It is important that the tests results are stored in the form of table in MS Excel and the teacher can have a detailed monitoring of the students achievements. Educational games consist of a number of question and variants of answers to them. Kahoot enables easily and quickly to check students' knowledge of the topic. Everything you need for using this tool is a computer, a laptop or smart phones. The process of checking comprehension or discussion of some matters turns into a really exciting game.

Trello is a visual instrument for managing team work. This tool allows to simplify and make a uniform working process of the team by intuitively clear way. But the simplicity of Trello hides great abilities. Trello has only four key components but its abilities are boundless.

It is useful to use the **Quizlet** service in the educational process, which allows you to memorize information that can be provided in the form of educational cards. To work, you need to either find materials in the database or create new interactive material – your own cards, which may contain pictures, and audio files. The map mode allows the student to perform exercises on memorizing the material in the game mode: see all the cards, turn them over to learn, and repeat concepts and definitions to them. In the memorization mode, an individual training plan will be creat-

ed based on mastering the material of the module. To complete this step, you must answer each question correctly twice. After completing each stage, all terms will be grouped according to the level of mastery: familiar means that the student answered correctly once, and learned twice. It is advisable to set a deadline for mastering, it is possible to track progress in the study of the material by a student, as well as reminders on topics and deadlines for them. In the card mode, you can set a deadline for memorizing all cards, track progress and receive reminders from the program. In the modes: writing – displays the term and grade, how well the student has mastered the material; testing – test variants are automatically created (matching, multiple choice, true/false, fill the gap)

Mentimeter is a tool for immediate feedback.

The online service Mentimeter is designed to create and conduct instant polls in the classroom and during webinars. The features and limitations of the service version are the following:

- ♣ one access code provides students with access to two surveys (no more than), as well as five questions in the Quiz mode;
- ♣ the teacher can create an unlimited number of polls of different types (for different access codes), as well as organize them in his profile in folders
- ♣ you can create online presentations with an unlimited number of text slides, to which you can add images or links, as well as embed videos and add polls;
- ♣ to create polls and slides in Mentimeter you need to have access to the global network;
- ♣ to take part in surveys, participants must log in from their device (mobile phone, tablet, computer) to the menti.com website or enter the survey code into a pre-downloaded application;
- ♣ there are no restrictions on the number of the survey participants, which allows using the tool with a large number of students in groups.

On training webinars or online classes you cannot do without **Whiteboard**. It is digital analogue of classroom blackboard. You can write on it, make marks, use pointer etc. The board and drawing tools are to make classes more visual. Instead of long explanations one can highlight the necessary thought on a slide, add note, show by an arrow the elements to be paid attention to. All this contributes for the audience to be more concentrated on what is going on and better remember the material. And in general the webinar becomes more dynamic.

A significant advantage of online learning is the maximum visualization of materials during classes since in this way the communication between the applicant and the teacher is most effectively set up, and most importantly, the material is mastered, since it is video information that is best perceived and remembered (text educational materials. Information should be presented in tables, graphs, figures, illustrations, diagrams). Analysis of digital tools and evaluation of their implementation in the online educational process indicates the most appropriate and effective advanced tools that should be used in online learning and with their layout, and successful combination, it is possible to fully recreate the traditional format of online learning. The students' work is intensified, interest in studying the discipline is in-

creased, and their interest is enhanced, as the combination of digital learning tools allows you to keep students' attention and focus on key learning issues. The introduction of digital tools in online learning brings the audience as close as possible to traditional learning, as it stimulates communication between the participants of the educational process.

Icebreakers as a special class of ships

Icebreakers are a special class of ships that are designed to overcome even the thickest ice. They allow you to explore the most inhospitable regions of the world - the ice-covered waters of the Arctic. For a ship to be considered an icebreaker, it must have three features that most conventional ships lack: power, a reinforced hull, and a special shape for "breaking" ice. This allows such vessels to navigate through pack ice or frozen waterways.

The main function of an icebreaker is to clear trade routes in icy waters, especially in winter. Thus, icebreakers accompany merchant ships when crossing these areas to ensure smooth navigation of ships.

Nuclear fuel contains fissile material, usually uranium or plutonium. When atomic nuclei split, a lot of energy is released. To reduce the high energy of neutrons, a moderator is used: graphite, beryllium or water. And this energy is converted into mechanical energy. The advantage of this plant is a practically unlimited cruising range and very low fuel consumption.

To effectively break ice, such ships must be very powerful, relatively short, wide, and extremely heavy. They break ice using momentum and force. At its core, a nuclear icebreaker is a steamship. The nuclear reactor heats water, which turns into steam, which spins turbines, which excite generators, which generate electricity, which goes to electric motors, which turn 3 propellers.

The social marginal cost of an average assistance operation (which may involve more than one ship) is estimated at EUR 6476 and for each assisted ship EUR 5304. The same cost is EUR 907 per running hour for the icebreakers and EUR 1990 per hour a ship is assisted.

Travel companies offer a unique opportunity to explore the Arctic Ocean, including visiting historical sites and observing wildlife, by crossing the Arctic Ocean on an icebreaker. The cost ranges from \$28,000 to \$45,000, and trips are scheduled in the summer.

In the event of evacuation of the crew from the icebreaker, the process can take place using lifeboats and helicopters. But since lifeboats or other means are unavailable or ineffective due to icy conditions, helicopter evacuation from the icebreaker is usually part of the overall plan. For this purpose, some icebreakers have a helipad if the ship is intended for harsh operating conditions in the Arctic or Antarctic regions.

A multidisciplinary course approach in marine engineering education

In the current educational paradigm, we can see a steady trend towards blending English language skills with technical disciplines, especially in marine engineering education. [Ribéreau-Gayon, 142] There's a growing understanding that when these two fields intersect, it leads to the best results.

In maritime sphere, known for its global scope, mastering English is just as important as understanding engineering concepts. Marine engineers are not focused solely on the mechanical and technical aspects of their work; strong language skills are a must-have today. Those who are proficient in both English language and engineering sciences tend to have better job prospects and faster promotion. These practical confirmations support the idea of the effectiveness of reshaping the maritime education through blending these disciplines.

Recognizing that students require language tools that directly correlate with the context of their technical discipline, that these language skills shall be tailored to reflect the specific needs they will face in their field. In this article, we will talk about the potential of a multidisciplinary course that integrates English language and an engineering discipline taking the best out of each to maximize students' benefits and ensure optimal preparation for their future career.

The course can be structured into three key components. Firstly, an introduction phase focusing on vocabulary acquisition customized to meet the specific needs of the technical discipline. Secondly, a contextual technical section based upon the vocabulary previously acquired, exploring practical applications within the field. Finally, a language integration phase aimed at facilitating effective communication, enabling students to apply what they've learned in meaningful interactions. This comprehensive approach ensures that students not only understand technical concepts but also develop the linguistic skills necessary for successful communications and collaboration in their professional sphere.

Beginning a multidisciplinary course requires a careful exploration of various methods to introduce professional vocabulary, as a preliminary step before diving into the core content of the course. Educational games proved high effectiveness in grasping technical vocabulary in particular. [Nikitakos, p.267] Virtual simulations can help students learn technical language in realistic scenarios, allowing to see and understand specialized vocabulary being used naturally. Group activities like discussions and learning from peers can be included. This not only helps students feel connected but also lets them share different views on technical words, leading to a better overall understanding. Videos, podcasts, and online platforms make learning technical vocabulary more interesting and adaptable. These resources can be tailored to suit different learning styles, ensuring all students have access to a complete range of language tools. Regular quizzes and tests will help assess how well students understand and remember the technical vocabulary.

The middle segment of the multidisciplinary course is dedicated to an engineering discipline. Here, students delve into the intricacies of engineering concepts and

practices, building upon the foundation laid in the initial language immersion phase. This section not only enhances students' technical proficiency but also reinforces the integration of language skills within the engineering context. By applying their linguistic knowledge to real-world engineering scenarios, students gain a comprehensive understanding of how language operates in their professional sphere. Additionally, collaborative projects and discussions foster teamwork and peer learning, allowing students to exchange ideas and perspectives while developing their communication skills.

The middle part of the course serves as a crucial bridge between language acquisition and its practical application in engineering. It reinforces the interdisciplinary nature of the program, preparing students to effectively navigate the complexities of their chosen profession with confidence and proficiency.

At the heart of this multidisciplinary course lies a vital aspect: applying language skills in real-life situations. The speaking part involves immersive role-playing activities, serving as an active method for students to practice the technical vocabulary learned earlier. This specific part moves beyond theory, making the practical use of the professional knowledge. This section serves as a workshop for boosting communication skills. Through immersive role-playing activities, students participate in simulated situations, hold professional discussions, and give effective presentations. Students get a practical understanding of how language functions in engineering contexts. Apart from professional communication, role-plays provide students with practical experience in diplomacy and effective communication. They learn how to handle sensitive situations, and express their own opinions convincingly, thus mastering soft skills essential for successful collaboration in professional settings.

Benefits of a multicultural approach in marine engineering education are as follows [Ercan, p.2]:

- Enhanced technical communication skills.

In the maritime industry, where collaboration spans across borders, English serves as the lingua franca. The integration of English for Specific Purposes (ESP) with engineering disciplines in the multidisciplinary course enhances marine engineering students' technical communication skills, enabling them to convey technical information conveyed accurately and comprehensively.

- Improved problem-solving abilities.

The multidisciplinary course encourages students engage critical thinking and effective communication strategies while dealing with complex challenges often encountered in marine engineering sphere.

- Intercultural competence

Beyond technical competence, the multidisciplinary course develops interpersonal skills vital for working in multilingual environments. Students learn not only to communicate effectively but also to navigate cultural nuances. This cultural awareness is particularly crucial in the maritime industry, where crews often comprise individuals from various cultural and linguistic backgrounds.

The fusion of Engineering disciplines and English for Specific Purposes (ESP) in a multidisciplinary course is reshaping modern education, offering a fresh approach to preparing professionals for their careers. This initiative doesn't merely

combine separate disciplines; it builds a close collaboration between English teachers and engineering science teachers, resulting in a mutually beneficial boost in expertise for both domains. English teachers, equipped with a profound understanding of technical language, delve into the intricacies of engineering terminology, which fosters their technical knowledge. Conversely, engineering science teachers, engaged in this multidisciplinary course, gain insights into the nuances of effective communication and language precision. Collaborating with their English counterparts, they refine their ability to message complex engineering concepts with clarity.

This collaboration can extend beyond the teaching. Joint workshops, where English teachers and engineering science teachers co-create lesson plans and assessments, become platforms for knowledge exchange. So, such collaboration becomes a catalyst for continuous improvement. This partnership fosters mutual expertise that elevates the proficiency of both groups.

REFERENCES:

1. Ribéreau-Gayon, A., & d'Avray, D. Interdisciplinary research-based teaching: Advocacy for a change in the higher education paradigm. In V. C. H. Tong, A. Standen, & M. Sotiriou (Eds.) *Shaping Higher Education with Students: Ways to Connect Research and Teaching*: UCL Press. 2018. P.139–149.
<https://doi.org/10.2307/j.ctt21c4tcm.23>
2. Boulougouris, E., Mizythras, P., Chrysinas, L. *et al.* Developing multidisciplinary blended learning courses for maritime education with cross-European collaboration. *WMU J Marit Affairs*. 2019. №18. P.319–340.
<https://doi.org/10.1007/s13437-019-00167-x>
3. Nikitakos, N., Sirris, I., Dalaklis, D. *et al.* Game-based learning for maritime education and training: the case of Trader of the World. *WMU J Marit Affairs*. 2017.№16. P.265–291.
<https://doi.org/10.1007/s13437-016-0119-3>
4. Ercan, M. and Khan, R. Multidisciplinary engineering education through marine engineering projects. *OCEANS 2017 - Aberdeen*, Aberdeen, UK. 2017. P. 1-5.
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8084572>

Splavskyi V.

National University «Odessa Maritime Academy»

Autonomous shipping: the future of the marine industry**1. What is autonomous shipping?**

In the vast expanse of maritime evolution, a significant transformation is quietly taking place: the rise of autonomous ships. These self-navigating vessels, once relegated to the realm of science fiction, are gradually making their presence felt in the maritime industry. Autonomous ships, often called unmanned vessels, are like self-sailing sailors of the sea. They can perform tasks without needing direct human involvement onboard. These ships use advanced technologies like sensors, artificial intelligence (AI), and self-learning systems to navigate safely, steer clear of obstacles, chart routes, and carry out other important functions. They come in various sizes, from small boats to large container ships, and serve different purposes like transporting goods, watching over maritime areas, conducting research, and more.

It is worth mentioning that autonomy is not necessarily a means to cut crew numbers but is supposed to help reduce collisions at sea, work long hours without distractions, increase fuel efficiency, and perform mission-critical tasks. Indeed, the adoption of integrated AI-based software and hardware solutions is the technical enabler which defines situational awareness as well as collision avoidance capabilities.

2. Autonomous ships: defining and tracing their voyage through time**Early Exploration (Pre-2000s):**

The seeds of autonomous maritime technology were sown in the late 20th century when researchers and innovators began experimenting with unmanned underwater vehicles (UUVs) for scientific exploration and data collection. These early attempts laid the groundwork for the integration of technology into the maritime domain.

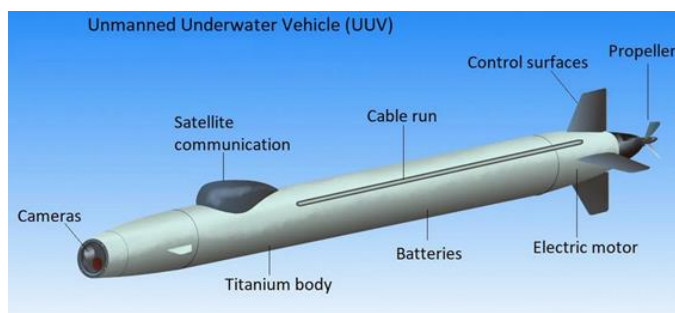


Image showing the structure of one of the simplest UUVs

Nautical Autonomy Takes Shape (2010s)

The 2010s marked a turning point as the capabilities of AI and machine learning began to shape the autonomous maritime landscape. Researchers and companies embarked on pilot projects and trials to demonstrate the feasibility of unmanned navigation. These efforts often focused on specific tasks, such as autonomous vessels safely crossing busy shipping lanes or navigating through intricate channels.

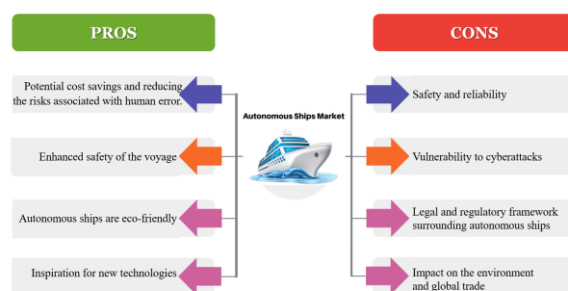
Regulation and Standardization (Present)

As technology matured, so did the discussions surrounding the regulatory and legal aspects of autonomous navigation. International maritime organizations, governments, and industry stakeholders engaged in dialogues to establish a framework that addresses safety, liability, and operational standards for autonomous ships. The ongoing efforts to define regulations underscore the seriousness of transitioning from theory to practice in autonomous maritime operations.

Industrial Adoption (Present and Beyond)

The maritime industry's gradual shift toward embracing autonomy became evident as more players started to invest in research and development. Collaborations between technology firms, maritime companies, and research institutions flourished. Integrating autonomous systems into existing ships and developing purpose-built autonomous vessels for specific tasks showcased the industry's eagerness to explore and adapt to this transformative wave.

3. Automomous shipping: pros and cons



1. One of the primary benefits of autonomous ships is the potential cost savings. By removing the need for a crew, shipping companies could save on labor costs and reduce the risks associated with human error. Autonomous ships use smart sensors to keep an eye out for danger, avoiding accidents that can happen due to human mistakes. Additionally, they could increase efficiency by optimizing routes and reducing transit times. Plus, they can sail day and night without breaks, making shipping faster and more efficient.

2. Autonomous ships could also enhance safety, as they are designed to operate in challenging and dangerous conditions, such as storms or heavy traffic. With the use of advanced sensors, machine learning, and artificial intelligence, autonomous ships could make better decisions in these scenarios, reducing the risk of accidents. These smart ships swiftly spot obstacles and change their course, making voyages safer for them and other ships.

3. Autonomous ships are like eco-friendly explorers. By using fuel more wisely and taking shorter routes, they produce fewer pollution-causing gasses. This is good news for the environment and helps the maritime world follow cleaner practices.

4. Last but not least, autonomous ships are like pioneers of new ideas. They inspire new technologies, like super-smart ports and fancy communication systems. This leads to exciting new businesses and investments, making the maritime world more exciting and competitive.

While the benefits of autonomous ships are significant, there are several challenges that need to be addressed.

1. One of the foremost concerns with autonomous ships is ensuring their safety and reliability. While these ships are designed to navigate independently, there's always a worry about how well they can respond to unexpected situations. The absence of human judgment onboard raises questions about whether the technology can reliably handle complex and dynamic maritime environments.

2. As autonomous ships heavily rely on digital technologies, they become vulnerable to cyberattacks. Hackers could potentially gain unauthorized access to ship systems, disrupting navigation, communication, and other critical functions. Ensuring robust cybersecurity measures is essential to prevent such threats.

3. The most complex challenge is the regulatory landscape, which has not caught up with the technology yet. Creating a consistent legal framework that covers issues like liability in case of accidents, collision avoidance protocols, and compliance with maritime rules requires collaboration among nations and organizations.

4. While autonomous ships offer potential environmental benefits, such as optimized routes and reduced fuel consumption, there's a need to assess their complete environmental impact. This includes evaluating their energy consumption, the materials used in their construction, and potential disruptions to marine ecosystems. The transition to autonomous ships could have significant impacts on the shipping industry as well. The shift towards autonomous ships could lead to significant job losses in the maritime industry, as crew members are replaced with automation. However, it could also lead to the creation of new jobs, such as those related to the development, maintenance, and operation of autonomous ships.

4. Autonomous Maritime Pioneers and Leading Companies

In the world of ocean innovation, some companies are like explorers, trying out new things with autonomous ships. One of them is Rolls-Royce. Rolls-Royce. For a while now, Rolls-Royce has been dedicated to creating self-driving technology for ships. They've come up with various systems and tools, like self-steering, managing the ship itself, and taking control.

Kongsberg, a Norwegian firm known for its expertise in maritime technology and defense, has been consistently engaged in the advancement of self-navigating ships while also teaming up with various ship manufacturers. In the year 2021, a significant development came about when Kongsberg joined forces with Yara International. Their collaboration led to the introduction of the world's inaugural electric and self-driving container ship.

Wartsila, a Finnish enterprise renowned for its power solutions in the marine and energy sectors, has been deeply engaged in the creation and delivery of self-operating shipping solutions. Notably, in 2020, Wartsila unveiled a partnership with a swiss company ABB aimed at augmenting their array of autonomous shipping solutions.

DNV GL, headquartered in Norway, specializes in furnishing technical guidance and risk management solutions for the energy and maritime sectors. In April

2022, DNV, alongside Kongsberg Maritime, Kongsberg Seatex, Bastø Fosen, and NTNU, introduced the SAFEMATE initiative, the core objective of this project involves refining and evaluating the reliability and effectiveness of self-guided navigation systems.

ProMare is an American organization dedicated to propelling the progress of self-piloting vessels. They have dedicated substantial time to advancing autonomous shipping, resulting in the creation of a variety of remedies, notably autonomous navigation systems.

5.Utilization of autonomy in the modern-day shipping

-Falco makes world's first autonomous ferry crossing back in 2018.

Rolls-Royce and Finnish state-owned ferry operator Finferries have successfully demonstrated the world's first fully autonomous ferry in the archipelago south of the city of Turku, Finland. According to Rolls-Royce, the Falco is equipped with advanced sensors which allows it to build a detailed picture of its surroundings in real time. The situational awareness picture is created by fusing sensor data and relaying it to Finferries' remote operating centre on land, which is 50km away in Turku city centre. Here, a captain monitors the autonomous operations, and can take control of the vessel if necessary. This early demonstration proves that the autonomous ship is not just a concept, but something that will transform shipping as we know it.

-Electric, autonomous Ro-Ro freight ferries begin service in Norway

The vessels, which ASKO refers to as sea drones, are 67 m long and weigh 60 tons each. Powered by 1846kWh batteries, the vessels will be able to recharge when they dock at ports. The vessels have started operations and will sail with a crew of 4 for the trial period of the first two years. After this period the plan is to let them sail completely unmanned and be remotely operated from an onshore site in Horten.

-Yara Birkeland the world's first fully electric and autonomous container ship

In Norway, Yara International teamed up with the Kongsberg Group to build the world's first autonomous and zero-emission container vessel, the Yara Birkeland. With this vessel, Yara will remove 40,000 diesel-powered truck journeys every year, and reduce NOx (Nitrogen oxide) and CO2 emissions, improve road safety, reduce road dust formation and traffic noise. The zero-emission vessel will transport mineral fertilizer from Yara's production plant in Porsgrunn, Norway to the regional export port in Brevik. She was put into commercial operation in the spring of 2022. During the first to years of operation, the vessel will go through a gradual transition towards full autonomous sailing.

6. The Autonomous Ship Journey in Review

In conclusion, the future of autonomous ships is both exciting and challenging. But the key message is evident: autonomous shipping is not a distant dream, it is a tangible reality taking shape within shipping and logistics. The implementation of the autonomous ship concept on a mass scale will have a huge impact on the efficiency of the industry, human resource management, and accident prevention. The benefits of environmental protection are also important. Although the existing maritime technology may cover any safety, environmental, and commercial concerns, the lack of a proper regulatory framework may delay the actual use of such vessels.

Maistrenko M.

Національний університет «Одеська морська академія»

**Institution of the International Maritime Consultative Organization
(IMCO)**

The International Maritime Consultative Organization (IMCO) is an international institution that deals with the development of international shipping and ensuring maritime safety. This organization emerged in response to the needs of trade development and the increasing number of ships crossing seas and oceans.

The causes of accidents and disasters involving maritime vessels in the past decade are:

- Unscrupulous shipping companies that neglect the technical condition of vessels.
- Decreased control and requirements for shipowners by flag state governments.
- The desire of many (especially small) shipowners to maximize profit by reducing expenses on vessel supply and maintenance, among other factors.

Clearly, to ensure the unconditional compliance with existing international standards and regulations, it is essential to have a thorough understanding of them: knowing the purpose, key provisions, and requirements of IMO, ILO, and WHO documents, as well as the associated practical tasks for management personnel and ship crews. Thus, every crew member, according to their level of responsibility, should be aware of and adhere to the current requirements of IMO conventions on maritime safety.

The tragic event of the sinking of the Titanic in 1912 led to increased attention to maritime safety and prompted the creation of international standards and rules. As a result, the first International Convention for the Safety of Life at Sea was adopted in 1914, but it did not enter into force due to the First World War.

After the Second World War, the issue of maritime safety became relevant again, leading to the decision to create a permanent international body to coordinate the efforts of states in this area.

In February 1948, a UN maritime conference was held in Geneva, where they agreed to establish the International Maritime Consultative Organization (IMCO). This organization began operating on March 17, 1958.

The goal of establishing IMO is:

- a) To create a mechanism for cooperation among governments in the field of governmental regulations and practices related to technical issues of international shipping and to promote the adoption of practically achievable high standards for maritime safety and navigation efficiency.
- b) To promote the elimination of discriminatory actions and unnecessary restrictions imposed by governments pertaining to international shipping, in order to expand the provision of maritime services for commerce worldwide without any discrimination. To assist and promote governments in the development of national shipping so that safety is a top priority.
- c) To facilitate the exchange of information among governments on matters within IMO's competence.

Changing the name and status of the International Maritime Consultative Organization

In 1975, the Assembly changed the organization's name from the International Maritime Consultative Organization to the International Maritime Organization (IMO), which became effective in 1982. Now, IMO has a more important status and is mandatory for all member countries. Currently, IMO has 172 member states and 3 associate members (Ukraine became the 152nd member of IMO in 1994).

Goals, tasks, and structure of the organization

Goals and tasks of the organization:

The main goal is to encourage and support the implementation of the highest possible standards of safety at sea in all countries.

The organization provides:

- Mechanism of cooperation in the field of governmental regulation of technical issues of international maritime shipping, so that global trade can use shipping services without discrimination.

- Discussion of issues regarding unfair limitations by shipping companies.

- Consideration of any maritime issues transferred by UN bodies or specialized institutions.

- Exchange of information among governments on issues addressed by IMO.

The main activity of IMO is the development of recommendations and conventions on maritime navigation, shipbuilding, and environmental protection. IMO convenes international conferences to discuss documents and their adoption by states.

Structure of the organization

The Assembly is the highest body of IMO, consisting of all members of the organization. It determines policy, approves the work program and budget, and recommends rules on maritime safety and pollution prevention.

The main bodies in the Organization are the Committees:

1. Marine Safety Committee (MSC)
2. Technical Cooperation Committee (CTCC)
3. Marine Environment Protection Committee (MEPC)
4. Facilitation Committee (FC)
5. Legal Committee (LC)

IMO Committees rely on Subcommittees:

1. Bulk Liquids and Gases (BLG)
2. Radio Communication and Search and Rescue (COMSAR)
3. Design and Equipment (DE)
4. Dangerous Goods, Solid Cargoes and Containers (DSC)
5. Fire Protection (FP)
6. Flag State Implements (FSI)
7. Safety of Navigation (NAV)
8. Stability Load Line and Fishing Vessels (SLF)
9. Standard of Training and Watchkeeping (STCW)

Documents on maritime safety and environmental protection are developed by the Marine Safety Committee (MSC) and the Marine Environment Protection Committee (MEPC). The MSC investigates maritime safety issues and related technical

matters, preparing draft resolutions for Assembly consideration. Membership in the MSC is open to all IMO Members. The MEPC considers measures to prevent pollution from ships and addresses cooperation with regional organizations dealing with these matters.

Participation in the Committee is open not only to IMO members but also to those states that, while not being members of the Organization, participate in the development of documents regulating the prevention of marine pollution.

International organizations closely cooperating with IMO participate in the preparation of conventions, codes, and resolutions. The main ones include intergovernmental organizations such as the International Labour Organization (ILO), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the International Atomic Energy Agency (IAEA), the United Nations Environment Programme (UNEP), and the World Health Organization (WHO).

To assist in addressing significant issues, non-governmental organizations are engaged as consultative bodies:

- International Chamber of Shipping (ICS)
- International Shipping Federation (ISF)
- International Organization for Standardization (ISO)
- International Chamber of Commerce (ICC)
- Baltic and International Maritime Council (BIMCO)
- International Association of Classification Societies (IACS)
- International Federation of Shipmasters' Associations (IFSMA)
- Intertanko, and others.

International cooperation in maritime safety is primarily governed by documents developed by IMO and national regulations, with the national requirements of IMO member countries not being allowed to be less stringent than those of the Organization.

Main international IMO maritime safety conventions

The main international IMO maritime safety conventions are:

- International Convention on Standards of Training, Certification and Watch-keeping for Seafarers (STCW) - 1978.
- International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS) - 1974/1988.
- International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) - 1973/1978.
- Maritime Labour Convention (MLC) - 2006.
- International Convention on Oil Pollution Preparedness, Response and Cooperation (OPRC) - 1990.
- Ballast Water Management Convention (BWMC) - 2004.
- International Convention on the High Seas - 1958.
- International Convention on Load Lines - 1966/1988.
- International Convention on Tonnage Measurement of Ships - 1969.
- International Regulations for Preventing Collisions at Sea (COLREG) - 1972.
- International Convention on Search and Rescue at Sea (SAR) - 1979, and the International Aeronautical and Maritime Search and Rescue Manual (IAMSAR) - 1999.

REFERENCE

1. Shemyakin O.M. International Maritime Organization and Maritime Law / O.M. Shemyakin // Customs Affairs - 2011. - No. 2. - P. 76-81.
2. Convention on the International Maritime Organization of 1948, as amended in 1982 / Official website of the Verkhovna Rada of Ukraine. Document 995_219.
3. IMO's Member States / Official website of the International Maritime Organization.
4. United Nations Convention on the Law of the Sea of December 10, 1982 (ratified by Law of Ukraine No. 728-XIV of June 3, 1999) / Official website of the Verkhovna Rada of Ukraine.

Monitoring Methods in Machinery Spaces on Ships

Monitoring various parameters in machinery spaces on ships is crucial for ensuring the safe and efficient operation of the vessel. In this report, we will discuss several key parameters that are commonly monitored in machinery spaces, including lubrication, temperature, vibration, pressure, and voltage.

Lubrication Monitoring

Lubrication monitoring is essential for maintaining the health and longevity of machinery components. By monitoring the condition of lubricants, it is possible to detect potential issues before they lead to equipment failure. Common methods for lubrication monitoring include:

1. **Oil Analysis:** Oil analysis involves taking a sample of lubricant and analyzing it for various properties, such as viscosity, particle count, and additive levels. This information can be used to detect contamination, wear particles, and other issues that may indicate a problem with the equipment.
2. **Wear Debris Monitoring:** Wear debris monitoring involves analyzing the debris that is present in lubricants to detect signs of wear or damage to machinery components. This can be done using various methods, such as ferromagnetic particle detection or spectroscopy.
3. **Online Sensors:** Online sensors can be used to continuously monitor the condition of lubricants in real-time. These sensors can measure various properties, such as temperature, pressure, and flow rate, and can provide early warning of potential issues.

Temperature Monitoring

Temperature monitoring is important for ensuring that machinery components are operating within their recommended temperature range. Overheating can lead to equipment failure, reduced efficiency, and even fires. Common methods for temperature monitoring include:

1. **Thermocouples:** Thermocouples are temperature sensors that consist of two dissimilar metal wires or strips that are joined at one end. When the junction of the two metals is heated or cooled, a voltage is generated that can be used to measure temperature.
2. **Resistance Temperature Detectors (RTDs):** RTDs are temperature sensors that measure temperature by measuring the resistance of a wire or film that changes with temperature. RTDs are known for their high accuracy and stability.
3. **Infrared Thermometers:** Infrared thermometers measure temperature by detecting the infrared radiation that is emitted by an object. These thermometers are non-contact and can be used to measure temperature from a distance.

Vibration Monitoring

Vibration monitoring is important for detecting potential issues with machinery components before they lead to failure. Excessive vibration can indicate issues such as imbalance, misalignment, or looseness. Common methods for vibration monitoring include:

1. **Accelerometers:** Accelerometers are vibration sensors that measure the acceleration of a machine or structure. They can be used to detect issues such as imbalance, misalignment, and looseness.
2. **Velocity Sensors:** Velocity sensors measure the velocity of a machine or structure. They are often used in conjunction with accelerometers to provide a more complete picture of vibration.
3. **Proximity Probes:** Proximity probes are non-contact sensors that measure the vibration of a machine or structure by detecting changes in the magnetic field around a target.

Pressure Monitoring

Pressure monitoring is important for ensuring that machinery components are operating within their recommended pressure range. Overpressure can lead to equipment failure, reduced efficiency, and even explosions. Common methods for pressure monitoring include:

1. **Pressure Transducers:** Pressure transducers are sensors that measure pressure by converting the mechanical force of pressure into an electrical signal.
2. **Pressure Gauges:** Pressure gauges are devices that measure pressure by measuring the force required to move a piston or diaphragm.
3. **Bourdon Tubes:** Bourdon tubes are mechanical devices that measure pressure by converting the mechanical force of pressure into a linear or rotary motion.

Voltage Monitoring

Voltage monitoring is important for ensuring that electrical equipment is operating within its recommended voltage range. Overvoltage or undervoltage can lead to equipment failure, reduced efficiency, and even fires. Common methods for voltage monitoring include:

1. **Voltmeters:** Voltmeters are devices that measure voltage by measuring the potential difference between two points in an electrical circuit.
2. **Current Transformers:** Current transformers are sensors that measure current by converting the magnetic field around a conductor into an electrical signal.
3. **Power Monitors:** Power monitors are devices that measure various electrical parameters, such as voltage, current, and power factor. They can be used to detect issues such as overload, short circuit, and ground fault.

Ship Mechanism Overload Monitoring System

The Ship Mechanism Overload Monitoring System is a critical component of modern marine vessels. It is designed to monitor and manage the load on various mechanical systems, ensuring safe and efficient operation. This report provides an overview of the system and its importance.

Overview

The monitoring system continuously tracks the load on various mechanical components such as engines, propellers, and pumps. It uses a network of sensors to measure key parameters like temperature, pressure, and vibration. The data collected by these sensors is processed and analyzed to detect any signs of overload or malfunction.

In case of an overload, the system triggers alarms to alert the crew. It can also initiate corrective actions, such as reducing the load or shutting down the affected system. The system is designed to be robust and reliable, capable of operating under harsh marine conditions.

Importance

The Ship Mechanism Overload Monitoring System plays a crucial role in ensuring the safety and efficiency of the vessel. By monitoring the load on mechanical systems, it helps prevent overloads that could lead to equipment failure or even catastrophic accidents.

Moreover, the system contributes to the efficient operation of the vessel. By ensuring that the mechanical systems are not overloaded, it helps maintain their performance and longevity. This leads to reduced maintenance costs and increased operational efficiency.

Conclusion

The Ship Mechanism Overload Monitoring System is an essential tool for managing the mechanical systems on a marine vessel. It not only enhances safety but also improves operational efficiency. As such, it is a vital component of modern marine engineering.

In conclusion, monitoring various parameters in machinery spaces on ships is essential for ensuring the safe and efficient operation of the vessel. By using various monitoring methods, it is possible to detect potential issues before they lead to equipment failure. Regular monitoring and maintenance can help to extend the life of machinery components and reduce the risk of accidents and downtime.

REFERENCE

1. O. L. Nikoulina english for maritime scientific research Odesa 2017
2. <https://jv-technoton.com/ru/monitoring-200-parametrov-i-avtomatizatsiya-sudna/>

Listening in the Digital Age: Strategies of Improving it in Higher Education.

In the digital age, the way we listen to and engage with information has changed significantly, and this has important implication for higher education. With the constant influx of information from various digital sources, students and educators alike are faced with the challenge of discerning what is reliable and relevant. This necessitates the development of critical listening skills and the ability to filter out noise and distractions.

Higher education institutions must adapt their strategies to help students navigate this new landscape. This can involve teaching students how to evaluate the credibility of online sources, providing guidance on effective listening techniques in digital environments, and foster a culture of active and reflective listening in both in-person and virtual settings.

Furthermore, educators can leverage digital tools and platforms to create interactive and engaging learning experiences that promote active listening and participation. This can include incorporating multimedia content, interactive discussions, and real-time feedback mechanisms to enhance students listening skills.

There are several strategies that higher education institutions can employ to improve students listening skills in the digital age. Here are some effective approaches:

1. **Active Listening Workshops:** Offer workshops and training sessions that focus on active listening techniques. These can include exercises, role-plays, and group discussions to help students develop their ability to focus, comprehend, and respond to spoken information.

2. **Digital Literacy Training:** Provide students with training in digital literacy, including how to critically evaluate online sources, filter out noise and distractions, and discern credible information from unreliable sources.

3. **Multimedia Learning:** Incorporate multimedia content into lectures and coursework to engage students in diverse ways. Visual aids, videos, podcasts, and interactive simulations can enhance students listening skills by providing varied forms of content delivery.

4. **Real-Time Feedback:** Use digital tools to provide real-time feedback on students listening skills. For instance, online platforms can be used to conduct quizzes, surveys, or interactive discussions that require active listening and immediate responses.

5. **Collaborative Learning:** Encourage collaborative learning activities that promote active listening and peer-to-peer engagement. Group projects, discussions, and debates can provide opportunities for students to practice their listening skills in a social context.

6. **Reflective Practice:** Integrate reflective practices into the curriculum, such as journaling or self-assessment exercises, to encourage students to evaluate their own listening habits and identify areas for improvement.

7. Virtual Communication Skills: Give the increasing prevalence of virtual communication, incorporate training on effective listening in virtual environments, including video conferencing, online meetings, and digital collaboration tools.

8. Encourage Questioning: Foster a culture of questioning in the classroom to promote active listening and critical thinking. Encouraging students to ask questions and engage in dialogue can enhance their listening skills.

By implementing these strategies, higher education institutions can help students develop strong listening skills that are essential for success in academic, professional, and personal contexts in the digital age.

In summary, the digital age presents both challenges and opportunities for higher education when it comes to listening. By recognizing the implications of these changes and implementing effective strategies, institutions can better prepare students to navigate the digital world and become critical listeners in their academic and professional pursuits.

REFERENCE

1. Vandergrift, L. (2007). Recent developments in second and foreign language listening comprehension research. *Language Teaching*, 40(3), 191-210.
2. Field, J. (2008). *Listening in the language classroom*. Cambridge University Press.
3. Graham, S., & Macaro, E. (2008). Strategy instruction in listening for lower-intermediate learners of French. *Language Learning*, 58(4), 747-783.
4. Rost, M. (2011). *Teaching and researching listening* (2nd ed.). Routledge.
5. Vandergrift, L., & Goh, C. (2012). *Teaching and learning second language listening: Metacognition in action*. Routledge.

Bezditko A., Hrynychuk H.V.

National University "Odesa Maritime Academy"

Ensuring the safety of shipping from pirates

According to Article 101 of the UN Convention on the Law of the Sea of December 10, 1982 (ratified by Ukraine on June 3, 1999), piracy is any unlawful act of violence, detention or any robbery committed for private purpose by the crew or passengers of any private vessel against any vessel, person or property on board the vessel. Piracy is also considered voluntary participation in the use of a ship, if it was known that the ship is pirated. Piracy also includes inciting or knowingly facilitating such criminal acts. But how to counteract such a barbarian, we will analyze in more detail.

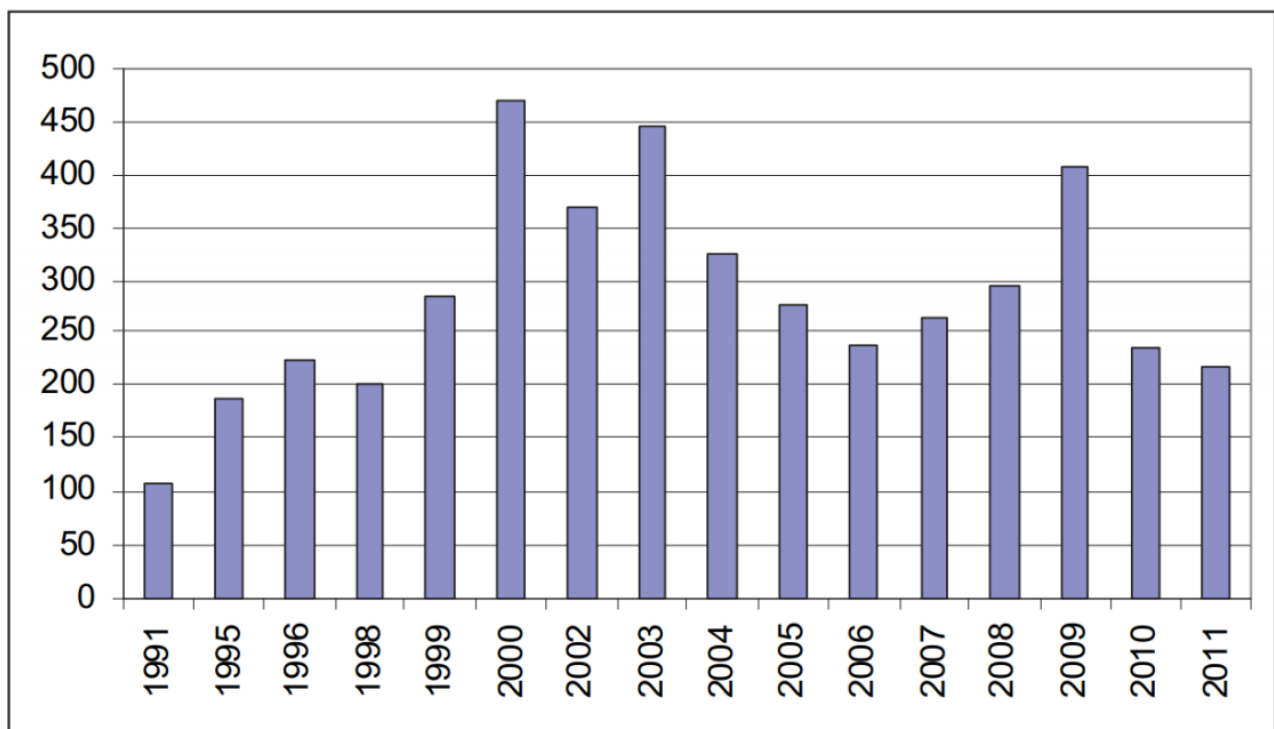
And where are sailors not at ease today? Risk zones include the coastal waters of Asia, Africa, and Latin America. Main areas attacked:

1. Southeast Asia and the South China Sea (Strait of Malacca, Indonesia, Philippines, Thailand).

2. West Africa (Nigeria, Senegal, Angola, Ghana), Indian Ocean, East Africa (India, Sri Lanka, Bangladesh, Somalia, Tanzania).

3. South America and the Caribbean Sea (Brazil, Colombia, Venezuela, Ecuador, Nicaragua, Guyana). The most "popular" place for those attacked is the Gulf of Aden and the waters of the Indian Ocean near the coasts of Somalia and Kenya. The abovementioned water area is more than 1.1 million square miles (2.5 million square km), approximately equal in size to four Texas or the size of the Mediterranean and Red Seas combined. The length of the coast of Somalia is approximately equal to the length of the entire East Coast of the United States. The route through the Suez Canal, through the Gulf of Aden, is the main route for ships going from Asia to Europe and the East Coast of the USA. These shipping routes account for 1/10 of world trade. This area is one of the world's most important shipping lanes, where oil tankers and other commercial vessels transport cargo worth billions of dollars.

To study the state of affairs and develop preventive measures, the International Maritime Bureau (IMB) of the International Chamber of Commerce (ICC) in 1991. created the Piracy Reporting Center (PRC), which publishes annual reports on terrorist attacks on ships. However, information provided by shipping companies (shipowners) covers only about 10-20% of all cases of pirate attacks. But already these data convincingly indicate that attacks on sea vessels have significantly increased in recent years and have begun to seriously threaten the safety of navigation. So, for example, the number of attacks on commercial vessels in 2000 amounted to 469 cases, which is 1.6 times more than in 1999, and 4.5 times more than in 1991. In the future, this process began to acquire a systematic character, and the amount of damage to international justice⁵ increased more and more. Piracy has taken on the character of a constantly active dangerous factor on sea routes



Draw 1. Chart of pirate attacks from 1991-2011

A typical attack. Usually, a ship is attacked by two or more boats at a speed of up to 25 knots, as a rule, they enter from the stern, pirates prefer to try to get on board the attacked ship from the port side. To go far into the ocean, pirates use sea-going vessels, usually local dhows, sometimes fishing or other vessels captured by them. Boats used for the attack are usually towed behind the base ship. Boats try to come close to the side to give the opportunity for at least 1-2 pirates to climb on board, often they do this with the help of long, light ladders. Having climbed aboard, pirates, as a rule, go to the bridge to take control of the ship. After that, they demand that the crew stop the ship or slow down so that other pirates can get on board.

How to protect sea vessels from piracy? To protect a vessel, a ship, any water transport or a floating device from pirates, it is enough to install a barbed spiral of Egoza on board. It is almost impossible to overcome this barrier on the go. Cheap and angry. Therefore, container carriers, merchant ships use this means of protection, which prevents pirates from boarding the ship. One of the most effective means of protecting a ship against pirates today is barbed spiral barriers, including the Halberd barbed spiral. It is installed along the perimeter of the ship's side and pirates cannot climb onto the ship without injuring themselves. However, this method of protection has a significant drawback. A barbed spiral fence is enough for one flight, after which the hot-dip galvanized ego or barbed spiral begins to rust. You can, of course, use it for a couple of more voyages until it turns into dust, but in terms of design, such a ship will lose significantly, and I would not want a rusty barbed wire to fly into the sea at the most crucial moment.

Foam protection. The use of water and/or foam monitors has proven to be an effective way to protect against pirates, water jets not only prevent boats from getting close to the ship's side, but also prevent pirates from climbing aboard. Chart of pirate

attacks from 1991-2011 to shooting by pirates. It is recommended to install monitors (cannons) in advance in the most vulnerable places for pirate penetration, well-proven sprayers installed on the trunks. If hot water is supplied to the system, the water protection becomes much more effective. It is recommended to install and configure monitors in advance and turn them on remotely during an attack. It is advisable to check in advance the action of foam water protection and its coverage of vulnerable places.

During the attack: Follow a pre-planned plan. Activate the emergency communication and notification plan:

- Contact UK Maritime Trade Operations (UKMTO) Dubai.
- Maritime Security Center Horn of Africa (MSCHOA).
- Activate the panic button.

If AIS was turned off, turn it on. Announce the shipwide alarm "Pirate attack" by voice and signaling. By VHF - send a Mayday distress signal on channels 16 and 8. Send a distress signal via DSC (Digital Selective Calling) and Inmarsat-C. Establish a telephone connection with UKMTO. The crew - all those who do not participate in the direct protection of the ship must go to the "citadel". If the pirates landed on the ship. Before they reach the bridge, have time to warn the UKMTO, MSCHOA and if there is time - the ship-owning company.

REFERENCES:

1. Wilson B. The Somali Piracy Challenge: Operational Partnering, the Rule of Law, and Capacity Building // Loyola University Chicago International Law Review. 2011. Vol. 9. Issue 1. P. 50.
2. ПІРАТИ У СВІТОВОМУ ОКЕАНІ: ЗАХИСТ ЖИТТЯ ТА ЗДОРОВ'Я МОРЯКІВ, ПСИХОФІЗІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПРОБЛЕМИ Шафран Л.М., Голікова В.В. Український НДІ медицини транспорту, Одеса, Одеська національна морська академія
3. Cruising with guns // The Economist 2016. 23 January. P. 41
4. Торський В.Г., Топалова В.П., Позолотін В.А. «Організація та нормативне забезпечення охорони судна», 216 стор., Одеса, 2009р.
5. <https://rabomizo.com/ukr/piratstvo-i-rekomendacziyi-imo-dlya-progulyankovyh-suden/>
6. <https://www.itfseafarers.org/ru/issues/piracy/coping-piracy>
http://rise.odessa.ua/texts/MSC1_Circ1334.php3

Використання проектної методики на заняттях з англійської мови у морському вузі як один із шляхів формування комунікативної компетентності

Наразі є велика різноманітністю форм і методів інноваційного навчання, спрямованих на ефективне засвоєння знань студентами, розвиток їх розумової діяльності, виявлення вмінь та навичок критичного осмислення проблем, набуття якостей, які стануть у нагоді в подальшому розвитку та самореалізації.

Метою вивчення англійської мови у вузі є оволодіння здатністю використовувати мову, у тому числі при виконанні професійних обов'язків.

Навчання має практичне спрямування, висуваючи пропозицію щодо набуття здобувачами вищої освіти професійної та функціональної комунікативної компетенції у користуванні англійською мовою. Це здійснюється шляхом інтеграції мовленнєвих вмінь та мовних знань в рамках тематичного і ситуативного контексту та набуття мовної поведінки, готувати публічні виступи з галузевих питань; знаходити нову текстову, графічну, аудіо та відео інформацію, що міститься в англійськомовних галузевих матеріалах, користуючись відповідними пошуковими методами; аналізувати англійськомовні джерела інформації для отримання даних, що є необхідними для виконання професійних завдань та прийняття професійних рішень;

Виходячи з цього метод проектів може бути доцільним для використання під час підготовки спеціалістів.

Ідея включення проектної діяльності в освітній процес була запропонована американським педагогом і філософом Джоном Дьюї більше століття тому. Це педагогічна технологія, зорієнтована на застосування і набуття нових знань (часто шляхом самоосвіти). Проектування в загальному його розумінні - це науково обґрунтована побудова системи параметрів майбутнього об'єкта чи якісно нового стану існуючого проекту прототипу передбачуваного або можливого об'єкта стану чи процесу. Проектування - особливий тип інтелектуальної діяльності, відмінною особливістю якої є перспективна орієнтація, практично спрямоване дослідження.

Метод проектів завжди орієнтований на самостійну роботу яка може бути індивідуальна, групова, парна, робота яку виконують протягом певного часу. Якщо говорити про метод проектів як педагогічну технологію, то вона включає в себе сукупність дослідницьких, пошукових, проблемних методів, творчих за своєю суттю.

У викладанні іноземної мови це відносно нова методика, яка дозволяє студентам проявити самостійність у виборі джерел інформації, способі її викладу і презентації, а також вести індивідуальну роботу над темою, яка викликає найбільший інтерес у кожного учасника проекту, що спричиняє підвищену мотивовану активність студента.

Проектна робота включає наступні етапи:

1. Підготовка.

Визначення теми й мети проекту. Тема проекту не повинна замінювати навчальний матеріал, а повинна вбудовуватися в предмет, доповнювати та посилювати зміст предмета, співпадати з галузевим питанням.

2. Планування:

Визначення джерел, засобів збирання, методів аналізу інформації, засобів подання результатів;

3. Пошук

Дослідження проблеми й збір інформації, що міститься в англомовних галузевих матеріалах, вибір оптимального варіанта виконання проектного завдання (генерування ідеї); розроблення плану роботи над проектним завданням; добір матеріалів та інструментів; вибір форми презентації результатів проекту.

4. Виконання проекту,

Здійснення індивідуальної діяльності або діяльності кожного учасника проекту згідно з планом роботи над проектним завданням (реалізація проекту); підготовка презентації результатів проекту.

5. Презентація результатів,

Проведення презентації (захист проекту) та оцінка результатів виконання проекту. Проектний продукт - це те, що має бути створено внаслідок роботи над проектом, це може бути мультимедійна презентація. Мультимедійні презентації виходять за межі використання тексту та зображень. Ці презентації зазвичай включають анімацію, відео, аудіо або інтерактивні функції. В умовах дистанційного навчання можливо використовувати додаткове візуальне оформлення, використовуючи доступне програмне забезпечення, таке як, наприклад Microsoft Office PowerPoint, інтерактивні онлайн-дошки (така функція доступна, зокрема, в Google Classroom або Zoom), це може бути робота з платформою для спільної віддаленої роботи за допомогою онлайн-дошки Miro.

Таким чином, суть мета проекту – показати практичне застосування надбаних знань, сприяти формуванню системи знань та вмінь, втілених у кінцевий інтелектуальний продукт, сприяти самостійності, вмінню логічно мислити, бачити проблеми та приймати рішення, отримувати й використовувати інформацію, займатися плануванням, розвивати грамотність та інше.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Метод проектів - ефективна технологія навчання <https://ru.osvita.ua/school/method/technol/1415>

1. Житник Б. О. Методичний poradник. Форми і методи навчання / Борис Олександрович Житник. — Х. : Вид. група «Основа», 2005. — 128 с
2. Освітні технології: навч.-метод. посіб. / О. М. Пехота, А. З. Кіктенко, О. М. Любарська та ін.; за заг. ред О. М. Пехоти. — К. : А.С.К., 2002. — 252 с
3. Садкіна В. І. 101 цікава педагогічна ідея. Як зробити урок / Валентина Іванівна Садкіна. — Х. : Основа, 2008. — 88 с (Серія «Золота педагогічна колекція»).

4. Селевко Г. К. Современные образовательные технологии: учеб. пособие / Герман Константинович Селевко. — М. : Народное образование, 1998. — 256 с.

Application of Neural Networks in Ship and Marine Power Plant Operations

Ship systems are complex technical structures, and efficient management requires reliable and innovative approaches. In recent years, neural networks have emerged as powerful tools in various fields, and their application in maritime systems promises significant advantages.

Prediction and Optimization of Energy Consumption

Route optimization and fuel management are crucial aspects of maritime operations that directly impact both economic efficiency and environmental sustainability. Here's a more detailed explanation of how machine learning algorithms can be utilized in these areas:

Route Optimization: Machine learning algorithms can analyze vast amounts of data related to weather patterns, sea conditions, traffic congestion, and historical voyage data to calculate the most efficient routes for vessels. By considering factors such as wind speed and direction, ocean currents, wave heights, and vessel characteristics, these algorithms can identify routes that minimize travel time, fuel consumption, and overall operating costs. Additionally, they can take into account factors such as navigational hazards, restricted areas, and port schedules to ensure safety and compliance with regulations.

Fuel Management: Fuel consumption is one of the largest operating expenses for maritime transportation. Machine learning algorithms can play a crucial role in optimizing fuel usage by dynamically adjusting vessel speed, engine power, and route selection based on real-time data and predictive analytics. By continuously monitoring fuel efficiency and performance metrics, these algorithms can identify opportunities for fuel savings and recommend operational changes to minimize consumption without compromising voyage schedules or safety.

Environmental Impact Reduction: Efficient route optimization and fuel management not only lead to cost savings but also contribute to environmental sustainability by reducing greenhouse gas emissions and other pollutants associated with maritime transportation. By minimizing fuel consumption and optimizing routes to avoid environmentally sensitive areas, machine learning algorithms can help mitigate the negative environmental impacts of shipping activities.

Detection and Prevention of Failures

Enhancing safety: The utilization of artificial intelligence (AI) for the detection and prevention of potential maritime accidents involves employing advanced technologies such as computer vision and data processing algorithms. These AI-driven systems are designed to continuously monitor various aspects of a ship's surroundings and operational conditions, enabling early detection of potential hazards and proactive intervention to prevent accidents.

Computer Vision: AI-powered computer vision systems are deployed onboard ships to analyze visual data captured by cameras installed on the vessel. These systems can detect and recognize objects in the ship's vicinity, including other vessels,

navigational hazards, and obstacles such as icebergs or floating debris. By continuously monitoring the surroundings in real-time, computer vision algorithms can alert the crew to potential dangers, allowing them to take evasive action or adjust course accordingly.

Data Processing Algorithms: In addition to visual data, AI algorithms process a wide range of sensor data from onboard instruments such as radar, sonar, and GPS. By integrating and analyzing data streams in real-time, these algorithms can identify patterns and anomalies indicative of hazardous conditions or potential malfunctions. For example, AI systems can detect deviations from expected navigation routes, abnormal weather patterns, or sudden changes in environmental conditions that may pose risks to the vessel's safety.

Predictive Analytics: AI-powered predictive analytics tools are used to forecast potential safety risks based on historical data and current trends. By analyzing vast amounts of data related to past incidents, weather patterns, vessel performance, and maritime regulations, these algorithms can identify potential areas of concern and provide early warnings to the crew. This proactive approach enables the crew to implement preventive measures and mitigate risks before they escalate into serious accidents.

Additionally, there are simpler and less extensive methods of using AI in the life of a ship:

Improving port operation efficiency: AI can help optimize processes in ports, including cargo handling operations, documentation processing, planning, and coordination of vessel arrivals and departures. This helps reduce ship downtime and increase overall port productivity.

Preventing collisions and accidents in ports: AI can be used to monitor vessel movements in ports and prevent collisions through automatic control and warning systems. This includes using machine learning algorithms to analyze data from radars and other sensors to identify potential conflict situations and provide recommendations for vessel traffic management.

Enhancing working conditions on the ship: AI can be utilized to automate routine and hazardous tasks on the ship, such as equipment inspections and maintenance, cargo handling operations, etc. This helps reduce the workload on the crew and improve working conditions on the ship.

Yara Birkeland

In 2017, Yara, a global leader in fertilizers, and Kongsberg, a company specializing in maritime technology, announced a collaboration to develop the world's first fully autonomous container vessel named Yara Birkeland.

Vessel Specifications: Yara Birkeland is being developed as an electric container ship capable of transporting cargo between Yara's fertilizer plants and ports on the west coast of Norway. The vessel will be equipped with advanced navigation and control systems, as well as sensors for detecting other vessels and obstacles.

Plans and Goals: Yara and Kongsberg see Yara Birkeland as a potential solution for reducing transportation costs, improving safety at sea, and reducing environmental impact through the use of autonomous technology. According to plans, the vessel was expected to enter operation in 2020.

Challenges and Obstacles: Despite ambitious plans, the Yara Birkeland project has faced several technical and legal challenges, including the development and certification of technologies for autonomous vessel operation, as well as the establishment of regulatory frameworks and standards for the safe operation of such vessels.

While the timeline and plans for the Yara Birkeland project have been adjusted due to technical complexities, it still remains one of the most prominent examples of the use of autonomous ships in the maritime industry, demonstrating the potential benefits and challenges of this innovative technology.

Overall, the application of artificial intelligence for enhancing safety on ships involves a combination of advanced technologies and data-driven decision-making processes. By leveraging AI-driven systems for real-time monitoring, predictive analysis, and proactive intervention, maritime operators can significantly reduce the likelihood of accidents and ensure the safety of crew, passengers, and cargo during voyages.

The application of neural networks in ship systems represents a promising direction that can significantly improve the efficiency, reliability, and safety of maritime operations. Developing this technology requires collaborative efforts from engineers, scientists, and industry specialists, which will lead to new innovations and advancements in the maritime industry.

REFERENCES:

1. <https://chat.openai.com/c/e>
2. <https://www.scaleai.ca/about-us/publications/ai-in-the-real-world-transportation-and-logistics/>
3. https://www.americanactionforum.org/list-of-proposed-ai-bills-table/?gad_source=1&gclid

Fire Systems On Board

A little bit of history

Fire was not so well addressed within this first version of SOLAS, which is mainly due to the fact that in 1914 there were no automatic fire detection or fire-fighting systems because the technology did not exist. In the 1974 Convention separated the fire requirements into a separate chapter: SOLAS chapter II of the 1960 SOLAS Convention was divided into two new chapters: chapter II-1 on Construction Structure, machinery and electrical requirements and chapter II-2 on Construction – Fire protection, fire detection and fire extinction.

In December 1992 as a consequence of a tragic fire on the passenger ferry Scandinavian Star two years earlier in which more than 150 people perished, IMO adopted a comprehensive set of fire safety amendments, applicable to both new and existing passenger ships. The amendments required the installation of the latest fire safety features applicable to any modern hotel such as automatic sprinkler and smoke detection systems, and the upgrading of fire safety bulkheads to non-combustible materials and improved methods for assisting escaping persons, such as use of low location lighting.

Following the addition of a new final chapter on fixed hydrocarbon gas detection systems in 2007, the FSS Code consists of 16 chapters. Each addresses specific systems and arrangements. Fires pose a significant threat on vessels, frequently originating from engine rooms, machinery spaces, holds, and tanks. Containerized cargoes, in particular, present challenges as traditional firefighting equipment is often ineffective. While automatic fire detection systems are prevalent on ships, crew members or passengers often spot fires before these systems activate. This shift from traditional fire patrols to automated detection reflects the ongoing efforts to enhance onboard safety and address the common hazard of maritime fires.

Fire main system and related machinery

Fire main: Whilst the various types of portable extinguishers form the front line of attack against a fire detected in its early stages, the fire main or one of the other fixed fire-fighting installations is used if a fire becomes established. The fire main extends to the full length of the ship and from the machinery spaces to the highest levels. Hydrants served by the main, are situated so that with suitable hoses any area on the ship can be reached.

For example for the cargo ship it has two powered pumps supply engine room hydrants and the deck main through the screw down isolating valve which must be accessible from outside of the machinery space(to prevent loss of water). The emergency fire pump is situated in a tunnel, with a supply to the deck main through the tunnel escape and also to the twin hydrants in the shaft tunnel by the engine room watertight door.

The deck main has a drain at the lowest position so that the pipe can be emptied in cold weather. If this is not done, the pipe can be damaged and it will be blocked by the ice and not usable.

Automatic sprinkler systems

The combination of structural fire protection and an installed sprinkler system which incorporates detection, alarm and fire-fighting capability, has proved very successful in combating the outbreak of fire in passenger ship accommodation. The structural fire protection is based on zones separated by fire proof bulkheads and having fire proof divisions within them.

A network of sprinkler heads is arranged throughout the spaces to be protected. Each sprinkler head is normally kept closed by a quartzoid bulb which is almost filled with a liquid. When the liquid is exposed to abnormal heat it expands rapidly to completely fill the bulb. Further expansion is sufficient to destroy the bulb. Water, maintained under pressure by compressed air, is then expelled from the sprinkler head of a heavy spray. Each head adequately showers a deck area of 16 m² and the heads are arranged so that every part of each space requiring protection, can be covered by water spray.

When a sprinkler comes into operation water flows through the section alarm valve. The water lifts the non-return valve exposing an annular groove which connects to a diaphragm alarm switch. This switch is coupled to an alarm and to an indicator panel on the bridge which gives audible and visual warning that a sprinkler has operated and fire has probably broken out in the section indicated.

Multi-spray system for the machinery spaces

This system is similar to the sprinkler used in accommodation areas but the spray heads are not operated automatically. The section control valves are opened by hand to supply water to the heads in one or more areas. Fresh water is used for the initial charging and the system is brought to working pressure by means of the compressed air connection. The air bottle prevents cut-in of the pump due to any slight leakage of the water. The pump is automatically operated by pressure drop in the system when the control valve to one section is opened. The pump must be able to maintain working pressure when supplying all the sections simultaneously in one compartment. It is installed outside the compartment it serves.

Spray nozzles are designed to give the correct droplet size for fires in flammable liquids such as fuels and lubricating oils, when working at the correct pressure. They are located so as to give adequate water distribution over the tank top and all fire risk areas.

Water spray is a potentially good fire-fighting medium because (a) it produces a large quantity of steam which has a smothering action; (c) the spray will protect personnel in the compartment; (d) water is readily available. Damage to any electrical equipment by the salt water is dealt with by washing with hot fresh water before drying out.

Fire fighting equipment

Fire pumps and emergency fire pumps

Two independently powered pumps must be provided in all ships. Larger passenger vessels and passenger ferries must have three such pumps. The pumps are fitted with non-return valves if they are of the centrifugal type, to prevent loss of water back through open valves when not running.

Normally, cargo vessels are provided with emergency fire pumps because a fire in the engine room could put all of the other pumps out of action. Such a pump is located away from the engine room in the shaft tunnel or steering gear. The suction lift of any pump is limited and for this reason emergency fire pumps are restricted to being at a maximum of 6 m from the water level. Ideally they are installed below the waterline to guarantee avoidance of suction problems.

Hoses and nozzles

Fire hoses must be of approved materials. They are positioned adjacent to hydrants together with suitable nozzles. Dual purpose nozzles can be adjusted by rotation of the sleeve to produce a jet or spray. These are an alternative to having available separate jet and spray or fog nozzles.

Foam adaptor

Foam branch pipes which operate in a similar manner to those used in deck installations for tankers, are fitted for use with the hydrants in some machinery spaces and in particular for passenger ferry car decks. These are available in various sizes for operation at a range of pressures and outputs.

General information about fires on board ships

Fire protection on ships is provided by detection and fire-fighting equipment together with structural features which are intended to contain an outbreak of fire and the employment when required of non-combustible materials to prevent its spread.

For reference purposes fires may be grouped in four classes:

Class A: Fire of solid materials usually of an organic nature such as wood, furniture, plastics, rope, etc.

Class B: Fire of liquids such as petrol, oils, paraffin, cooking fats, etc.

Class C: Fire of gases such as propane, butane, acetylene, etc.

Class D: Fire of burning materials such as aluminum, magnesium, etc.

And an electric fire: it may be caused by a short circuit or sparks. An electric fire is a Class A, B, C or D fire. After the electric circuits are isolated, the fire is extinguished as normal according to its normal class.

Fire aboard can be disastrous. Common causes are:

Smoking

Conspicuous warning notices should be displayed in any part of the ship. Ashtrays or other suitable containers should be provided and used at places where smoking is authorised.

Electrical and other fittings

All electrical appliances should be firmly secured and served by permanent connections whenever possible.

Flexible leads should be as short as practicable. Makeshift plugs, fuses should not be used.

Circuits should not be overloaded since this causes the wires to overheat, destroying insulation and thus resulting in a possible short-circuit which could start a fire.

Spontaneous combustion

Dirty waste, rags, sawdust and other rubbish - especially if contaminated with oil - may generate heat spontaneously which may be sufficient to ignite flammable mix-

tures or may set the rubbish itself on fire. Such waste and rubbish should therefore be properly stored until it can be safely disposed of.

Machinery spaces

All personnel should be made fully aware of the precautions necessary to prevent fire in machinery spaces - in particular, the maintenance of clean conditions, the prevention of oil leakage and the removal of all combustible materials from vulnerable positions.

Galleys

Galleys and pantries present particular fire risks . Care should be taken in particular to avoid overheating or spilling fat or oil and to ensure that burners or heating plates are shut off when cooking is finished. Extractor flues and ranges etc should always be kept clean.

The first line of defence against fire in any area of the ship, is the portable fire extinguisher. Some common portable extinguishers that have been used at sea.

1.Dry powder can be used on wood, paper, flammable liquids, gaseous fires, live electrical equipment.

2.Foam spray can be used on wood, paper and flammable liquids. It can not be used to extinguish gaseous fires, live electrical equipment.

3.Water can only be used on a wood, paper and textiles.

4.Co2 can be used on a flammable liquids and live electrical equipment. Can not be used to extinguish wood, paper and textiles.

REFERENCES:

1. Ship fire protection systems

<http://generalcargoship.com/fire-protection.html>

2. Fixed fire fighting systems

<https://oceantimemarine.com/en/fixed-fire-fighting-systems/>

Modern vessels

Modern shipbuilding plays an important role in ensuring maritime safety, the development of maritime transport and the environmental sustainability of the industry, and therefore constantly strives to innovate and improve technologies and working methods. It is an integrated process of designing, building and maintaining ships using modern technologies and methods.

Do you know what innovative types of ships exist?

With technological and engineering innovations, new opportunities are constantly emerging to improve the functionality, safety and convenience of marine vessels. There are many new and unique types of ships that have been developed or introduced in recent years.

Types of ships that we will consider today:

1. Hybrid and electric ships
2. Hydrogen fuel ships
3. Platform ships for underwater exploration
4. Solar powered boats
5. Autonomous ships
6. Amphibious vessels or hovercraft
7. Underwater transport systems

Hybrid and electric ships

Hybrid ships use a combination of traditional power sources, such as diesel engines, and alternative sources, such as electric motors or batteries.

This reduces emissions and increases energy efficiency. Electric boats run entirely on electricity, making them cleaner and quieter.

Ships with hybrid and electric propulsion are becoming increasingly popular in a bid to reduce emissions and reduce dependence on traditional fuels.

Hydrogen fuel ships

Hydrogen-fuelled ships use hydrogen as an energy source to produce electricity. They produce zero carbon emissions and are one of the most environmentally friendly types of vessels. Hydrogen still needs to undergo risk and explosion analysis, studies into bunkering and onboard storage practices, and pressure release devices and onboard fire prevention have to be developed.

Platform ships for underwater exploration

These vessels are designed to support underwater research activities. They are usually equipped with modern equipment for scientific research, underwater life and geological formations. Platform ships for underwater exploration are vital assets for scientific research and exploration of the oceans. Their specialized design, advanced equipment, and capabilities enable researchers to study and understand the oceans' depths, marine life, and geological features. These vessels play a crucial role in advancing scientific knowledge, addressing environmental challenges, and promoting sustainable ocean management. As technology continues to evolve, platform ships

will likely become even more efficient and effective in their mission to explore the world's oceans.

Solar powered boats

These boats use solar panels to convert solar energy into electricity, which is used for propulsion. Solar boats are environmentally friendly and can be used for a variety of purposes, including recreation and tourism. Solar-powered boats are more efficient than gasoline-powered boats because they convert more of the sun's energy into usable power. Gas engines convert only about 20% of the fuel's energy into useful power, while electric engines can convert up to 90% of solar energy into useful power.

Autonomous ships

Autonomous ships, often called unmanned vessels, are like self-sailing sailors of the sea. They can perform tasks without needing direct human involvement onboard.

These ships use advanced technologies like sensors, artificial intelligence (AI), and self-learning systems to navigate safely, steer clear of obstacles, chart routes, and carry out other important functions. They come in various sizes, from small boats to large container ships, and serve different purposes like transporting goods, watching over maritime areas, conducting research, and more.

Amphibious vessels or hovercraft

Amphibious vessels are capable of moving both on water and on land. They are lifted above the surface by a cushion of air, making them especially useful for operations in hard-to-reach or difficult environments. Both amphibious ships and hovercraft are essential assets for military and humanitarian operations, each with its unique capabilities and advantages. Amphibious ships are large vessels designed for transporting troops and equipment to shore, with the ability to launch landing craft and support helicopter operations. Hovercraft, on the other hand, are versatile vehicles that can travel over a variety of surfaces, making them ideal for accessing shallow waters and challenging terrain. Both types of vessels play critical roles in amphibious and rescue missions, contributing to the effectiveness and success of operations in diverse environments.

Underwater transport systems

These systems are means of transportation that can operate underwater. They can be used to transport cargo and passengers, as well as for scientific research and exploration of the underwater world.

What conclusion can we come to?

Modern shipbuilding is undergoing a period of intensive development, introducing new types of ships capable of combining high efficiency with a reduced environmental impact. New types of ships include hybrid and electric ships that use alternative energy sources, as well as hydrogen fuel ships that can operate without carbon emissions. Innovative underwater transportation systems and amphibious hovercraft offer new opportunities for transportation and exploration in difficult to access environments. In addition, solar boats and autonomous ships are examples of environmentally friendly and innovative solutions in shipbuilding. These new technologies and concepts open up new horizons for shipbuilding, making it more sustainable, efficient and adaptable to the challenges of the modern world.

REFERENCES:

1. <https://www.imo.org/en>
2. <https://www.rivieramm.com/news-content-hub/news-content-hub/imo-guidelines-coming-for-hydrogen-fuelled-vessels-78168>
3. <https://www.wartsila.com/insights/article/seven-fascinating-hybrid-ship-trends-that-everyone-needs-to-know-about#:~:text=Hybrid%20electric%20ships%20can%20instantly,or%20load%20ram%20Dup%20support>
4. <https://www.britannica.com/technology/platform-vessel>
5. https://en.m.wikipedia.org/wiki/T%C3%BBranor_PlanetSolar#:~:text=MS%20T%C3%BBranor%20PlanetSolar%2C%20known%20under,launched%20on%2031%20March%202010
6. https://en.m.wikipedia.org/wiki/Autonomous_underwater_vehicle
7. <https://www.kongsberg.com/maritime/ship-types/autonomous-ships/>

Yablonsky O.V., Hrynychuk H.V.
National University "Odesa Maritime Academy"

Drones for Monitoring the Ports

Drones have become increasingly common for a variety of maritime monitoring operations. The European Maritime Safety Agency (EMSA) is making drones available for a range of tasks including monitoring and testing emissions from ships operating in restricted areas well as coordinating with coast guards for safety and rescue operations.

The Port of Antwerp and The Port of Rotterdam has also been testing drones to monitor activity and maintain safety across the port complex.

The Ports Authority says it wants to find out if the drones are suitable for supporting inspectors and shipping masters in their work. The trials are focused on sea-going and inland shipping inspections by the Harbor Master's Division on bunkering, water pollution, ship-to-ship transfer, zoning for hazardous substances, shore-to-ship transfer, air pollution (smoke or soot), and repairs on board vessels.

The primary task for the drones will be monitoring activity in the port. The Port Authority reports for example, "if the drone detects an open tank filler cap, this might be an indication of illegal degassing by the vessel." They would then be able to follow up with the specific ship to ensure that it is following the regulations.

Among the other tasks that they believe the drones would be suited for is monitoring during an incident in the port. They would be able to quickly have a drone over the area to see what was happening and monitor the response. The drone can also carry small cargoes of up to 3 kilos, such as refrigerated medical supplies, vessel parts, or cargo samples, facilitating the transfer of such items in the port.

Inspection drones in the Ukrainian ports

The port of Yuzhny began studying environmental monitoring of the water area using special drones back in 2019.

Such monitoring makes it possible to identify, localize and eliminate pollution in the port waters. It is noted that before this, monitoring of the water area was carried out only by vessels of the port fleet and during regular visual inspection of the water area by specialists of the USPA security service.

The administration says that monitoring drones makes it possible to respond much faster and prevent spills of pollutants in water areas and in the harbor, establish communication between economic entities, provide state supervision and control assistance and, using all possible forces and means, in the event of detection of pollution in water areas .

Environmental monitoring using drones will be implemented not only in all major Ukrainian ports, but also on river routes.

Drones to monitor sulphur emissions from ships

The European Maritime Safety Agency (EMSA) uses drones to monitor sulphur emissions from ships. Most ships run on heavy fuel oil, which causes significant emissions of sulphur oxides. These emissions cause air pollution, acid rain, ocean acidification as well as respiratory and other diseases in humans.

The drones are equipped with sensors that detect and measure levels of SO₂, CO₂, NO₂ and NO in ship exhaust. This allows for remote assessment of a ship's fuel composition outside of port. If measurements are above the stipulated limit, the ship's port of call gets a notification to proceed with further fuel sampling.

Concrete benefits

Remote monitoring with drones allows maritime authorities to measure sulphur emissions from more vessels in less amount of time.

More efficient and precise monitoring may in turn make it less attractive for vessels to use high sulphur fuels. In the long term, this will benefit both the environment and human health.

Extensive use of remote sulphur monitoring can also improve the authorities' understanding and awareness of where and when vessels do not comply, enabling them to focus compliance efforts where they will have the best effect.

Underwater inspection drones

Inspection of the hull of a ship can be done quickly and easily with the help of an underwater drone. Everything must be inspected regularly to view and keep an eye on its condition so that action can be taken quickly if necessary. This inspection work is often labeled as risky assignments. Various constructions can be affected by weather conditions, making the risks even greater.

The use of an underwater drone is particularly suitable for these purposes: safe, convenient and cost-effective. The underwater drone is easy to control and via the live streaming of the images to the surface, everything can be properly viewed and assessed immediately.

An underwater drone can be quickly deployed for, for example, an inspection of the hull of a ship or of the propeller. The images can be viewed and assessed immediately.

The use of drones during PSC

Currently, the biggest single use of drones in shipping is for inspection purposes and some class societies are already using drones as part of their survey programme. The Chinese authorities actively use drones during PSC (Port State Control). This allows for a much more comprehensive survey given the ease with which drones can access hard-to-reach areas as well as reduce risks. Examples include:

- inspection of flare stack, tops of cranes and confined spaces. If repair work is necessary, the drone's findings can be used in writing job specifications and access requirements

- remote inspection of the hull exterior or interior of tanks and other areas where surveyors cannot get to during typical on/off-hire condition surveys or routine inspections

- inspection during repair, conversion and newbuilding of ships or prior to hand-over

- damage surveys (aerial/tank) after an incident

- inspection prior to reactivation of ships

- inspections of moorings and anchorages

Marine drones are becoming increasingly popular in shipping. Thanks to the work of these drones, monitoring the sea is much easier and safer. Technology is the future.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шемякин А.Н. Морское право : учебн. пособ. – 3-е изд. Харьков. Одиссей, 2006. – 383 с.
2. <https://maritime-executive.com/article/rotterdam-tests-drones-for-ship-inspections-and-monitoring-the-port>
3. <https://safety4sea.com/the-use-of-drones-in-shipping-and-cover-implications/>
4. <https://www.uwcamerastore.com/underwater-drones/underwater-inspection-drones>
5. <https://businessnorway.com/solutions/nordic-unmanned-uses-drones-to-monitor-sulphur-emissions-from-ships>
6. <https://www.epravda.com.ua>
7. 2019 International Maritime Organization (IMO), MARPOL 73/78. Annex VI Sulphur 2020 cap.
8. Офіційна база законодавства України: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/>
9. Парменова Д.Г., Крайнова В.І. Безпека людини та охорона навколишнього середовища [Текст]: методичні вказівки з вивчення навчальної дисципліни та організації самостійної роботи здобувачів вищої освіти спеціалізації 271.02 «Управління судновими технічними системами і комплексами» / Укл. Д. Г. Парменова, В. І. Крайнова – Одеса: НУ «ОМА», 2022. – 40 с.

УДК 811.111 (043)

Shalyov A. S.

National University 'Odesa Maritime Academy'

Digital Learning at the Forefront of Teaching English as a Second Language

УДК 811.111 (043)

Shalyov A. S.

National University 'Odesa Maritime Academy'

Digital Learning at the Forefront of Teaching English as a Second Language

First, it is necessary to say that approximately ten years ago everything this article will be about was literary impossible because of the absence of the needed for it technology. Some institutes boasted of having several computers connected to the internet at that time and there was not such a thing as mobile internet. But about five years ago things began to change and with the establishing of fast mobile internet services educators started to act as well. 'Integrating technology into education provides students with an engaging learning experience, allowing them to remain more interested in the subject without being distracted. The utilisation of projectors, computers, and other cutting-edge technical gear in the classroom may make studying fascinating and entertaining for students' [1]. That is correct to some extent because nothing will substitute a human, but when there was an outbreak of Covid-19, people did not have other choice and started using such platforms as Microsoft 365, Zoom, Skype and others for distance learning.

Now we have to agree upon the definition what the digital learning is: there is a common opinion that it is the process of learning which is aided by technology that gives students a kind of possibility to have control over time, place, path and pace at which they gain their education. While speaking about time, we can say that students are no longer restricted by it because they can learn anytime taking into consideration that besides double periods they have plenty of self-study hours and in order not to lag behind the group they have the possibility to attend consultations with their teachers weekly just to have chance to catch up with the group. While speaking about a place, we can say that students are no longer restricted by it either because they can learn anywhere which is seen in our everyday life, for example, they can be in other cities, villages, sometimes at a campus or even abroad and still have the chance with the help of mixed learning ask their teachers to start say a zoom conference so that to join the double period or consultation. While speaking about a path, we can say that students are no longer restricted by their teachers in choosing the material because they can learn from different sources. While speaking about a pace, we can say that students are no longer restricted by the pace of an entire group because knowing the curriculum they can adjust their timetables to learn at their own pace and achieve the same level education as the rest of the group. To sum up it is necessary to say that digital learning requires a combination of technology, digital content and instruction.

Nowadays nearly everything might be done or solved distantly so when one has a good high speed internet plan, they can get educational services distantly as well

and this is an advantage if you are in the situations mentioned above or for people with different disabilities. ‘The digital classroom entirely focuses on teaching via the use of technology. Students use technological or internet-connected gadgets like laptops, tablets, Chromebooks, etc. Instead of taking notes on what the teacher has taught, most of the curriculum is delivered to students online through an engaging and interactive platform. Despite its many facets, education is fundamentally a kind of communication. The internet has resulted in the rise of new communication channels, which have extended the options for the transmission and access to educational information. These media and virtual venues serve as learning facilitators’ [2]. Various characteristics of a digital classroom are represented in Fig. 1. So having at least a smartphone will get you involved into the educational process through particular groups in various messengers where you will be able to find plenty of educational material and your home tasks.

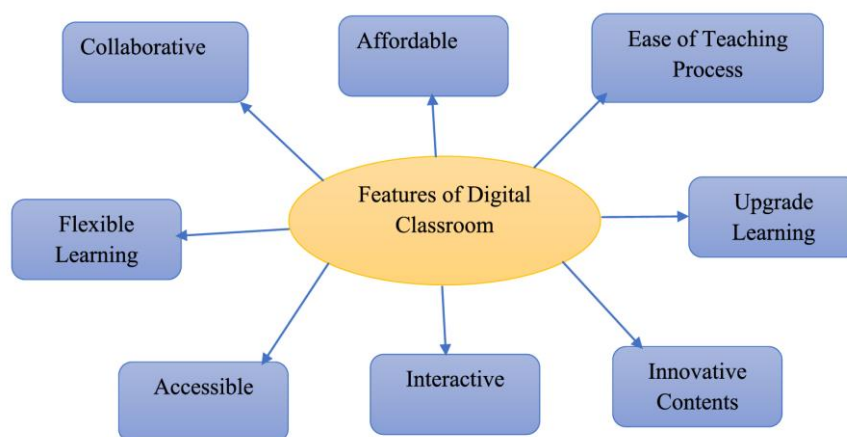


Fig. 1 Features of a Digital Classroom are as follows [1]:

Needless to say that the internet and YouTube are full of readymade materials which can be used by teachers in their everyday teaching practice. So it is only the matter of being prepared well in advance with proper links which can be instantly sent via a messenger group to every its participant to study and to get their thoughts and ideas in class or distantly. ‘Educational applications and websites are used in digital classrooms to assist students in improving their learning experience. Feedback loops and technology are two critical components of a digital classroom. Feedback loops are essential for students to obtain real-time feedback from their teachers. Teachers can use feedback loop to provide feedback depending on many factors such as student, lesson, group, etc. PPTs, video presentations, e-learning methods, online training, and other digital approaches are increasingly used in the teaching-learning process’ [3]. One of the possible outcomes is students creative work or a project which they can show to the rest of the group or even at an international conference and defend their position as for the point of view they have chosen.

Besides the things mentioned above there a lot of tools on the internet which both teachers and students can use in order to mutually inspire each other and they are virtual boards. Some of them are worth remembering: Padlet, Jamboard, Miro,

Conceptboard, Trello, Wooclap, Dashboard, and such digital tools as Canva, Genially, Slido and so on. They are good for placing your study materials there and for mutual project work with your students.

Conclusion:

So we can say now that educators make use of digital learning in order to be at the forefront of teaching English, for instance, as a second language and take a small step ahead everyday into the unforeseen future together with their students. ‘As a result, classroom instruction is becoming more participatory. Students may now learn many topics on their own by using internet resources and digital classrooms. In schools, colour charts, graphs, and models describe the finest instruction of the class. However, they are now considered old-fashioned methods of giving education. Education in the classroom is no longer restricted to reading books, writing on the blackboard to explain chapters and concepts, and taking notes in their books’ [4].

REFERENCES:

1. Understanding the role of digital technologies in education: A review: Sustainable Operations and Computers / Abid Haleem et al. Volume 3. Beijing : KeAi Publishing, 2002. P. 276.
2. J. Roschelle, M. Sharples, T. W. Chan, Introduction to the special issue on wireless and mobile technologies in education, Journal of Computer Assisted Learning 21 (3). Menlo Park : Blackwell Publishing Ltd, 2005. pp. 159–161.
3. F. Ozdamli, N. Cavus, Knowledge sharing technologies in higher education: Preference of CIS students in Cyprus, Education and Information Technologies 26(2). Nicosia : Springer Science+Business Media, LLC, 2021. pp. 1833–1846.
4. H. L. Schnackenberg, Tablet technologies and education, International Journal of Education and Practice vol.1 (4). State University of New York at Plattsburgh : Conscientia Beam, 2013. pp. 44–50.

Ніколаєва Т.С.

Національний університет «Одеська морська академія»

Перевернутий клас: Інноваційний підхід до навчання

На сучасному етапі розвитку України, навчання курсантів вищих навчальних закладів іноземної мови набуває особливої актуальності. Ефективна комунікація на іноземних мовах, що дозволяє обговорювати робочі моменти та обмінюватися досвідом з закордонними колегами, є важливою компетенцією для сучасної людини.

Для досягнення таких результатів у навчанні необхідно впроваджувати сучасні методи викладання англійської мови, що відповідають потребам динамічного освітнього процесу.

Метод перевернутого класу має свої коріння в роботі Джонатана Бергмана та Арона Саммерса, викладачів з хімії в школі у місті Вудланд Парк, штат Колорадо, США. Вони почали використовувати цей підхід у своїй практиці у 2007 році, коли вони стали записувати відеоуроки для своїх студентів, які вони переглядали перед класом, щоб мати більше часу на практичні справи та обговорення під час уроку.

Ідея перевернутого класу швидко поширилася серед викладачів і стала популярною у багатьох країнах. Вона також знайшла своє застосування у вищій освіті, зокрема університетах, де вона використовується для залучення студентів до активного навчання та стимулювання критичного мислення.

Модель перевернутого класу представляє собою парадигмальний зсув в освіті, переосмислюючи традиційні ролі викладачів і студентів. Цей підхід, також відомий як зворотнє навчання, перевертає традиційну модель навчання, де викладач читає лекції на уроках, а студенти виконують завдання вдома. У перевернутому класі студенти знайомляться з навчальним матеріалом за межами класу, часто через відео або читання, а час на уроці використовується для інтерактивних, спільних активностей, що закріплюють навчання.

Методи застосування перевернутого класу:

1. Підготовка: Вибір або створення навчальних матеріалів (відео, читання, тести) для студентів для перегляду перед класом.

2. Заняття в класі: Розробка інтерактивних завдань, які дозволяють студентам застосовувати вивчені концепції, таких як обговорення, групові проекти, розв'язання задач або симуляції.

3. Оцінювання: Використання формативного оцінювання для оцінки розуміння студентами матеріалу до і після класу та надання зворотного зв'язку.

4. Рефлексія: Заохочення студентів рефлексувати свій навчальний процес, як до, так і після уроку, для покращення їх метакогнітивних навичок.

5. Постійне вдосконалення: Збір відгуків від студентів для вдосконалення методу перевернутого класу та внесення змін відповідно до їх потреб.

Переваги методу перевернутого класу:

- Збільшення залученості: Студенти більш активно залучаються до матеріалу під час занять, а не просто слухають лекції.

- Персоналізоване навчання: Студенти можуть просуватися у навчанні власним темпом, зупиняючи та перемотуючи відео за потребою.

- Покращення запам'ятовування: Активне навчання та застосування концепцій під час занять підвищують розуміння та запам'ятовування.

- Можливості для диференціації: Викладачі можуть надавати індивідуальну підтримку студентам, які цього потребують.

Приклад застосування перевернутого класу для навчання англійської мови курсантів морської академії може включати підготовку навчальних відео про необхідну тему, наприклад «Конструкцію судна», які курсанти переглядають перед класом. На уроці вони можуть працювати в групах для створення схем конструкції судна та обговорення їх, що дозволяє їм застосовувати та закріплювати вивчений матеріал.

Тема уроку: Конструкція судна

План уроку:

1. Підготовка до уроку:

- Курсанти переглядають відео про основні елементи конструкції судна.

- Читають статті про важливість кожного елемента конструкції та його функції на судні.

2. Заняття в класі:

- Обговорення ключових понять та термінів, пов'язаних з конструкцією судна.

- Групова робота над створенням схеми конструкції судна, використовуючи нові знання.

- Презентація схем курсантами перед класом.

3. Оцінювання:

- Проведення тесту з теми "Конструкція судна" для перевірки розуміння матеріалу.

4. Рефлексія:

- Курсанти відзначають найбільш складні або цікаві моменти у вивченні теми.

- Викладач дає зворотний зв'язок щодо роботи над схемами та висвітлює основні аспекти, на які варто звернути увагу.

Цей підхід до навчання допомагає курсантам здобути глибше розуміння та краще запам'ятати матеріал, що є важливим для їхньої майбутньої професійної діяльності.

Для створення вдалих уроків за темою "Конструкція судна" з використанням методу перевернутого класу викладач може виконати наступні кроки:

1. Вибір або створення навчальних матеріалів: Викладач може підготувати відео або статті про основні елементи конструкції судна та їх функції.

2. Підготовка завдань для опитування: Викладач може створити тести або питання для перевірки розуміння матеріалу, які студенти можуть виконати перед уроком.

3. Планування інтерактивних активностей на уроці: Викладач може розробити групові завдання для створення схем конструкції судна та обговорення їх на уроці.

4. Проведення уроку: Під час уроку викладач може спрямовувати курсантів на аналіз та обговорення ключових понять та термінів, пов'язаних з конструкцією судна, а також на розв'язання практичних завдань.

5. Формування зворотного зв'язку: Після уроку викладач може зібрати відгуки від курсантів щодо їхнього розуміння теми та виконання завдань.

6. Підсумок та висновки: Викладач може підсумувати урок, підкреслити головні моменти та запитати студентів, що вони вивчили.

Створення цікавих та інтерактивних уроків за допомогою методу перевернутого класу допоможе курсантам краще засвоїти матеріал та розвинути свої знання та навички.

Для створення вдалих уроків з використанням методу перевернутого класу викладач може використовувати наступні платформи і інтернет-ресурси:

1. Відеоуроки:

- YouTube: Викладачі можуть знайти або створити відеоуроки на тему уроку, щоб студенти могли переглянути їх перед класом.

- Vimeo: Інша платформа для розміщення та перегляду відео, яка може бути використана для створення навчального відеоматеріалу.

- OpenShot Video Editor: Це безкоштовний відеоредактор з відкритим вихідним кодом, який дозволяє вам створювати та редагувати відеоуроки.

- Screencast-O-Matic: Ця платформа дозволяє записувати екран комп'ютера та додавати коментарі для створення відеоуроків.

- Loom: Це додаток для запису екрана та веб-камери, який дозволяє вчителям створювати відеоуроки та надсилати їх учням.

- Google Презентації: Викладачі можуть створювати презентації та додавати голосовий коментар до кожного слайда для створення відеоуроків.

2. Електронні книги та статті:

- Google Книги: Дозволяє шукати та знаходити електронні книги зі статтями про тему уроку.

- Академічні журнали: Деякі журнали надають доступ до статей з наукових досліджень, які можуть бути корисними для викладачів при підготовці матеріалу для уроку.

3. Тести та завдання:

- Google Форми: Дозволяє вчителям створювати тести та опитування для перевірки розуміння матеріалу перед уроком або під час нього.

- Quizlet: Платформа, де можна створювати навчальні картки та тести для вивчення нових термінів та понять.

4. Системи управління навчанням (LMS):

- Moodle: Дозволяє вчителям створювати курси та матеріали для них, а також виконувати відстеження прогресу студентів.

- Canvas: Інша платформа для створення онлайн-курсів та взаємодії з студентами під час навчання.

5. Платформи для співпраці та обговорення:

- Slack: Дозволяє створювати канали для спілкування та співпраці між вчителями та студентами.

- Microsoft Teams: Платформа для співпраці та комунікації, яка також має інструменти для створення та обговорення навчальних матеріалів.

Ці інструменти допоможуть викладачу створити цікавий та ефективний урок за допомогою методу перевернутого класу, сприяючи кращому засвоєнню матеріалу та розвитку навичок студентів.

Метод перевернутого класу - це педагогічний підхід, що змінює традиційні методи викладання. Цей підхід переносить акцент з викладача на студента, сприяючи активному залученню, співпраці та критичному мисленню.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nikolayeva T.S., Hrynychuk H. V. (2024) Modern methods of teaching english. use of the "flipped classroom" method for teaching cadets. Сучасні методи викладання англійської мови. використання методу «перевернутий клас»

(flipped classroom) для навчання курсантів. Конференція з філології (м. Рига, Латвійська Республіка)

2. Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Flip Your Classroom: Reach Every Student in Every Class Every Day. International Society for Technology in Education.

3. Tucker, B. (2012). The Flipped Classroom. Education Next, 12(1), 82-83.

4. Roehl, A., Reddy, S. L., & Shannon, G. J. (2013). The Flipped Classroom: An Opportunity to Engage Millennial Students through Active Learning Strategies. Journal of Family & Consumer Sciences, 105(2), 44-49.

4. EDUCAUSE Learning Initiative. (2012). 7 Things You Should Know About Flipped Classrooms. EDUCAUSE. Retrieved from [посилання]

Матеріали науково-технічної конференції
" Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт",
20.03.2024 – 21.03.2024.

Підписано до друку 16.03.2012. Формат 60×84/16.
Обл.-вид. арк. 10,87. Тираж 100. Зам. № И12-03-64.

ОНМА, центр „Видавінформ”
Свідоцтво ДК № 1292 от 20.03.2003
65029, г. Одеса, вул. Дідрихсона, 8
тел./факс: (0482) 34-14-12
publish@ma.odessa.ua