

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

МАТЕРІАЛИ

**Науково-технічної конференції на тему
«МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ФЛОТ: ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ»
22.03.2023 – 23.03.2023**

Одеса – 2023

Матеріали науково-технічної конференції «Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт», 22.03.2022 – 23.03.2022.– Одеса: НУ "ОМА", 2023. – 315 с.

Матеріали публікуються згідно з поданими авторами оригіналами.

© Національний університет "Одеська морська академія", 2023

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 судноремонт 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 ННП;

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	10
<i>Голіков В.А., Данілов К.С., Сінюта К.О.</i> Аналіз методів вирішення завдань руху твердих тіл на межі «газ-рідина»	10
<i>Голіков В. А., Онищенко О. А.</i> Формалізація у представленні і проведенні наукових досліджень	14
<i>Голіков В.А., Голіков В.В., Данілов К.С., Сінюта К.О.</i> Верифікація деяких показників енергетичної ефективності роботи контейнеровоза класу DNV-GL (13800 TEU) на лінії «шовкового шляху»	19
<i>Голіков В.А., Крупов І.В., Сінюта К.О.</i> Аналіз ймовірних методів оцінки якості днопоглиблювальних робіт на підходах до річкових портів.....	22
<i>Нікольський В.В., Слободянюк М.В., Черемісін В.І., Нікольський М.В.</i> Формування й оцінка характеристик статистичних моделей паливоподачі суднового середньобертового дизеля	24
<i>Korban V.Kh., Солодовников В.Г.</i> До впливу об'ємних електричних зарядів атмосферного повітря на процеси, які протікають у циліндрі дизеля	28
<i>Довиденко Ю.М.</i> Вплив ультразвукової обробки палива на сірчаний знос деталей ДВЗ	33
<i>Латиш О.М.</i> Перспективи застосування наноматеріалів та нанотехнологій в морський галузі	37
<i>Стукаленко О. М.</i> Математична модель аварійного опускання вантажу козловим краном після обриву одного з тросів.....	43
<i>Очеретяний Ю.О.</i> Розробка методу управління продуктивністю компресора суднової системи комфортного кондиціювання повітря з використанням програмовано-логічних контролерів	47
<i>Опришко М.О.</i> Застосування наноматеріалів для заміни металічних деталей на нові легкі та корозійностійкі.....	52
<i>Денісов В.Г. Смірних Є.С.</i> Аналіз систем інертних газів танкерів	57
<i>Uminsky S., Lebediev B.</i> Technological support of durability of resource- saving parts of shipping facilities	60
<i>Шалапко Д.О., Андрєєв А.А., Шалапко Г.Г.</i> Покращення експлуатаційних показників танкера за рахунок використання водневих технологій.....	63
<i>Свиридов В.І., Андрєєв А.А., Шалапко Д.О.</i> Дослідження прогнозів викидів суден та вплив на навколишнє середовище.....	66

<i>Шалапко Д.О, Андрєєв А.А., Шалапко Г.Г</i> Удосконалення експлуатаційних показників малого судна, використовуючи металогідридний паливний елемент	70
<i>Мельник О.А.</i> Види та аналіз дефектів матеріалів і їх характеристика	73
<i>Zhuravlov Yu.I., Kostyuchenko Ye.F.</i> Modeling technique for increasing the reliability indicators of "shaft-plain bearing" parts' interactions	76
ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ	80
<i>Сагін С.В., Столярник Т.О.</i> Діагностування якості процесу мащення суднових дизелів	80
<i>Сагін А.С., Заблоцький Ю.В.</i> Підвищення ефективності роботи паливної апаратури високого тиску дизелів суден морського та внутрішнього водного транспорту	83
<i>Мадей В.В., Волков О.М., Сагін С.С.</i> Забезпечення екологічності морських суден під час їх експлуатації в спеціальних екологічних районах північної Європи	87
<i>Konstantinov O., KhliievN.</i> Performance of refrigerated container with phase change materials for cooling storage	91
<i>Shestopalov K., IerinV, Gao Neng, Khliyeva O.</i> Cascadecompression-ejectorrefrigeration systemformarine provision chamber.....	94
<i>Аболєшкін С.Є., Кардашев Д.Л.</i> Методи підвищення екологічної безпеки суднових дизелів.....	97
<i>Афтанюк В.В., Кобзарь В.М., Очеретяний Ю.О., Даниленко Д.В.</i> Розробка плану експерименту для оптимізації конструкції суднового скрубера	100
<i>Афтанюк В.В., Гаврілкін О.Є., Кіріс А.В.</i> Моделювання подавання реагенту у водозабірних решітках кінгстонів суднових систем охолодження.....	104
<i>Андрєєв А.А., Пирисунько М.А., Година В.І.</i> Перспективи застосування аміаку в морських утилізаційних силових установках	108
<i>Андрєєв А.А., Пирисунько М.А., Андрєєва Н.Б.</i> Визначення резервів підвищення ефективності турбонаддуву суднових дизелів і напрямку їх реалізації	111
<i>Андрєєв А.А., Свиридов В.І., Андрєєва Н.Б.</i> Розробка раціональних варіантів турбодетандерного охолодження повітря суднових дизелів...	116
<i>Богач В.М., Дуранов О.П.</i> Особливості роботи лубрикаторних систем суднових ДВЗ	120
<i>Дулдієр О.П.</i> Колір полум'я як основний показникпроцесу горіння в паливних пристроях котловихустановок	125
<i>Козицький С. В., Кіріян С. В.</i> Підвищення ефективності суднових механізмів при використанні наноматеріалів	129

<i>Малахов О.В., Палагін О.М., Бондаренко А.В., Найдьонов А.І., Ліхогляд Н.Л.</i> Гідродинамічні особливості кавітаційної обробки суднових лляльних вод.....	134
<i>Самонов С.Ф., Глазева О.В., Дубовик В.О., Тимошенко О.І.</i> Система управління рекуперацією відпрацьованого тепла контейнеровозу місткістю 8800 контейнерів	139
<i>Пирисунько М.А., Свиридов В.І., Шалапко Д.О.</i> Аналіз методів діагностування суднового двигуна	144
<i>Пирисунько М.А., Андрєєв А.А., Андрєєва Н.Б.</i> Ефективність використання теплоти рециркуляційних газів суднового двигуна тепловикористовуючими машинами	147
<i>Половинка Е.М., Табулінський І.М.</i> Швидкісна характеристика системи паливоподачі common rail двигунів rt-flex	151
<i>Петрожицький Н. М., Половинка Е.М.</i> Технология приготовления водотопливных эмульсий и анализ их применения в дизелях.....	156
<i>Чорний Є.І., Петрожицький Н.Н., Огурцов Д.В., Половинка Е.М.</i> Ефективність застосування та характеристики водотопливних емульсій.....	161
<i>Чорний Є.І., Половинка Е.М.</i> Водно-паливна емульсія як паливо для суднових двигунів для зниження викидів NOx і твердих часток.....	166
<i>Карабаджак Н.Е., Половинка Е.М.</i> Оптимізація процесу упорскування системами топливоподачи сучасних суднових дизелів.....	171
<i>Огурцов Д.В., Половинка Е.М.</i> Удоосконалення систем впорскування палива суднових середньооборотних дизелів.....	177
<i>Половинка Е.М., Яковенко А.Ю.</i> Метрологічні характеристики вимірювальної системи на базі комбінованого датчика тиску	182
<i>Черемісін В.І., Санига В.В.</i> Особливості розрахунку газообміну у суднових дизелях	187
ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ	193
<i>Парменова Д. Г., Колегаєв М. О., Кулєшов І. М.</i> Особливості впровадження заходів щодо скорочення викидів парникових газів з суден.....	193
<i>Парменова Д.Г., Бондар С.А.</i> Гендерна рівність у сфері торгового судноплавства та забезпечення безпеки.....	196
<i>Голікова В.В., Крайнова В.І.</i> Екологічні аспекти транспортування пилоутворюючих вантажів	199
<i>Мамкічев М.А.</i> Загальні принципи розслідування та складання звітів та доповідей про інциденти, пов'язані з аваріями та пожежами	204
<i>Обертюр К.Л.</i> Методи очищення вод від органічних домішок і поверхнево-активних речовин	209

<i>Розлуцький О.М.</i> Проблеми переходу водного транспорту на скраплений природний газ.....	215
<i>Калініченко І.В., Юрковський Ю.В.</i> Підвищення екологічної ефективності суднової енергетичної установки танкера використовуючи тепловий насос для одержання водяної пари.....	220
<i>Свиридов В.І., Андреев А.А., Пирисунько М.А.</i> Шляхи запобігання шкоди довкіллю при експлуатації морського транспорту	225
<i>Удолатій В.Б.</i> Оцінка ефективності роботи систем очищення димових газів морських суден при використанні скрубєрів.....	229
СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА	
ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ	240
<i>Nikulina O.L.</i> Origin and etymology of marine superstitions	240
<i>Козак С.В.</i> Особливості мотивування студентів вузів при навчанні англійської мови в умовах дистанційного навчання.....	247
<i>Pavlenko V.S., Kozak S.V.</i> Marine Engines On Board the Ship	253
<i>Цинова М.В, Огреніч М.А, Лазарчук С.Ф.</i> Онлайн-викладання англійської мови в неможливому вищі	258
<i>Tsynova M.V., Borisenko T.I., Kashuba M.V.</i> The most important ways of students mastering their listening skills.....	261
<i>Гавалюх О.С., Козловська Л.В.</i> Ефективність поєднаних технологій у навчальному процесі ВВНЗ.....	263
<i>Suprun V.V., Koblik V.V.</i> New rules and new solutions.....	266
<i>Ionov M., Kravets G. B.</i> Theme of article: New Technologies in the Marine Industry	269
<i>Rubanenko V.A., Koblik V.V.</i> Future of maritime industry. Autonomous ships.	270
<i>Koblik V.V.</i> Some new modern methods of teaching English.....	273
<i>Karavielkov V.V., Nikolayeva T.S.</i> Modern cleaning equipment of exhaust gases from ships' internal combustion engines	277
<i>Мардаренко О., Кравець Г., Єршова Ю.</i> Формування ключової англомовної комунікативної компетентності курсантів шляхом впровадження інноваційних технологій.....	282
<i>Matiiv R., Hrynychuk H.V.</i> Everything you need to know about engine cadet jobs	287
<i>Hrynychuk H.V.</i> E-learning	289
<i>Kulbii D., Hrynychuk H.V.</i> Protecting the seas: environmental issues for seafarers	290
<i>Hrynikov A., Hrynychuk H.V.</i> Alternative fuel use - regulatory status mapped	293
<i>Ніколаєва Т.С.</i> Застосування «Blended learning» як інноваційно-модерністського методу для вивчення англійської мови.	295

<i>Molodtsova V.</i> The use of educational roleplays in the English lessons for marine engineers.	297
<i>Пицъ Я., Бугаєнко Т.І.</i> The nine unusual vessels	302
<i>Бугаєнко Т.І.</i> Education digital trasformation	304
<i>Багаутдінов Р., Пиляєв І. Бугаєнко Т.І.</i> History of maritime industry	308
<i>Shalyov A. S.</i> National Identity in Teaching English as a Foreign Language	310
<i>Bezzadina S.O., Shalyov A. S.</i> The Use of Virtual Reality and Interactive Information Technologies to Enhance the Quality of Foreign Language Education for Maritime Engineering Cadets	313

ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ МОРСЬКОГО ТА РІЧНОГО ФЛОТУ

УДК 629.127.4.077.2:551.46

Голіков В.А., Данілов К.С., Сінюта К.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз методів вирішення завдань руху твердих тіл на межі «газ-рідина»

Постановка проблеми у загальному вигляді. У завданнях управління судном виникає необхідність вибору швидкості руху судна із запасом потужності судової енергетичної установки для гарантованого здійснення маневрів.

Надводне судно рухається, здійснюючи складні маневри, по межі середовищ «вода – повітря». Раніше в [1] шляхом апроксимації експериментальних даних методом найменших квадратів були отримані емпіричні залежності, що визначають теплофізичні властивості середовищ.

Разом з тим у монографії [2] відзначаються деякі аномальні властивості морської води, такі як: термоклин; стратифікація; звуковий канал; хвилі, які при штормі і вітрі середньої сили періодичних змінна прямі в вітру мають 3-мірний характер, тобто, представляють не рухомі хвилі, а рухомі холми – переміщуються не хвилі, а їх профіль: зиб-вітрове хвилювання регулярного характеру; хитація – рух судна на схвильованій поверхні, що складається з плоских прогресивних хвиль малої амплітуди. За характером вітрового хвилювання хвилі досягають висоти $h \in [0; 20\text{м}]$ довжини $\lambda \in [0; 900\text{м}]$ з періодом $T \in [0; 10\text{с}]$. Типове океанське хвилювання характеризується такими параметрами: $h \in [4; 5\text{м}]$, $\lambda \in [90; 100\text{м}]$, $T \in [7; 9\text{с}]$. Ці характеристики мають аналітичний опис:

$$h = 0,17\lambda^{0,75}; h_r = r_0 \exp(-2\pi y/\lambda),$$

де r_0 – радіус кругових орбіт, тобто описуються частинками рідини, що становлять вільну поверхню; y – глибина занурення центру орбітального руху частинки під поверхнею рідини. Причому, на глибині $y_1 = 0,5; h_r = 0,043h$.

Качка на регулярному хвилюванні досліджується за допомогою спектрального підходу, представляючи хвилювання як складний процес впливу великої кількості простих хвиль. У довіднику [3] енергетичний спектр морського хвилювання представлений у наступному вигляді:

$$S(w) = Aw^{-k} \exp(-bw^{-n}), (1)$$

де w – частота хвилювання, A, B, k, n – параметри емпіричної залежності, що визначаються умовами хвилювання за методом найменших квадратів.

Крім того, зв'язок між характеристиками качки судна та хвилювання встановлюється за допомогою теореми А.Я. Хінчина - $S_{\text{вих}}(\omega) = |\Phi|^2 S_{\text{вх}}(\omega)$, де $S_{\text{вих}}$ — спектральна площа хвилювання і качки судна; Φ – передавальна функція лінійної коливальної системи.

Метою цього дослідження став пошук змістовних і математичних моделей рухомих на поверхні рідини тіл, які описують взаємодію гідродинамічних сил з твердим тілом при його русі з урахуванням сил інерції.

Дозавдань дослідження входить аналіз методів розв'язання задач гідропружності щодо розвитку теоретичних підходів до управління судном в період маневрів.

Рішення. В основу методів вивчення, опису та дослідження процесів руху твердих тіл у рідкому середовищі покладено фізичний підхід, в основному закони гідромеханіки. Спочатку вивчаються властивості рідини, потім її взаємодії з твердим тілом. Надалі опис руху тіл, що не встановилися, в рідині здійснюється диференціальними рівняннями, заснованими на обліку впливу газу (вітру) і рідини як системи зовнішніх сил, що впливають на тіло.

Рідина та газ розглядаються у вигляді суцільного деформованого середовища, а сили, що діють на їх елементарні обсяги, поділяють на масові (сили тяжіння, сили інерції) та поверхневі, прикладені до поверхонь обсягів, пропорційні площам поверхонь.

Вектор поверхневих сил, як правило, розкладається на нормальну складову – гідроаеродинамічний тиск і дотичну складову – сили тертя (або в'язкості).

Рівняння руху ідеального середовища (рідини чи газу) описується рівняннями Ейлера, яке відрізняє відсутність в'язкості і, природно, нехтує вплив сил внутрішнього тертя серед.

У розрахунках нестационарних рухів тіл у рідині використовують приєднані до тіла маси шляхом додавання інерційних коефіцієнтів, які залежать від щільності рідини та форми поверхні тіла (судна).

Рух в'язкого середовища описується системою рівнянь Нав'є-Стокса, інтегрування яких дається лише окремих випадках. З таблиць 5 (с.48) та 6 (с.49) [1] видно, що з підвищенням температури в'язкість рідини падає, а газу зростає.

У процесах динамічної і термічної взаємодії потоку реальної рідини або газу з твердим тілом основну роль грає прикордонний шар.

Ідеї Л. Прандтля про суттєвий вплив в'язкості рідини тільки в незначному в порівнянні з розмірами потоку прикордонного шару, щоб безпосередньо прилягає до обтічного тіла, дозволили О. Рейнольдсу описати ламінарну турбулентну формулу руху середовищ і пов'язаний з ними опір тіл руху середовища та навпаки.

Головний вектор і головний момент гідроаеродинамічних сил представляють у вигляді [4] $P = \bar{P}_1 + \bar{P}_2, M = \bar{M}_1 + \bar{M}_2$ де $\bar{P}_1, \bar{M}_1$ – головний вектор

і момент гідроаеродинамічної сили; $\overline{P_2}$, $\overline{M_2}$ – головний вектор і момент хвильових та в'язкісних гідроаеродинамічних сил.

Інерційні гідроаеродинамічні сили, що діють на тіло, яке рухається в рідині, виражаються через приєднані маси та моменти інерції, а кінетичну енергію системи «тіло – рідина» представляють у вигляді (для пов'язаної системи координат):

$$W_T = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^6 (m_{ij} + \lambda_{ij}) V_i V_j, (2)$$

де m_{ij} – відповідні інерційні характеристики твердого тіла (маса, статичні та відцентрові моменти, моменти інерції); λ_{ij} – відповідні інерційні властивості води (приєднаної маси).

З виразу (2) випливає, що інерційні характеристики рідини мають розмірність відповідних характеристик твердого тіла:

маси - $\lambda_{11}, \lambda_{22}, \lambda_{33}, \lambda_{12}, \lambda_{13}, \lambda_{23}$;

статичного моменту - $\lambda_{14}, \lambda_{15}, \lambda_{16}, \lambda_{24}, \lambda_{25}, \lambda_{26}, \lambda_{34}, \lambda_{35}, \lambda_{36}$;

моментів інерції - $\lambda_{44}, \lambda_{55}, \lambda_{66}, \lambda_{45}, \lambda_{46}, \lambda_{56}$.

У загальному випадку для тіла існує 21 параметр λ_{ij} , що визначає інерційні характеристики його руху на рідині, оскільки λ_{ij} має властивість симетрії ($\lambda_{ij} = \lambda_{ji}$). Зі збільшенням числа вісей, симетрії, які приймаються за вісі пов'язаної системи координат, кількість таких параметрів суттєво зменшується.

Якщо тіло має площину симетрії xOz , кількість параметрів $\lambda_{11}, \lambda_{13}, \lambda_{15}, \lambda_{22}, \lambda_{24}, \lambda_{26}, \lambda_{33}, \lambda_{35}, \lambda_{44}, \lambda_{46}, \lambda_{55}, \lambda_{66}$ зменшується до 12, а при наявності трьох вісей симетрії $\lambda_{ij} = 0$, якщо $i \neq j$. Тому вплив рідини враховується шістьма параметрами $\lambda_{11}, \lambda_{22}, \lambda_{33}, \lambda_{44}, \lambda_{55}, \lambda_{66}$. Приєднані маси визначають шляхом розв'язання задач про рух тіл в ідеальній рідині.

Для просторового обтічника вони теоретично визначені тільки для симетричних тіл, представлених у вигляді тривісних еліпсоїдів, пластин та дисків [2].

Приєднані маси тіл, що рухаються поблизу устінок (судно біля причалу) істотно відрізняються від теоретично для нескінченної рідини [3] і залежать від напрямку руху до стінки

Приєднані маси тіл при їх коливаннях можуть суттєво відрізнятися від знайдених із рівнянь поступального руху в рідині. Наближена емпірична залежність для приєднаних мас при вертикальному коливальному русі:

$$\lambda_{(y,w)} = \lambda_{\infty} \left\{ \frac{\alpha \lambda [2 - 10(w^2 \sqrt{S_T} / g \exp(-y/\sqrt{S_T}))]}{1 + 20(w^2 \sqrt{S_T})^2 / g + (w^2 \sqrt{S_T})^4 / g} \right\}. \quad (3)$$

де y – глибина центру тяжкості тіла; S_T – характерна площа; w – частота коливань тіла; λ_{∞} – приєднана маса під час руху тіла в безмежній рідині, а λ – фактор форми тіла вираз $\alpha \lambda \in [0,75; 1,25]$.

Висновки. При виборі швидкості руху судна у відкритих акваторіях доцільно використовувати завдання стійкості судна на курсі за допомогою математичних моделей, що описують рух тіла в ідеальній рідині. При розрахунках швидкості маневрування судна в обмежених умовах завдання керуваності судна при маневруванні доцільно використовувати математичні моделі руху тіл у в'язкому середовищі із запасом енергії СЕУ на змін траєкторії руху.

СПИСОК ВИКАРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Голіков В.В. Визначення характеристик природних мікрокліматичних факторів у завданні управління судном // Судноводіння: зб. наук. праць/ОДМА. - Вип.1. - Одеса: Латстар. 1999.-С. 42-54.
2. Динаміка підводних систем, що буксируються / Піддубний В.І., Шамарін, Ю.Є., Черненко Д.А., Астахов Л.С. - СПб: Суднобудування, 1995. – 200 с.
3. Суднові пристрої: довідник/ Під ред. М.М. Олександрова. - Л.: Суднобудування, 1987. - 565с.

Голіков В. А., Онищенко О. А.
Національний університет «Одеська морська академія»

Формалізація у представленні і проведенні наукових досліджень

Виклики сучасності потребують вирішення проблемних, наукових, завдань з метою підвищення економічності, екологічності і безпеки функціонування всієї морської галузі, її інфраструктури. Ці завдання різноманітні і, що найчастіше, суперечливі. Загальна методологія наукових досліджень має апарат представлення будь-якого наукового дослідження (НДР, дисертації, статті, монографії тощо) [1-6]. При цьому, використання такого апарату вказує і на загальний принцип проведення самого наукового дослідження, показує найкращі напрями його оптимізації (за критеріями якості наукового дослідження, часу, витрат), оптимізації всіх його окремих етапів. Загальне завдання науки – виробіток нових наукових знань, тобто виробіток нового наукового результату. Але у принципі науки входить і доказ отриманих (вперше, або удосконалених, або розвинених) наукових результатів.

Саме це ефективно вирішується за рахунок використання принципів формалізації [2-5], які синергетично поєднуються, як з представленням, так і з проведенням наукового дослідження. Слід відзначити, що формалізація суттєво обмежує можливі хибні, або не спрямовані на вирішення наукової проблеми чи наукової задачі, кроки, спрощує отримання кінцевого продукту - наукового результату.

Взагалі, формалізацією є переведення лінгвістичної природної мови та інтуїтивних висловлювань у змістовну інформацію - у вигляді доказів, процедур класифікації тощо, у вигляді формальної системи (наприклад, формальної логіки - науки о правилах перетворення висловлювань із збереженням істини, а також конструювання цих правил, яку Аристотель назвав «аналітикою»). Безумовно, будь-яка формалізація ігнорує частину інформації і, як наслідок, зменшує змістовний опис і уявлення про процес, про явище або про об'єкт дослідження («Як зрозуміти тебе? Чи зрозумію, чим ти живеш? Думка промовлена – брехня», SILENTIUM!, Ф. Тютчев).

Майстерність дослідника, безумовно, залежить від його особистості, креативності, від об'єктивних умов його творчості, але використання принципів формалізації надає йому ефективний інструмент для виробітку і представлення доказів отриманої у дослідженні наукової новизни.

Науково-обґрунтований доказом є доведення істинності сформульованої (на основі формальних вимог!) гіпотези, припущення, концепції, ствердження або навіть теорії, яке робиться на основі використання правил логіки, використання беззаперечних фактів, експериментального матеріалу. «Доказ» є ключове у теорії пізнання, у теорії методології науки, є головним у епістемології (від др.-грецьк. ἐπιστήμη «наукове знання, наука», «достовірність» - філософсько-методологічна дисципліна (синонім гносеології), яка досліджує «знання», його побудову, структуру, функціонування і розвиток).

Наприклад, постійно використовують «доказ» у повсякденному житті, у побутовому мовленні, доводячи особисту позицію, точку зору або особисте рішення. Тобто поняття «доказ» має більш суттєві дотеоретичні засади, ніж інші ключові елементи побутової ситуації. Але побутові докази у науці не сприймаються, як і жаргон (сленг), і неоднозначність, і будь-яка нечіткість побудови формальної, не заснованої на логіці, сторони наведення доказу.

Створення логіки спеціальної, наукової, мови, поряд з існуючою природною мовою, є особливим процесом. Цей процес передбачає те, що створена штучна знакова система (наприклад, мова програмування промислових контролерів), є засобом фіксації логічної структури думки. Одночасно, ця мова є засобом дослідження логічних властивостей та відносин думки. Тобто штучна мова логіки одночасно є її методом. З легкої руки німецького філософа Еммануїла Канта логіці приписали прикметник «формальна», тому логіку почали називати формальною, а її метод – формалізацією.

Є кілька основних типів доказів. Але всі типи доказів пов'язані, з його методом, структурою побудови доказу, і з допустимими джерелами отриманих (визначених) фактів.

Суворий доказ застосовується, коли тезу можна підтвердити певним набором положень, аргументів або підстав, які безумовно визнаються істинними. При використанні суворого методу доказу (дедукція), який підтверджується логічним ланцюгом, доказ природно впливає з набору істинних положень як результируючий висновок.

Зворотний (інтуїтивний) доказ, застосовується, якщо суворий доказ є неможливим. У підставах зворотного доказу наводяться лише деякі факти, які випливають з головної тези як окремі, часткові, випадки.

Непрямий доказ застосовується як метод, коли йдеться лише про принципову вірність або хибність тези, а не про відсутність однозначного обрання між протилежними тезами. У непрямому доказі доводиться щось протилежне висловленій тезі або, щось спростовується щось, що далі використовується основою для доказу. Протилежністю доказу є спростування. Зазвичай, воно будується на фактах чи аргументах. Тут твердження чи теза може бути виведено чи доведено.

Помилки у доказах також бувають різні, наприклад, такі, що:

- відбуваються із неясності, розпливчастості, наукоподібності (академічної недоброчесності) тієї тези, яка має бути науково доведена;

- побудовані з невірності, хибності чи ненадійності наведених (чи навіть не наведених аргументів);

- пов'язані з неправильністю у порядку чи логіці виведення доказу.

Методологія наукових досліджень, у тому числі - у транспортній галузі, заснована на загальних принципах методології – вчення про методи, способи і стратегії дослідження предмета (від грецьк. *μεθοδολογία* - вчення про способи) дослідження. Таким чином, технологія наукових досліджень є сукупністю формалізованих знань про технологію процесів та системні методи виконання наукових досліджень. Загалом, процес наукового прикладного дос-

лідження включає визначення і формалізацію проблемної ситуації (яку зараз, на існуючому рівні розвитку науки, неможливо вирішити без додаткових досліджень), формалізацію проблеми, інформаційний пошук можливих ідей і рішень, які дозволять сформулювати (формалізувати) подальші напрямки вирішення проблеми, визначення найбільш вірогідних рішень проблеми (у вигляді основних та допоміжних завдань дослідження), формалізація і проведення оригінальних досліджень, які включають розробку математичних моделей, ідентифікацію параметрів і структури моделей, верифікацію за допомогою експерименту, формалізацію (доведення!) отриманих наукових результатів і їх впровадження.

Наприклад, графічне зображення такого, або близько до описаного, процесу, називається технологічною картою наукового дослідження. Якщо уважно придивитися до структур, які використовуються у побудові технологічних карт, то можна визначити, що загальна технологія побудови процедури (логіці, оптимізації) дослідження обраного об'єкта має формалізоване представлення: а) розкриття властивостей об'єкта, які піддаються вивченню безпосередньо без дії з боку дослідника (споглядання, спостереження, аналіз відомих рішень і джерел); б) цілеспрямоване проникнення у приховані сфери (характеристика, параметри, властивості) об'єкта; в) уявна декомпозиція об'єкта на складові частини – з метою створення умов та спрощення більш складної пізнавальної діяльності з подальшим емпіричним відновленням об'єкта за допомогою синтезу.

Відмінною особливістю побудови формалізованої, гіпотетичної моделі (технологічної карти) проведення наукових досліджень є складність визначеної наукової проблеми та, відповідно, кількість розроблюваних головних та допоміжних завдань, зі збільшенням яких відбувається глобалізація наукової проблеми та, відповідно, якісно змінюється рівень складності наукового дослідження, і безумовно, формалізації етапів.

Наведемо приклад використання формалізації представлення отриманих наукових результатів (див. табл. 1) [3-5].

Як відомо, формулювання наукового результату є складною процедурою, яка може бути суперечливою. При формулюванні наукової новизни та наукових положень повинна бути виключена декларативна складова формулювань, повинні бути відображені у науковій новизні відмінності від відомих рішень і позитивний (прикладний, теоретичний) результат.

Але якісне представлення наукових результатів, їх опис, вірний з формальних вимог та вірних позицій, гарантує не тільки ясність і маркетинг отриманих переваг нових наукових результатів, а і можливість їх подальшого розвинення, отримання нових грантів, фінансування, публікацій у авторитетних журналах ("Працюй. Завершив - публікуй", Майкл Фарадей), визнання пріоритету, підвищення особистого рейтингу, та рейтингу наукової організації, колективу вчених.

Таблиця 1 – Алгоритм формулювання наукової новизни дослідження [3]

Формалізація структурних елементів формулювання					
1	2	3	4	5	6
Уперше...	Отримано...	Залежність...	Відрізня-	Що дозво-	Скорочений
Отримало	Обґрунтова-	Взаємозв'я-	ється	ляє ...	опис (пред-
подальший	но...	зок...	тим ...	Що відо-	ставлення)
розвиток...	Створено...	Вираз...	Що скла-	бражає ...	позитивного
Удосконале-	Синтезовано...	Формула...	дається у	Що забез-	ефекту
но...	Проведено	Ефект...	тому	печує ...	
.....	аналіз...	Принцип...	Що міс-		
	Запропонова-	Метод...	тить ...		
	но...		Що урахо-		
	Сформульова-		вує ...		
	но...		За раху-		
			нок		

Саме представлена у табл. 1 технологія побудови формулювань наукової новизни забезпечує їх однозначність і вірність опису. Таким чином, можна показати, що у науково-технічних і прикладних дослідженнях морської транспортної галузі ефективними є використання формальних прийомів у процесі їх організації, проведення і представлення науковій спільноті. Так, структурне уявлення мети і допоміжних наукових завдань є ефективним засобом скорочення строків виконання дослідження та матеріально-технічної оптимізації всього плану наукової праці. При цьому обґрунтування актуальності і практичної значущості перевіряється за допомогою логіки побудови (технології проведення) імітаційного і фізичного експерименту [4-7].

Створення загальної структури наукового дослідження (загальної технологічної карти та карт окремих етапів) дозволяє ефективно декомпонувати дослідження на "головні" і "допоміжні" наукові завдання, представляти загальну оцінку і верифікацію отриманих наукових результатів, узагальнювати і узгоджувати результати дослідження і висновки. Наприклад, як це наведено для побудови формулювання наукової новизни дослідження.

Слід відзначити, що використання загальних принципів технологій у методології наукових досліджень будь-якого типу (дисертації, науково-дослідні і дослідно-конструкторські роботи, публікації у фахових журналах тощо), використання прийомів формалізації практично перевірено і апробовано у Національному університеті "Одеська морська академія" і профільних морських закладах вищої освіти України авторами. Слід відзначити, що подальшим розвитком використання сучасних технологій у процесі наукових досліджень є уточнення окремих структурних елементів технологічних карт, прийомів формалізації структурних елементів дослідження, що забезпечить гарантоване досягнення наукового результату.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Technology. Encyclopædia Britannica: Encyclopædia Britannica Inc., 2016. <https://www.britannica.com/technology/technology>

2. Розвиток сучасної теорії і практики технічної експлуатації морського і річкового флоту: концепції, методи, технології. Монографія / Букарос А. Ю., Волянська Я. Б., Голіков В. В. і інш. За наук. ред. В. А. Голікова та О. А. Онищенко. Миколаїв: Іліон, 2022. – 396 с.

DOI: 10.6084/m9.figshare.20279652. ISBN 978-617-534-687-7.

3. Голіков В. А., Голіков В. В., Онищенко О. А. Використання технологій методології науки у дослідженнях морського та внутрішнього водного транспорту. Водний транспорт, 2022, 1(35). – С. 5-14.

doi.org/10.33298/2226-8553.2022.1.35.01

4. Головань В. Г., Кравчук О. І., Маслій О. М., Онищенко О. А. Методологія та організація наукових досліджень. – Одеса: Військова академія (м. Одеса), 2015. – 389 с.

5. Голіков В. А., Козьмініх М. А., Онищенко О. А. Методологія наукових досліджень. – Одеса: ОНМА, 2014. – 163 с.

6. Кринецкий И. И. Основы научных исследований: учеб. пособие / И. И. Кринецкий. – Київ; Одеса: Вища школа, 1981. – 207 с.

7. Голіков В. А., Онищенко О. А. Сучасні методи експериментальних досліджень і обробки даних: навчальний посібник (спец. 271 – Річковий та морський транспорт). – НУ "ОМА", 2018. – 130 с., електронне видання

Голіков В.А., Голіков В.В., Данілов К.С., Сінюта К.О.
Національний університет «Одеська морська академія»

Верифікація деяких показників енергетичної ефективності роботи контейнеровоза класу DNV-GL (13800 TEU) на лінії «шовкового шляху»

Актуальність дослідження пов'язана з тим, що за даними інформаційно-розважального журналу «Морський» [1] світовий парк контейнерів у 2021 році збільшився на 7,2 млн. TEU (14%) до 50,5 млн. TEU. Разом з тим, зростання попиту на контейнерні перевезення водним транспортом обумовлено різким зниженням продуктивності та сповільненням обороту контейнерів. Як наслідок, строк обертання контейнерів у 2021 році в середньому збільшився на 30% з причин затримання суден у порту, перебоїв на земних кордонах і роботі морських ліній.

Запит практики пов'язаний з підвищенням попиту (майже 100%) на навігаційну та експлуатаційну ефективність роботи контейнеровоза на найбільш напруженій міжконтинентальній міжнародній лінії «шовковий шлях» в різноманітному оперативному просторі (відкриті моря й океани; вузкості та замкнуті простори; тощо) з різноспрямованою схемою руху та маршрутизацією погоди.

Об'єктом дослідження став контейнеровоз для перевезення 13850 TEU (Пост-Пана-Макс).

Предметом дослідження – параметри руху судна: коефіцієнти корисної дії (ККД) та ефективності роботи.

Мета дослідження – задоволення попиту населення у товарному споживанні шляхом розширення та удосконалення судових транспортних мереж.

Робоча гіпотеза дослідження полягала у встановленні достовірності між експериментом, обробкою його даних, передачею даних та їх сприйнятті, що забезпечує відсутність похибок в процесі верифікації.

Головне завдання дослідження полягало у плануванні та здійсненні багатofакторного експерименту з використанням е-навігації та гідро-пропульсивного комплексу судна, результати роботи якого були відображенні у навігаційних та машинних журналах на протязі 3-х місяців.

Допоміжні завдання дослідження представлені:

- програмою проведення експерименту;
- активним експериментом;
- обробкою результатів іспитів графічним, табличним та аналітичним способами;
- зрівнянням паспортних характеристик судна з експлуатаційними;
- визначенням експлуатаційних характеристик судна;
- встановленням показників ефективності роботи судна;
- перевірка остійності судна під впливом хвилювання.

По завершенні досліджень планувалася розробка рекомендацій по ефективному та безпечному плаванню судна по лінії «шовкового шляху».

Виклад основного матеріалу. Рейсові дослідження виконувалися в зимовий період на протязі 5-ти місяців з листопада 2021 р. по березень 2022 р. в наступних умовах:

параметри зовнішнього середовища:

- сила вітру від 2-х до 8-ми балів;
- сила хвилювання: від 1-го до 6-ти балів;
- напрямок хвилюванн: від NNN до SSS;
- хмарність: від 1 до 5 миль;
- напрямок вітру: від NNN до SSS;
- видимості: від 2-х до 10 миль;
- течія: від 0,1 до 3,6 вузлів;
- часовий пояс: від 3-го до 8-го;

параметри шляху:

- інтервал обсервації: 4-и години;
- курс: дійсний, гіро, магнітний;
- координати точок: широта, довгота;

параметри судна «THALASSA HELLAS»:

– маневрування в порту (на тихій воді) при ході «ВПЕРЕД»: CMX (частота обертів 27 хв-1, швидкість 6.99 вузлів), MX (частота обертів 35 хв-1, швидкість 10,06 вузлів), CX (частота обертів 48 хв-1, швидкість 14,63 вузлів), PX (частота обертів 60 хв-1, швидкість 17,79 вузлів);

– експлуатаційні: (оберти 76,7 хв-1, потужність двигуна 45262 кВт);
– максимальні: (оберти 81,0 хв-1, потужність двигуна 53250 кВт);
– обмежувальні: критичні оберти двигуна від 38 до 42 хв-1, швидкісна константа дорівнює 0,29041 вузли, граничний коефіцієнт ефективності при повному завантаженні складає 0,671;

габарити судна:

– довжина: максимальна 368,47 м, вздовж вартажної марки 355,07 м,
– ширина: по мідель-штангоуту 51,0 м,
– осадка: в грузу по літню вантажну марку 15,8 м, в баласті (ніс 5,2 м, корма 10 м),

– висота судна: реєстрова 25,63 м, по мідель-шпангоуту 29,85 м.

Всього за рейс здійснено 158 експериментів та 3792 виміри.

Результати обробки експериментальних даних та спостереження за станом судна.

Зрівняння паспортних характеристик судна з експлуатаційними даними показали, що експлуатаційна швидкісна константа склала 0,3 вузли та вище за паспортну на 3,2%, а коефіцієнт вартажної ефективності коливався від 0,61 до 0,669, тобто від 0,4% до 9%. Співвідношення обсервованої швидкості до машинної в залежності від обертів коливалось від 0,75 до 0,99 і мало значний допустимий розкид до 20%.

Спостереження за хитавицею судна показало, що судно «заливає» в баласті і вантажі не залежно від напрямку вітру та хвиль. Але при зустрічному

хвилюванні, коли висота хвилі підіймається вище за 3-и метри, спостерігається невелика кильова хитавиця.

Ефективність роботи судна під час верифікації склала: середня географічна – 65%, навігаційна – 67% та пропульсивна 61%.

Висновки. Верифікація показала, що:

- ефективність роботи контейнеровоза визначається складністю берегової лінії, рельєфом дна (ізобатами) та дальністю доставки контейнерів;
- інтенсивна обсервація шляху з застосуванням е-навігації дозволяє контролювати маршрут судна майже з 1...5% похибками;
- гідропропульсивні характеристики забезпечують його практично необмежену надійність і працездатність;
- у подальшому доцільно розробити загально осяжну методику проведення виробничих іспитів для інших типів суден.

СПИСОК ВИКАРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Інформаційно-розважальний журнал «Морський» «Що відбувається коли контейнери губляться в морі» – Випуск 126 с. 24-27 – Одеса, 2022.

Аналіз ймовірних методів оцінки якості днопоглиблювальних робіт на підходах до річкових портів

Актуальність дослідження. Днопоглиблення залишається невід’ємною частиною акваторії підхідних каналів, річкових та морських портів в дельтах річок. Ці роботи супроводжуються багатократними замірами глибин по площині та об’єму [1]. Вказані фігури у вигляді багатокутників та фігур розбивають на відповідні інтервали таким чином, щоб різниця між найбільшими та найменшими розмірами в межах одного інтервалу були декілька більше ціни поділки шкали вимірювального пристрою. Цим компенсуються похибки виміру.

Запит практики полягає в том, щоб задовольнити умови технічного завдання шляхом активного протистояння природним збуренням та навантаженням, просторового орієнтування днопоглиблювального судна технічними засобами судноводіння за програмою алгоритму.

Об’єкт дослідження представляє земснаряд каравану, якому притаманні усі атрибути транспортного судна.

Предмет дослідження представляють технологічні процеси днопоглиблення.

Мета дослідження – розширення суднових транспортних мереж.

Робоча гіпотеза дослідження полягає у досягненні синхронізму між розмірами судна і швидкістю його ходи.

Головне завдання дослідження полягає в виборі ймовірностної оцінки якості синхронізму в роботі земснаряду.

Для вирішення головного завдання розглядались допоміжні завдання, пов’язані з:

- процедурою вимірювання глибин;
- маршрутизацією погоди;
- якості засобів вимірювання та технічних засобів судноводіння;
- схемою руху;
- маневреними здібностями суден каравану;
- управлінням суден;
- формою подання моделі роботи суден.

Виклад основного матеріалу. Днопоглиблювальні роботи виконувались згідно технічного завдання на проведення експлуатаційного поглиблення в акваторії морського порту Ізмаїл з дозволу природоохоронних органів та попереднім обсягом днопоглиблення (до 153000 м³) зі швидкістю не більше 8 км/год при русі вверх і не більше 12 км/год при русі вниз по р. Дунай відносно берега.

Всі перестановки днопоглиблювального обладнання, включаючи перекидання якорів, а також, маршрути руху ґрунтовідвізних узгоджувались відповідним чином.

Попередні, проміжні та контрольні проміри глибин ділянок днопоглиблення проводились із застосуванням ехолоту Echotrac CV100 та GNSS прибору Trimble SPS 461. Промір глибин виконано згідно НД 31.7.002.-2005. Профілі розташовувалися через 10 метрів, глибини на профілях – через 5 метрів. В окремих вимірах застосований ехолот Echotrac E20 та обладнання фірми «NOVATEL». Система координат WG8-84, проекція UTM.

Висновки. Результати автоматичної обробки більш 1000 експериментів і 10000 вимірів з днопоглиблення показали складність процесу аналізу та оцінки днопоглиблювальних робіт, які на сучасному рівні з використанням е-навігації за спеціальними програмами заснованими на законах нормального розподілення (Гауса), закону Симсона, закону рівної ймовірності нівелює на 5-10% нерівномірність ґрунту та до 30% скорочує термін виконання днопоглиблювальних робіт.

СПИСОК ВИКАРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Port Technology article "Improving efficiency in dredging operations"

Нікольський В.В., Слободянюк М.В., Черемісін В.І., Нікольський М.В.
Національний університет «Одеська морська академія»

Формування й оцінка характеристик статистичних моделей паливоподачі суднового середньообертового дизеля

Дослідження які розглянуто у роботах [1, 2], вказують що судові середньообертові дизельні двигуни піддаються впливу коливального навантаження технологічного та природного походження. Дослідження впливу коливань на окремі вузли й системи дизеля, у тому числі на паливну систему представляється актуальним під час проведення аналітичної оцінки моделі процесу паливоподачі [3-8].

Моделювання робочих процесів паливної системи суднового дизельного двигуна дозволяє визначити взаємозв'язок параметрів паливоподачі з режимними й регульовальними налаштуваннями. Це в подальшому дослідженні дозволить формувати рекомендації в області прогнозування процесу паливоподачі, керованість витрати палива та оптимальність експлуатаційних режимів у цілому.

Сучасні судові середньообертові дизельні пропульсивні установки обладнані різними паливними системами високого тиску, які потребують обґрунтованих налаштованих параметрів.

Метою доповіді є оцінка характеристик статистичних моделей паливоподачі суднового середньообертового дизеля.

Традиційно, характеристики систем паливоподачі дизелів надаються у графічному вигляді та формі аналітичних моделей, складаються у статистичній обробці експериментальних даних, з оформленням результатів у вигляді регресійних залежностей. У даній роботі наведено саме такий підхід, який здійснений під час обробки результатів вимірювання параметрів паливоподачі суднового середньообертового дизеля, а дані отримані у ході безмоторних динамічних стендових випробувань. Умови експериментального дослідження відповідають навантажувальній [9] і швидкісній [10] характеристикам.

Експериментальне дослідження гідродинамічних показників на навантажувальній та швидкісній характеристиках отримані під час випробувань паливної системи високого тиску дизеля 6ЧН25/34 на експериментальному стенді. Обладнання та технічні можливості стенда розглянуто в роботі [11].

Під час випробувань вимірювальною системою стенда фіксувалися наступні показники: тиск палива в штуцері паливного насоса p_n , на вході у форсунку $p_{ф.вх}$, та у каналі форсунки $p_{ф.к}$; хід голки розпилювача у форсунці z ; частота обертання розподільного валу n_p ; кут повороту розподільного валу φ ; час t ; переміщення рейки паливного насосу високого тиску (ПНВТ) m_p ; сила затягування голки форсунки складала 70 бар. Циклограмою вихідних даних задавався рух рейки ПНВТ.

У даній методиці дослідження проводився статистичний аналіз на навантажувальній та швидкісній характеристиках.

Статистичний аналіз гідродинамічних показників на навантажувальній характеристиці виконаний за експериментальними даними, представленими у роботі [9].

Отримані експериментальні дані, в умовах динамічних випробувань під час фіксованого положенні приладів керування показали, що коливання навантаження викликані переміщенням рейки ПНВТ, були пов'язані зі зміною частоти обертання розподільного валу. Граничні зміни частоти обертання n_p склали $233 \div 255$ об/хв, що відповідає 9% або $\pm 4,5\%$ від середнього значення.

Оцінку статистичної значимості зміни n_p у отриманому діапазоні проведено шляхом аналізу спільного впливу положення рейки m_p і n_p на величину кута упорскування $\varphi_{вп}$. Використовуючи програмне забезпечення пакету STATISTICA отримано двофакторне регресійне лінійне рівняння щодо факторів $\varphi_{вп} = 7,4168 + 0,49322m_p + 0,0050825n_p$.

Для оцінки значимості частоти обертання був визначений рівень значимості p і критерій Ст'юдента t .

Величина $p = 0,597$ не задовольняє, при заданому $p = 0,05$, а виконується за табличними умовами $t = \sqrt{F} = \sqrt{0,2823} = 0,531 \ll t_{табл} = 12,7$.

Що дозволяє стверджувати що вплив коливання n_p на $\varphi_{вп}$ незначний, тому подальший аналіз слід проводити для одного фактору навантажувальної характеристики – положення рейки ПНВТ m_p .

Аналогічні результати отримані й для інших параметрів паливоподачі, а саме тиску в паливному каналі форсунки ($p_{ф.к.}$) і тиску палива в штуцері паливного насоса (p_n).

Дослідження статистичних параметрів впливу взаємозв'язку характеристик упорскування палива при роботі системи паливоподачі показали нелінійну залежність (p_n , $p_{ф.к.}$) від m_p , що стало підставою для побудови однофакторної моделі другого порядку у формі регресійного рівняння $p_n = f(m_p, m_p^2)$, $p_n = 12,454 + 30,272m_p - 0,47403m_p^2$.

Формування й аналіз моделі $p_{ф.к.} = f(m_p, m_p^2)$ виконаний за аналогічною методикою. Модель однофакторного регресійного рівняння другого порядку має вигляд: $p_{ф.к.} = 124,69 + 24,354m_p - 0,4326m_p^2$.

Формування й аналіз моделі $\varphi_{вп} = f(m_p)$ виявилося достатнім однофакторного лінійного рівняння першого порядку $\varphi_{вп} = 8,6895 + 0,48992m_p$.

Усі статистики, що характеризують значимість вище наведених рівнянь та їх коефіцієнти, задовольняють критичним значенням F – критерію й t – статистики. Отже, моделі кута упорскування й тиску палива у форсунці є значущі.

Статистичний аналіз гідродинамічних показників на швидкісній характеристиці виконаний за експериментальними даними, представленими у роботі [13].

Аналіз статистичних моделей для швидкісної характеристики представлений залежностями: $\varphi_{\text{вп}}=f(n_p)$; $p_n=f(n_p)$; $p_{\text{ф.к}}=f(n_p)$. Сформовані моделі рівняння простої регресії першого порядку: $\varphi_{\text{вп}}=5,84418+0,050926n_p$; $p_n=-25,853+2,2756n_p$; $p_{\text{ф.к}}=-40,332+2,1818n_p$, статистично значимі (за критерієм Фішера).

Висновки

Таким чином, за результатами виконаних експериментальних досліджень були отримані математичні моделі процесів подачі палива високого тиску середньообертового дизельного двигуна, які мають статистичну значимість та використовуються для оцінки швидкісної та навантажувальної характеристик суднового середньообертового дизеля.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Патрахальцев Н.Н. Вплив перехідних процесів у паливній апаратурі дизеля на його динамічні якості. *Вісник РУДН*. 2003. №1. С. 15–18.
2. Овчаренко С.М. Вплив перехідних процесів на витрату палива дизелем в експлуатації. *Вісник вузів*. 2012. №1(9). С. 27–32.
3. Щегло В.А. Функціональне діагностування паливної апаратури у перспективній системі гнучкого ремонтно-обслуговуючого впливу. *Вісник науки та освіти*. 2016. № 4. С. 1–7.
4. Блинов П.Н., Блинов А.П. Застосування математичної моделі процесу паливоподачі паливною апаратурою тепловозних дизелів для багатоваріантних розрахунків. *Вісник вузів*. 2014. №3(19). С. 2–7.
5. Фомин Ю.Я., Никонов Г.В., Ивановський В.Г. Паливна апаратура дизелів: довідник. *Машинобудування*. 1982. 168 с.
6. Блинов А.П., Блинов П.Н., Бернс П.А. Розробка математичної моделі спільної роботи паливної апаратури високого тиску та регулятора частоти обертання колінчастого валу дизеля. *Вісник Машинобудування*. 2017. №3(31). С. 12–22.
7. Троїцький А.В. Комп'ютерне моделювання паливоподачі в судновому середньообертовому чотирьохактному дизелі. *Морська техніка та технологія*. 2009. № 2. С. 188–191.
8. Іванченко А.А., Щенников І.А. Проблеми та досвід математичного моделювання екологічних та експлуатаційних показників суднового високооборотного дизеля М 482. *Вісник Державного університету морського та річкового флоту ім. адмірала С.О. Макарова*. 2016. №3 (37). С. 166–173.
9. Половинка Е.М., Слободянюк М.В. Характеристика навантаження системи впорскування палива суднового середньообертового дизеля в умовах динамічних випробувань. *Technology audit and production reserves*. 2018. № 6/1(44). С. 41–49.
10. Половинка Е.М., Слободянюк М.В. Швидкісні характеристики системи паливоподачі суднового середньообертового дизеля на змінних режимах. *Молодий вчений*. 2016. № 3(43). С. 735–740.

11. Сайт Державного підприємства Український інститут інтелектуальної власності (УКРПАТЕНТ), назва корисної моделі: Стенд для дослідження і регулювання паливної апаратури дизелів, номер – u201805581 [Електронний ресурс].
Режим доступу:
<http://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=255858>.

До впливу об'ємних електричних зарядів атмосферного повітря на процеси, які протікають у циліндрі дизеля

ABSTRACT

The article deals with the influence of volumetric electric charges in atmospheric air entering the cylinders of a marine diesel engine. It is shown that during precipitation, the value and sign of the electric current of precipitation change, contributing to the creation of a volumetric electric charge of atmospheric air entering the cylinders of a marine diesel engine. When atmospheric air is compressed in a diesel cylinder, a relative change in its volume occurs and molecular forces of electrical origin come into play, as a result of diesel fuel combustion occurs simultaneously in the entire cylinder volume and the emission of polluting gases into the atmosphere decreases.

Key words: volumetric electric charges, atmospheric air, marine diesel cylinder, volume change, molecular forces, gas emission into the atmosphere.

РЕФЕРАТ

У статті розглянуто вплив об'ємних електричних зарядів в атмосферному повітрі, що надходить в циліндри суднового дизеля. Показано, що при випаданні атмосферних опадів змінюються величина і знак електричного струму опадів, що сприяють створенню об'ємного електричного заряду атмосферного повітря, що надходить в циліндри суднового дизеля. При стисненні атмосферного повітря в циліндрі дизеля відбувається відносна зміна його обсягу і при цьому вступають в дію молекулярні сили, що мають електричне походження, в результаті горіння дизельного палива відбувається одночасно у всьому об'ємі циліндра і зменшується викид в атмосферу забруднюючих газів.

Ключові слова: об'ємні електричні заряди, атмосферне повітря, циліндр суднового дизеля, зміна обсягу, молекулярні сили, викид газів в атмосферу.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними задачами

Судновий поршневий двигун внутрішнього згоряння, за способом приготування і запалювання робочої суміші, є двигуном з внутрішнім сумішотворенням і самозайманням від стиснення. При цьому в циліндри двигуна надходить тільки чисте атмосферне повітря, в якому міститься об'ємний електричний заряд ρ певної величини, в залежності від метеорологічних умов (низька температура, висока відносна вологість, атмосферні опади тощо.).

До теперішнього часу не розглядався вплив об'ємних електричних зарядів атмосферного повітря, що надходить в циліндри дизеля, на процеси при його стисканні поршнем. Тому розгляд цього питання є актуальним, так

як електричні процеси в циліндрі суднового дизеля впливають на встановлення рівномірної щільності атмосферного повітря при його стисненні перед процесом запалення палива і тим самим на процес повного згоряння палива в циліндрі дизеля, що зменшує забруднення навколишнього середовища.

Аналіз останніх досягнень та публікацій, в яких розпочато розв'язання даної проблеми та висвітлювання нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми.

До теперішнього часу проведено дослідження процесів зміни складу вологого повітря в картерному просторі малообертового головного суднового двигуна [1]. Розроблена фізико-математична модель тепло- і вологообміну в картерному просторі дизеля. Створена система контролю вологості і її видалення з картерного простору малообертового головного суднового двигуна [2]. Дослідження підвищення економічних і екологічних характеристик суднового двигуна шляхом змінювання складу надувного повітря [3].

Формулювання мети статті (постановка задачі)

Метою статті є дослідження взаємозв'язку між величиною об'ємного заряду атмосферного повітря, електричним потенціалом в атмосферному повітрі, яке знаходиться в циліндрі дизеля, і міжмолекулярними силами, що мають електричну природу при деформації молекул атмосферного повітря в циліндрі дизеля.

Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Для вирішення поставленої мети встановимо зв'язок між величиною об'ємного заряду ρ і електричним потенціалом V , в атмосферному повітрі циліндра дизеля з використанням рівняння Пуассона:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\pi\rho. \quad (1)$$

Вісь Z спрямована по довжині циліндра. Будемо вважати, що $\frac{\partial^2 V}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} = 0$.

Тоді рівняння (1) можна записати в наступному вигляді:

$$\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} = -4\pi\rho. \quad (2)$$

Для визначення об'ємного електричного заряду ρ атмосферного повітря в циліндрі суднового дизеля необхідно зняти експериментальну криву $V = f(z)$ і двічі її продиференціювати. Так як маса атмосферного повітря в циліндрі суднового дизеля не змінюється, то для визначення об'ємного електричного заряду будемо використовувати наступну залежність:

$$\rho = \frac{V}{W}, \quad (3)$$

де W – маса атмосферного повітря в циліндрі суднового дизеля, г.

При випаданні атмосферних опадів змінюються величина і знак електричного струму опадів, що сприяють створенню об'ємного заряду атмосферного повітря, що надходить в циліндри дизеля. При грозових розрядах також зростає об'ємний заряд атмосферного повітря, що надходить в циліндри дизеля. Заряд ΔQ сферичної форми в атмосферному повітрі, створюваний полем грозових розрядів напруженістю ΔE , визначається з умови:

$$\Delta Q = 4\pi h R \Delta E, \quad (4)$$

де h – висота заряду від підстиляючої поверхні, м;

R – радіус заряду, м.

У циліндри дизеля надходить атмосферне повітря з певним об'ємним електричним зарядом. При стисненні атмосферного повітря в циліндрі дизеля відбувається відносне змінювання його обсягу. При цьому між молекулами діють молекулярні сили, що мають електричне походження, незважаючи на те, що молекула повітря в цілому електронейтральна. Тут електрична взаємодія виникає між зарядженими диполями з несиметрично розташованими зарядами, рівними за величиною, але протилежними за знаком. Електричний момент диполя P_e характеризується відомим співвідношенням:

$$P_e = ql, \quad (5)$$

де q – електричний заряд;

l – плече диполя.

Так як заряди диполя розташовані в різних точках об'ємного заряду, то вони взаємодіють з певною силою F , що складається з чотирьох компонентів – двох сил відштовхування між однойменними зарядами і двох сил притягання між різнойменними зарядами [1]:

$$F = \frac{(-q)(-q)}{4\pi\epsilon r^2} + \frac{(+q)(+q)}{4\pi\epsilon r^2} + \frac{(-q)(+q)}{4\pi\epsilon (r-l)^2} + \frac{(-q)(+q)}{4\pi\epsilon (r+l)^2}. \quad (6)$$

де ϵ – діелектрична проникність атмосферного повітря в циліндрі;

r – радіус заряду, м.

q – електричний заряд;

l – плече диполя;

r – відстань між центрами диполів.

Сила взаємодії між диполями буде змінюватися при змінюванні об'ємного електричного заряду в циліндрі дизеля, так як змінюються взаємна орієнтація диполів і їх електричні моменти. При стисненні атмосферного повітря в циліндрах дизеля відбувається деформація молекул об'ємного заряду. На позитивне ядро молекули атмосферного повітря діє сила відштовхування, спрямована уздовж вектору електричної напруженості об'ємного заряду ρ , а на негативно заряджену електронну хмару – сили, які мають напрям у зворотний бік. Під дією цих сил і відбувається деформація молекул атмосферного повітря в циліндрі суднового дизеля, виникає орієнтаційна поляризованість,

ступінь поляризації якої визначається як підвищенням температури в циліндрі над поршнем, так і електричної напруженістю поля. Молекулярний диполь набуває енергію, яка змінюється від мінімального значення, до максимального. Під дією крутного моменту електричних сил диполі повертаються і встановлюються в напрямку, при якому електричні моменти будуть паралельні вектору напруженості поля. В цьому напрямку обертаючі моменти всіх диполів і рівнодіюча електричних сил дорівнюють нулю і всі диполі в об'ємному заряді атмосферного повітря в циліндрі суднового дизеля будуть перебувати в стані стійкої рівноваги. Всередині металевого циліндра дизеля знаходиться об'ємний електричний заряд атмосферної електрики, який приводить в рух вільні заряди на його металевій поверхні і створює електричне поле на зовнішній поверхні циліндра суднового дизеля. Таким чином, електричне поле існує як всередині циліндра, так і зовні. Величина напруженості електричного поля всередині циліндра дизеля визначається величиною об'ємного заряду атмосферного повітря, що складається з різних газів, в тому числі і водяної пари. Так як змінюється щільність атмосферного повітря, його вологість і температура, то в об'ємному заряді змінюється і щільність диполів, а також їх здатність до поляризації. Створене в циліндрі суднового дизеля електричне поле сприяє рівномірному розподілу електричних зарядів в обсязі атмосферного повітря циліндра суднового дизеля при різних атмосферних умовах. Тому при здійсненні стиснення атмосферного повітря поршнем в циліндрі суднового дизеля, його нагрівання до заданої температури займання палива буде рівномірним, що сприяє найкращим умовам згоряння. При цьому напруженість електричного поля циліндра дизеля, зарядженого рівномірно по його поверхні визначається з умови:

$$E_{\text{ц}} = \frac{\tau R_0}{2\pi\epsilon\epsilon_0 R}, \quad (7)$$

де τ – лінійна щільність заряду, що дорівнює відношенню об'ємного електричного заряду ρ до довжини циліндра l ;

R – радіус вектор, проведений до осі циліндра в точку, де визначається $E_{\text{ц}}$;

R_0 – радіус циліндра, см;

ϵ , ϵ_0 – діелектричні проникності атмосферного повітря всередині циліндра суднового дизеля і вакууму, відповідно.

У циліндрі суднового дизеля кожен газ, що входить до складу газової суміші атмосферного повітря, має такий же тиск, який він мав би, якби знаходився в циліндрі суднового дизеля, займаючи весь обсяг газової суміші при тій же температурі, тобто парціальний тиск.

В обсязі атмосферних газів циліндра суднового дизеля знаходяться реальні гази, які беруть участь в адіабатичному процесі, а вирівнюванню термодинамічного процесу сприяє об'ємний атмосферний електричний заряд в циліндрі суднового дизеля. Так як в суміші атмосферні гази не вступають

один з одним в хімічні реакції, то тиск суміші дорівнює сумі парціальних тисків газів атмосферного повітря:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n . \quad (8)$$

Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

Таким чином, в даній статті проведено аналіз впливу об'ємних електричних зарядів атмосферного повітря на процеси, що протікають в циліндрі суднового дизеля. Подальше дослідження доцільно провести за лабораторним експериментом отримання залежності електричного потенціалу в напрямку осі Z циліндра суднового дизеля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Маковський О.Ю., Голиков В.А. Математична модель тепло та вологообміну у картерному просторі дизеля / О.Ю. Маковський, В.А. Голиков // Матеріали науково-технічної конф. молодих дослідників «Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт», 21.11.2019. – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – С.445-446.
- 2 Луговий С.П., Голиков В.А. Дослідження процесів зміни стану вологого повітря у картерному просторі малообертового головного двигуна судна / С.П. Луговий, В.А. Голиков // Матеріали науково-технічної конф. молодих дослідників «Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт», 21.11.2019. – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – С.447-448.
- 3 Захаріков В.О. Підвищення економічних та екологічних характеристик суднового двигуна шляхом зміни складу надувного повітря / В.О. Захаріков, П.П. Чернишов, А.О. Сурмило, В.П. Кардаш // Матеріали науково-технічної конф. молодих дослідників «Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт», 21.11.2019. – Одеса: НУ «ОМА», 2019. – С.242 - 249.

Вплив ультразвукової обробки палива на сірчаний знос деталей ДВЗ

При згорянні палива в циліндрі дизеля все що містяться в ньому сірчисті з'єднання утворюють двоокис SO_2 і трехокись SO_3 сірки.

Одночасно в циліндрі утворюється велика кількість водяної пари і, таким чином, в продуктах згорання з'являється система з двох конденсуються компонентів $\text{H}_2\text{O} - \text{H}_2\text{SO}_4$, яка обумовить можливість інтенсивної сірчистої корозії, яка може бути газовою або рідинною. Чутливість дизелів до сірчистої корозії залежить від теплової напруженості ЦПГ і питомої потужності. При надлишку кисню високій температурі підвищується теплова напруженість, а разом з нею інтенсивність газової корозії.

Як газова, так і рідинна сірчиста корозія є причиною наявності сірки в складі палива.

У разі кавітаційної обробки палива відбувається розрив його молекулярних ланцюжків під дією напруг, що розтягують, епіцентром яких є так звана «кавітаційна каверна». В момент розриву кавітаційної каверни, тиск і температура газу локально можуть досягти значних величин (за розрахунковими даними до 100 МПа і до 10000 К відповідно). Після розриву каверни в навколишньому рідині поширюється сферична ударна хвиля, швидко загасаючи в просторі. При генеруванні імпульсних напруг, що розтягують рідини, присутні в ній зародки кавітації (стійкі парові і газові бульбашки малих розмірів) починають рости, утворюючи кавітаційний кластер, форма і розміри якого визначаються початковим спектром розмірів кавітаційних зародків, характером прикладається напруги і граничними умовами. У кавітаційну каверну можуть проникати пари рідини, розчинені гази, а також речовини з високою пружністю пара і не можуть проникати іони або молекули нелетучих розчинених речовин [1]. Вплив кавітаційної обробки палива на сірчисту корозію циліндропоршневої групи може бути проаналізовано на прикладі визначення зносу циліндричної втулки і верхнього поршневого кільця судового СОД S6A2 фірми «Mitsubishi». Результати вимірювання лінійного зносу циліндрових втулок Іп і масового зносу поршневих кілець Ім наведені на рис. 1 і рис. 2 [2].

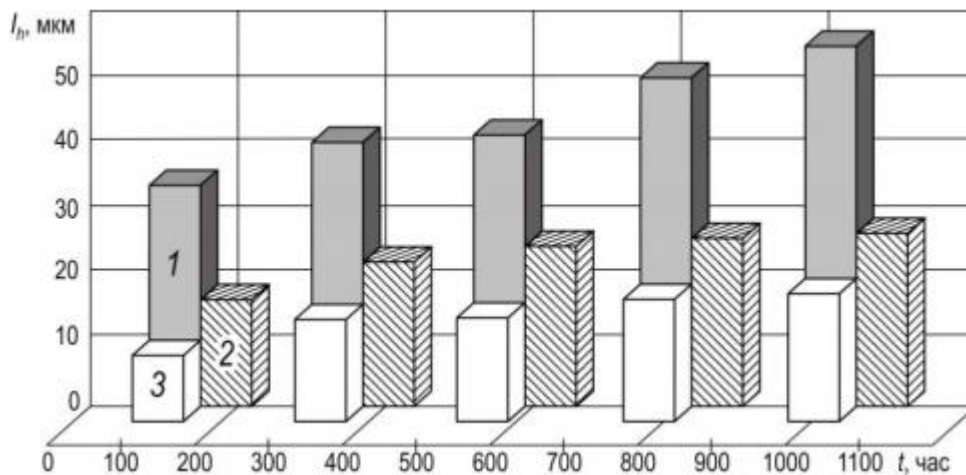


Рис. 1. Корозійний знос циліндрових втулок суднового СОДС6А2 фірми «Mitsubishi» при різних умовах проведення експерименту

- 1- паливо без додаткової обробки (при експлуатації системи паливопідготовки дизеля в «штатному» режимі);
- 2- паливо, що пройшло додаткову кавітаційну обробку (при додатковому використанні в системі паливопідготовки тільки ультразвукового кавітатора);
- 3- паливо, що пройшло додаткову кавітаційну обробку (при використанні ультразвукового кавітатора і додаткової подачі повітря в зону кавітації)

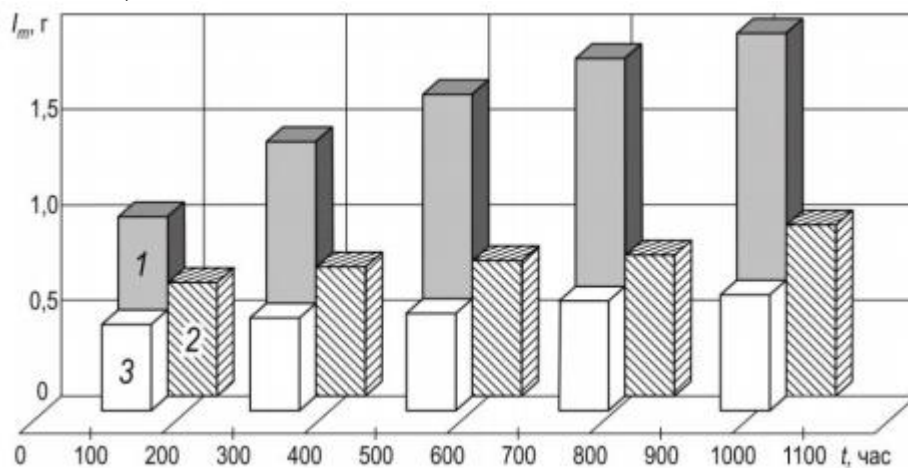


Рис. 2. Корозійний знос поршневих кілець суднового СОДС6А2 фірми «Mitsubishi» при різних умовах проведення експерименту

- 1- паливо без додаткової обробки (при експлуатації системи паливопідготовки дизеля в «штатному» режимі);
- 2- паливо, що пройшло додаткову кавітаційну обробку (при додатковому використанні в системі паливопідготовки тільки ультразвукового кавітатора);
- 3- паливо, що пройшло кавітаційну обробку (при використанні ультразвукового кавітатора і додаткової подачі повітря в зону кавітації)

За отримані даними побудовані графічні залежності (рис.3.і рис.4),що характеризують зниження зносу розглянутих деталей при застосуванні додаткової кавітаційної обробки палива.

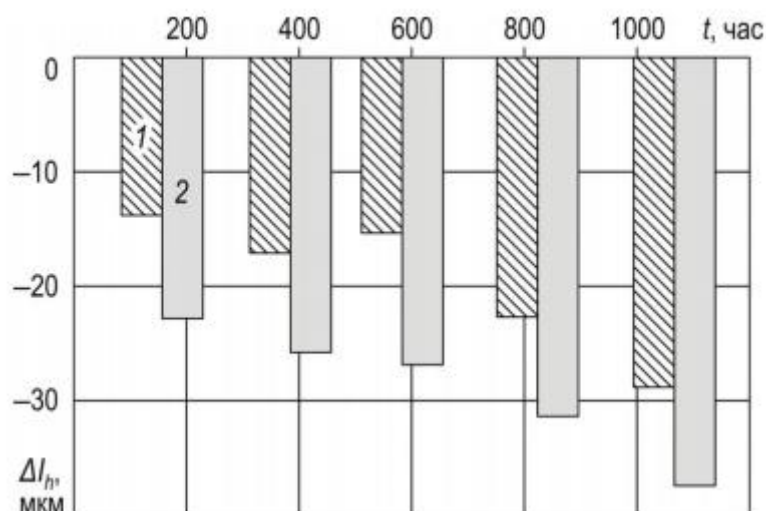


Рис. 3. Зниження корозійного зносу циліндрових втулок суднового дизеля S6A2 фірми «Mitsubishi» при різних умовах експлуатації

- 1- паливо, що пройшло додаткову ультразвукову обробку (привикористанні тільки ультразвукового кавітатора);
- 2- паливо, що пройшло додаткову кавітаційну обробку (привикористанні ультразвукового кавітатора і додаткової подачі повітря в зону кавітації).

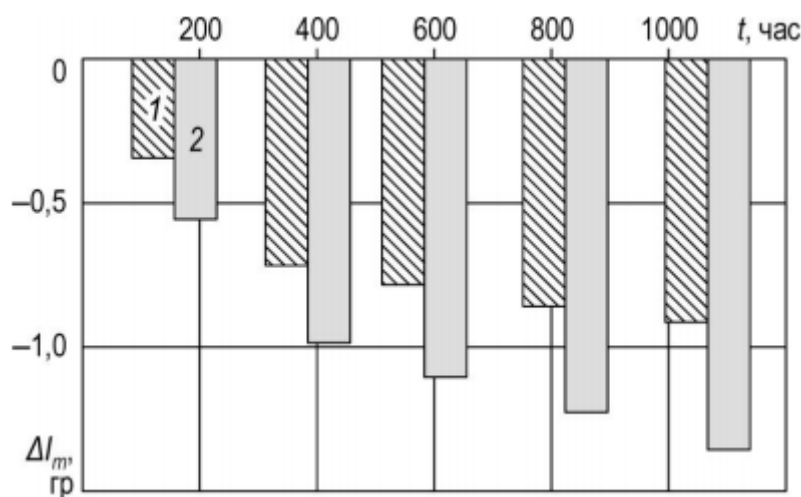


Рис. 4. Зниження корозійного зносу поршневих кілець суднового дизеля S6A2 фірми «Mitsubishi» при різних умовах експлуатації

- 1- паливо, що пройшло додаткову ультразвукову обробку (привикористанні тільки ультразвукового кавітатора);
- 2- паливо, що пройшло додаткову кавітаційну обробку (привикористанні ультразвукового кавітатора і додаткової подачі повітря в зону кавітації).

Проведені експериментальні дослідження[3]свідчить про те, що ультразвукова кавітаційна обробка палива призводить до зниження сірчистого зносу деталей ЦПГ, при цьому найбільше зниження цього параметра спостерігається для поршневих кілець, що особливо актуально, враховуючи важливість даного вузла в забезпеченні як якісного протікання процесів стиснення, згоряння і розширення, так і надійності роботи сполучення поршень - втулка циліндра.

СПИСОК ВИКОРАСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sagin S.V. Cavitation Treatment of High-Viscosity Marine Fuel for Medium-Speed Diesel Engines / S.V. Sagin, V.G. Solodovnikov // Modern Applied Science; Published by Canadian Center of Science and Education, Vol. 9, № 5. – 2015. – P. 269-278.
2. Солодовников В. Г. Использование топлив с повышенным содержанием серы при эксплуатации судовых среднеоборотных дизелей / В. Г. Солодовников // Проблемы техники: научно-производственный журнал. – 2014. - № 2.-С. 65-71.
3. Солодовников В. Г. Ультразвуковая обработка топлива для снижения сернистой коррозии в судовых среднеоборотных дизелях / В. Г. Солодовников // Автоматизация судовых технических средств: науч.-техн. сборник. – 2015. – Вып. 20. – С. 84-91

Перспективи застосування наноматеріалів та нанотехнологій в морський галузі

Нанотехнологія в цілому відноситься до використання матеріалів або добавок дуже малого масштабу (нанометрового масштабу). Завдяки використанню нанотехнологій можна виробляти нові матеріали, інструменти та системи, змінюючи властивості матеріалу. На практиці нанотехнології використовують для маніпулювання атомами або молекулами матеріалу. Поведінка наноматеріалів залежить від кількості наночастинок, доданих до системи, від властивостей наночастинок, а також від орієнтації та розташування наночастинок.

Деякі з переваг наноструктур наступні: легші, міцніші та більш адаптовані матеріали, знижується вартість за рахунок зменшення дефектів, можливість розробляти нові інструменти та використовувати молекулярні або кластерні фабрики, які дають можливість збирання матеріалів у нанорозмірі. Використання нанотехнологій дозволить вийти на якісно новий рівень вирішення технічних проблем.

В останнє десятиліття нанотехнологіям приділяють велику увагу, зокрема і в морській галузі. Морська галузь зазнала кардинальних змін, і в неї вкладалися величезні інвестиції. Морська промисловість включає широкий спектр допоміжних виробництв, кожна з яких може бути опорою для розвитку науки і техніки.

Три загальні категорії морської промисловості:

1. Суднобудівна промисловість: будівництво різних типів суден та підводних човнів.
2. Офшорна промисловість: включає будівництво стаціонарних і мобільних морських платформ та морських трубопроводів.
3. Прибережна та портова промисловість: включає будівництво пірсів, хвилерізів та споруд поблизу берегової лінії або нафтові термінали.

Застосування нанотехнологій в морській галузі

Деякі з можливостей застосування нанотехнологій у морській промисловості включають наступне: низькотемпературні зварювальні електроди, сучасне паливо, нанокompозити та нанокompозитні покриття, нановолокна, амортизатори вібрації, акустичні поглиначі, морські фарби, використання енергії моря та сонячного світла, нанофільтрація, наноморфологія, розробка технологій паливних елементів, комп'ютери, ультразвук, електроніка, телекомунікації, високоенергетичні акумуляторні батареї, графіт і кераміка, маслильні наночастинок для зменшення тертя.

Низькотемпературні зварювальні електроди. Зварювальні електроди, удосконалені нанотехнологією, мають дуже низьку робочу температуру порівняно з існуючими зварювальними електродами. Матеріал цих електродів та-

кий, що при помірному нагріванні вони утворюють міцний молекулярний зв'язок між двома шматочками металу, який функціонує як термічний клей. Ці електроди вже використовуються в технології зварювання, особливо для зварювання алюмінію.

Цими електродами можна безпечно зварювати дугою без гарячих тріщин, вводячи фазовий контроль за допомогою наночастинок під час зварювання [1]. З'єднання, зварені присадковим стержнем (AA7075), що містить наночастинок (карбід титану) TiC , не тільки демонструють дрібні кулясті зерна та модифіковану вторинну фазу, що по суті усуває в матеріалі гарячі тріщини, але також демонструє виняткову міцність на розрив як під час зварювання, так і після зварювання. Ця проста модифікація присадочного матеріалу для отримання зварного шва може бути застосована до широкого діапазону матеріалів, схильних до гарячих тріщин.

Паливо. Кораблі перевозять тисячі тонн палива, перебуваючи в морі, а океанські кораблі іноді змушені дозаправлятися під час свого плавання. Нанотехнологія забезпечує високоенергетичне паливо, таке як водень і нано добавки до палива. Присадки для нанопалива, крім зниження споживання палива, також зменшують забруднення. Таке паливо є високоенергетичними молекулярними пакетами, які виділяють багато енергії. Оскільки нанометрові частинки збільшують швидкість горіння та його однорідність, їх можна використовувати в нових видах палива для збільшення енерговиділення палива. Нанотехнологія розробляє методи для виробництва дуже великої кількості водню без виробництва вуглекислого газу, а також технології для зберігання водню. Ці питання є одним із найважливіших питань, пов'язаних із використанням водневого палива

Паливні присадки додаються до палива, щоб зменшити викиди вихлопних забруднюючих частинок і зменшити утворення (оксидів азоту) NO_x , монооксид вуглецю, (чадний газ) CO та (вуглеводні) HC . Використання деяких з цих добавок зменшило кількість забруднюючих частинок на 15-20%. Дослідження показали, що коли паливо використовується в поєднанні з каталізатором DPF, викиди можна зменшити майже на 99%. Деякі добавки в багатоядерних ароматичних вуглеводних, зменшують забруднення на 80%.

Присадки можуть змінюватися від 10 ppm до 100 ppm у паливі. Добавки спричиняють значне зниження температури горіння диму. За рахунок наявності паливних присадок спостерігається зниження витрати палива на 5%-7%.

Однією з добавок до палива є добавка на основі платини, яка завжди використовуються з іншим металом. Ця добавка також виробляється в нанорозмірі. Ці нанопорошки змогли зменшити забруднення на 25 відсотків, а споживання палива приблизно на 5-7 відсотків. Експериментальні дослідження викидів дизельного двигуна при використанні каталізатора гомогенного згоряння на основі (заліза) Fe покращили характеристики, зменшили шкідливі викиди дизельного двигуна [2]. Каталізатор містив пікрат заліза як активний інгредієнт у складі суміші органічних розчинників, яку можна було

однорідно розчинити в комерційному дизельному паливі при наднизьких співвідношеннях .

Список нанодобавок, доданих до дизельного палива[3] :

CNT (вуглецеві нанотрубки) 0,01%

Нанооксиди металів: Nano CeO_2 (діоксид церію); Nano ZnO (оксид цинку); Nano CuO (окись меди); Пікрат нанозаліза + органіка

Список нанодобавок, доданих до біодизельного палива [3]:

Nano CeO_2 (діоксид церію); Nano FeCl_3 (хлорне залізо); Nano Co_3O_4 (оксид кобальту); Nano [AlN](#) (нітрид алюмінію); CNT (вуглецеві

Застосування нанодобавок до біодизельного палива є одним із способів зменшення викидів та підвищення продуктивності двигуна.

Іншим застосуванням нанотехнологій є нанопорошки металів. Металеві нанопорошки дуже хімічно активні, а також можуть проявляти особливі каталітичні властивості. Їх можна плавити та легувати при більш низьких температурах, що зменшує потребу в енергії та зменшує забруднення. Наприклад, нанопорошки, що містять алюміній, можна додати до твердого палива ракети, щоб збільшити її енергію та збільшити її швидкість. Таке використання нанопорошків призводить до меншого споживання палива та меншого забруднення [4].

Нанокompозити та нанопокриття. Корозія є основною проблемою в морській промисловості. Щороку корозія завдає великої економічної та екологічної шкоди. Це викликано різними факторами, одним з яких є життєдіяльність бактерій та інших мікроорганізмів. Такий вид корозії називається «мікробною корозією». Може виникати як в металевих, так і неметалевих матеріалах, за наявності або відсутності кисню.

Ці мікроорганізми можуть утворюватися в морських конструкціях, таких як корпуси суден, основи бурових установок, а також на металевих або неметалевих частинах, які контактують з водою. Згідно з останніми дослідженнями, навіть такі полімери, як поліуретан, не застраховані від впливу мікробного накопичення.

Використання нових технологій, у тому числі нанотехнологій, останнім часом привертає все більше уваги. За допомогою нанотехнологій можна досягти покриттів, які захищають поверхню металів від «мікробної корозії» набагато краще ніж відомі традиційні методи.

Композит - це комбінація кількох різних матеріалів, завдяки чому його компоненти можна легко відрізнити один від одного. Нанокompозит такий самий композит, тільки у нанометровому масштабі (10^{-9}). Нанокompозити формуються в дві фази. На першому етапі будується кристалічна структура нанорозміру, яка служить композитною матрицею. Цей фон може бути виготовлений з полімеру, металу або кераміки. На другій фазі до матриці додають наночастинки для підсилення міцності, опору, електропровідності тощо. Залежно від матеріалу нанокompозитної підкладки поділяють на полімерні, металеві та керамічні групи. Полімерні композити використовуються в літаках

протягом багатьох років завдяки своїй міцності, жорсткості, термічній і розмірній стабільності.

Нанокompозити включають полімери, армовані частинками нанометрового розміру. Однією з важливих властивостей композитів є їх висока міцність і мала вага, висока корозійна стійкість, а також властивість радіолокаційного поглинання. Ця функція використовується для створення літаків і підводних човнів, які важко виявити радаром.

Нанокompозитні покриття - це наноструктурні покриття, які мають кращі властивості, ніж звичайні покриття. Завдяки цим покриттям можна отримати чудову адгезію та особливі властивості поверхні. Нанопокриття прилипає на такі поверхні, як метали, скло, кераміка та пластмаси товщиною кілька мікрон. Вони стійкі до механічного зносу, хімічно стійкі, термічно стійкі, мають блиск і самоочищення.

Корозія в морському середовищі, а також прикріплення моху і водоростей до корпусів є основними проблемами при обслуговуванні кораблів і морських платформ. Особливі умови морського середовища вимагають, щоб корпуси кораблів і морських платформ фарбувалися в середньому раз на три роки. Одним із поширених методів очищення корпусу є перевезення судна в сухий док. Цей метод має високі витрати, тривалі простої та інші додаткові витрати. Вирішення цього питання за рахунок зменшення опору тертя призводить до збільшення швидкості і терміну служби конструкцій на кораблі. Також буде зменшено кількість витраченого палива.

Нанотехнології створюють нові фарби, які мають високу стійкість до корозії та інших шкідливих впливів навколишнього середовища. Крім того, використання нанотехнологій в лакофарбовій промисловості запобігають прилипанню водоростей до корпусу і подовжують термін служби кораблів.

Матеріал проти обростання запобігає небажаному скупченню моху на зволоженій поверхні корпусів суден. Покриття також екологічно чисте, не виділяє жодних хімікатів у море та зменшує використання біоцидів (засоби знищення шкідливих живих організмів). Крім корпусів кораблів, нанопокриття можна наносити на берегові споруди та пірси, а також на військові підводні човни.

Протиобростаючий шар діє щонайменше п'ять років. Як зазначалося раніше, проблема прилипання моху до корпусу судна збільшує опір тертю та витрату палива та зменшує швидкість судна.

Нанотехнології відіграватимуть вирішальну роль у майбутньому боротьбі з корозією та біологічним обростанням суден.

Вібраційні амортизатори. Сучасні вібраційні амортизатори є громіздкими і важкими матеріалами. Нанотехнології несуть глибоку зміни в цій галузі, створюючи нові поверхні, що поглинають вібрацію. Ці наноматеріали зберігають дуже велику кількість коливальної енергії в межах своєї молекулярної решітки. Таким чином вібрація добре контролюється. Ці матеріали широко використовуються на круїзних суднах, військових судах і підводних човнах і часто встановлюються під двигуни та механізми які обертаються.

Акустичні амортизатори, як і амортизатори вібрації, поглинають звукову енергію, незважаючи на їх легкість і тонкість. Сучасні акустичні матеріали мають різну ефективність з точки зору частоти та напрямку звуку, і вони, як правило, важкі та громіздкі. Нанотехнології пропонують різноманітні акустичні матеріали, які можуть поглинати набагато більше звукової енергії, ніж раніше доступні матеріали. Ці матеріали мають багато застосувань на круїзних кораблях, військових судах і підводних човнах, і внутрішня або зовнішня частина корпусу може бути покрита цими матеріалами.

Нанofільтрація. Цей метод використовуються при адсорбції чадного та вуглекислого газу. Наприклад, внутрішня поверхня підводних човнів закрита для забортової води, дає можливість для використання цієї технології.

Напівпровідникові кристали оксиду титану розміром лише 40 нанометрів заряджаються ультрафіолетовим світлом і використовуються для видалення органічних забруднень. Методом нанofільтрації вже користуються протягом останніх років.

Інші застосування нанofільтрації включають видалення хімічних речовин, які потрапили у воду, знищення шкідливих організмів, видалення важких металів, очищення стічних вод, знебарвлення та видалення забруднень, а також видалення нітратів.

Нанofільтрація може очистити практично будь-яке джерело води та видалити бактерії у воді. Крім того нанofільтрація дозволяє легко використовувати методи очищення та виконує очищення без хімічної дії. Ці нанofільтри можна використовувати для отримання прісної води з солоної морської води. Нанofільтри, які працюють під тиском, функціонують краще, ніж ультрафільтри. З отворами від 1 до 10 нм і тиском від 5 до 15 бар ці фільтри здатні очищати морську солону воду споживанням енергії на 90% меншим ніж метод зворотного осмосу. Крім того, він здатний ефективно знищувати бактерії, віруси, пестициди, органічні забруднювачі та солі кальцію та магнію.

Метод розробки модифікованого фільтра з активованим вугіллям для видалення вуглекислого газ (CO_2) у повітрі приміщень. Експериментально перевіряли та визначали оптимальні умови експлуатації повітряних фільтрів сорбційного типу[5].

ВИСНОВКИ

Впровадження нанотехнологій у будь-яку галузь може спричинити кардинальні зміни та покращити ефективність. Застосування нанотехнологій, які були згадані, є лише невеликою частиною широко поширених застосувань у морській та інших галузях промисловості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sokoluk M, Cao C, Pan S, et al. Nanoparticle-enabled phase control for arc welding of unweldable aluminum alloy 7075. Nat Commun. 2019; Доступно: <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07989->

2. Ma Y, Zhu M, Zhang D. The effect of a homogeneous combustion catalyst on exhaust emissions from a single cylinder diesel engine, *Applied Energy*. 2013;102(2013):556–562.

3. Aalam CS, Saravanan CG, Kannan M (2015) Experimental investigations on a CRDI system assisted diesel engine fuelled with aluminium oxide nanoparticles blended biodiesel. *Alexandria Engineering Journal* 54:351-358. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aej.2015.04.009>

4. Sayler GS, Simpson ML, Cox CD. Emerging foundations: nano-engineering and bio-microelectronics for environmental biotechnology. *Curr Opin Microbiol*. 2004 Jun;7(3):267-273.

5. Hu SH, Shiue, A, Chang S, et al. Removal of carbon dioxide in the indoor environment with sorption-type air filters. *International Journal of Low-Carbon Technologies*. 2016;12(3).

6. Доступно: <https://statnano.com/news/67320/Nanotechnology-Wave-Now-Hits-the-Marine-Sector-to-Tackle-Corrosion-and-Biofouling>

7. Наноматеріали і нанотехнології: Навчальний посібник / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснєв В. М., Воеводін В. М., Погребняк О. Д., Ковтун Г. П., Соболев О. В., Удовіцький В. Г., Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. – 2014. – 323 с.

8. Нанохімія і наноматеріали [Електронний ресурс, підручник]/ Т. А. Донцова, М. І. Літинська, Ю. М. Феденко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 170 с.

Стукаленко О. М.

Національний університет «Одеська морська академія»

Математична модель аварійного опускання вантажу козловим краном після обриву одного з тросів

Дослідження процесів, що відбуваються після обриву троса у гнучкому здвоєному підвісі вантажу, проводились для вантажопідйомних пристроїв, в яких виникають лише інтенсивні вертикальні коливання [1, 2]. Стосовно суднових козлових кранів, для яких характерним є виникнення коливань металоконструкції як у вертикальному, так і горизонтальному напрямках, пошук показує відсутність таких досліджень.

Метою доповіді є опис математичної моделі опускання вантажу козловим краном у випадку обриву троса здвоєного підвісу із зрівняльним важелем.

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

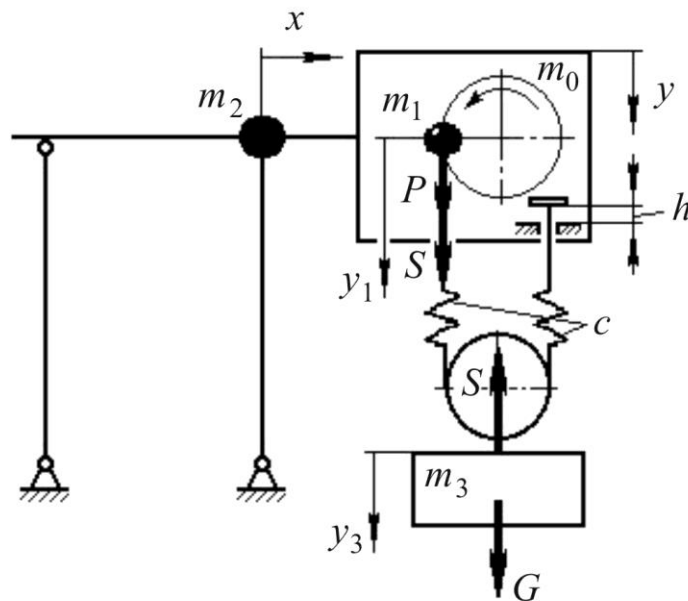


Рис. 1. Динамічна модель козлового крана у випадку обриву каната при опусканні вантажу

Рух мас після обриву троса розділений на два етапи. На першому зусилля в підвісі зникає і рух мас при цьому описується рівняннями

$$\begin{cases} m_2 \delta_{xx} \ddot{x} + m_0 \delta_{xy} \ddot{y} + x = 0; \\ m_0 \delta_{yy} \ddot{y} + m_2 \delta_{yx} \ddot{x} + y = 0; \\ m_1 \ddot{y}_1 = P; \\ m_3 \ddot{y}_3 = G, \end{cases} \quad (1)$$

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

m_2 – маса візка й металоко́нструкції крана, приведена до горизонтального переміщення x пролітної будови, кг;

δ_{xx} , δ_{yy} , δ_{xy} , δ_{yx} – піддатливості металоко́нструкції крана, причому δ_{yy} визначається як переміщення маси m_0 у напрямку у 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;

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

Рушійне зусилля привода, приведене до вантажу, визначається за формулою

$$P = P_0 - \beta \dot{y}_1, \quad (2)$$

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.

З урахуванням (2) система (1) приймає вид

$$\begin{cases} m_2 \delta_{xx} \ddot{x} + m_0 \delta_{xy} \ddot{y} + x = 0; \\ m_0 \delta_{yy} \ddot{y} + m_2 \delta_{yx} \ddot{x} + y = 0; \\ m_1 \ddot{y}_1 + \beta \dot{y}_1 = P_0; \\ m_3 \ddot{y}_3 = G. \end{cases}$$

Початкові умови

$$t_1 = 0, x = G \delta_{xy}, \dot{x} = 0, y = G \delta_{yy}, \dot{y} = 0; y_1 = 0, \dot{y}_1 = (\dot{y}_3)_0,$$

$$y_3 = 0, \dot{y}_3 = (\dot{y}_3)_0,$$

де $(\dot{y}_3)_0$ – швидкість опускання вантажу в режимі генераторного гальмування, м/с.

Умова переходу до етапу руху, на якому навантаження прикладається до троса, що залишився цілим,

$$(\dot{y}_3)_0 t + \frac{gt^2}{2} = h - \frac{G}{2c} + y_1 - (G\delta_{yy} - y),$$

де t – час вільного падіння вантажу, с;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

h – приведена ділянка вільного ходу зрівняльного важеля, м;

$2c$ – жорсткість підвісу до обриву одного з тросів, Н/м;

y_1 – переміщення маси m_1 , м.

Рівняння руху мас на даному етапі мають вигляд

$$\begin{cases} m_2 \delta_{xx} \ddot{x} + m_0 \delta_{xy} \ddot{y} + x - S \delta_{xy} = 0; \\ m_0 \delta_{yy} \ddot{y} + m_2 \delta_{yx} \ddot{x} + y - S \delta_{yy} = 0; \\ m_1 \ddot{y}_1 = P + S; \\ m_3 \ddot{y}_3 = G - S, \end{cases} \quad (3)$$

де S – зусилля в підвісі, яке визначається за формулою

$$S = c(y_3 - y - y_1), \quad (4)$$

де y_3 – переміщення маси m_3 , м.

З урахуванням (2) і (4) система (3) остаточно прийме вид

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

Початкові умови для цього етапу

$$t_2 = 0, x = (x)_1, \dot{x} = (\dot{x})_1, y = (y)_1, \dot{y} = (\dot{y})_1, y_1 = 0, \dot{y}_1 = (\dot{y}_1)_1, y_3 = (y)_1, \dot{y}_3 = (\dot{y}_3)_1,$$

де $(x)_1, (y)_1$ – переміщення мас m_2 і m_0 наприкінці першого етапу, м;

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

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 металоконструкції (рис. 2).

У процесі розв'язання рівнянь динамічні навантаження, що діють на металоконструкцію [3],

$$F_x = xc_x, F_y = yc_y,$$

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

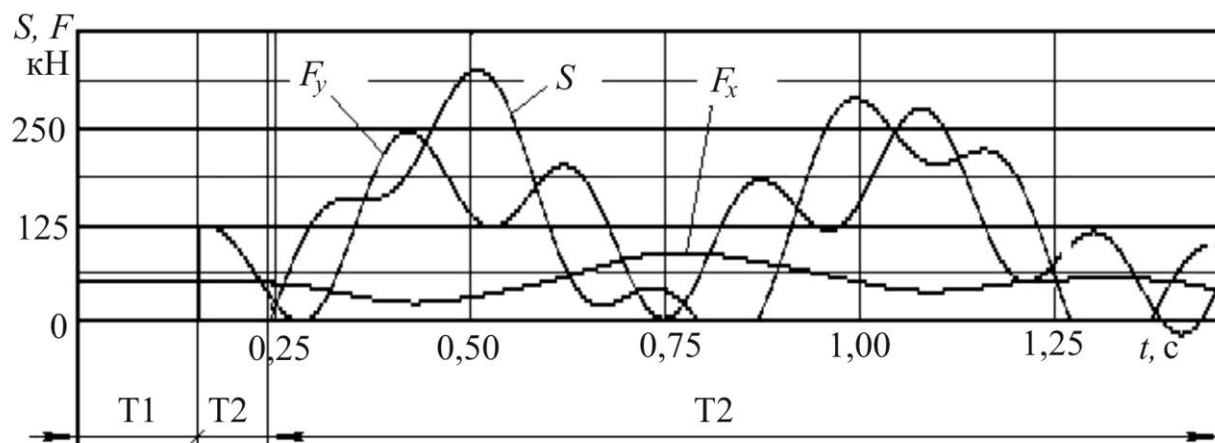


Рис. 2. Зусилля у підвісі і металоконструкції під час утримання вантажу

Коефіцієнти динамічності значно перевищують запаси міцності троса та металоконструкції, що вказує на неминучість руйнування їх.

Описана математична модель дозволяє досліджувати динамічні процеси, що відбуваються в козловому консольному крані після обриву троса зведеного підвісу зі зрівняльним важелем при опусканні вантажу в режимі генераторного гальмування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моделирование поведения груза после обрыва одной из ветвей каната крана мостового типа [Електронний ресурс] / А. С. Швачунов, Н. Ю. Дорохов, А. В. Периг, А. Н. Стадник // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – 2014. – Вып. 65-66. – С. 185-188. – Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vhad_2014_65-66_35.
2. Стукаленко О. М. Математична модель утримання стріли стрілового крана після обриву троса / О. М. Стукаленко, Д. І. Василець. // Судостроение и морская инфраструктура (Shipbuilding & marine infrastructure). – 2018. – № 2(10). – С. 63-69.
3. Лобов Н.А. Динамика грузоподъемных кранов. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.

Розробка методу управління продуктивністю компресора суднової системи комфортного кондиціонування повітря з використанням програмовано-логічних контролерів

Постановка проблеми в загальному вигляді. Різноманітний кліматичний режим Світового океану та стан водної поверхні грають істотну роль у формуванні мікроклімату внутрішньо суднових приміщень. Гідрометеорологічні умови, викликаючи різні фізіологічні відхилення від норми у пасажирів і екіпажу, можуть створити у перших незадоволення морською подорожжю, а другим ускладнити виконання службових обов'язків по управлінню судном. Основним призначенням судової системи комфортного кондиціонування повітря (ССККП) є автоматична підтримка заданих параметрів мікроклімату внутрішньо суднових приміщень незалежно від зміни в часі та просторі зовнішніх гідрометеорологічних умов навколишнього середовища. До найбільш поширених на морському флоті способам автоматичного керування і регулювання ССККП відноситься спосіб регулювання шляхом зміни температури холодоносія, яка в свою чергу регулюється зміною продуктивності компресора за допомогою таких систем керування як «Unisab». Дана система допускає регулювання продуктивності компресора в автоматичному режимі, однак, виникає необхідність в завданні значення температури холодоносія механіком в залежності від мінливих зовнішніх і внутрішніх умов навколишнього середовища. Запропонована модель з використанням програмованих логічних контролерів в якості генератора сигналу управління завданням температури холодоносія дозволить вирішити проблему коректного регулювання і таким чином збільшити надійність та енергоефективність експлуатації ССККП.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що комфортне кондиціонування повітря на судах забезпечує процес підтримання у всіх житлових приміщеннях заданих комфортних значень параметрів повітря (найчастіше температури і вологості) незалежно від зміни умов навколишнього середовища та в середині приміщень[1,2]. Усі ССККП мають у своєму складі установки для приготування тепло і холодоносія, зокрема – суднову холодильну установку (СХУ). Успішна експлуатація сучасних ССККП можлива тільки при використанні систем автоматизації. Автоматичні пристрої значно спрощують роботу персоналу, точно підтримують заданий температурно-вологовий режим, скорочують експлуатаційні витрати, збільшують термін роботи холодильних компресорів, забезпечують захист ССККП і СХУ від аварій[2-4].

Постановка завдання. Таким чином, метою даної роботи є розробка методу оптимального управління продуктивністю компресора СХУ ССККП з метою підвищення її енергоефективності за допомогою використання про-

грамованих логічних контролерів (ПЛК), в умовах плавання суден, де постійно змінюються зовнішні гідрометеорологічні умови.

Виклад основного матеріалу дослідження. Добре відомо, що в даний час на судах морського флоту найбільше використовується система Unisab III.



Рис. 1. Зовнішній вигляд панелі керування компресором ССККП Unisab III

Unisab III – це комп'ютерна система управління та поточного контролю, яка допускає декілька способів регулювання продуктивності компресора по тискам і температурі. При цьому, регулювання продуктивності може здійснюватися як вручну, так і автоматично. Слід так само відзначити, що навіть в автоматичному режимі роботи, завдання значення температури вихідної охолоджуючої води проводиться механіком, в залежності від оцінки впливу зовнішніх гідрометеорологічних умов, сумарних теплопритоків, що потрапляють в судно із зовні, а також внутрішніх тепло і волого надходжень. При цьому значення температури покидаючої чиллер охолоджуючої води, згідно суднової технічної специфікації, знаходиться в межах $6 \div 12$ °С. Відповідно більш низькі значення, що встановлюються оператором відповідають більш високим показникам температури і відносній вологості навколишнього середовища, і навпаки, при більш низьких значеннях встановлюється більш високе значення температури холодоносія[4].

Схема сучасного методу управління ССККП наведена на рисунку 2.

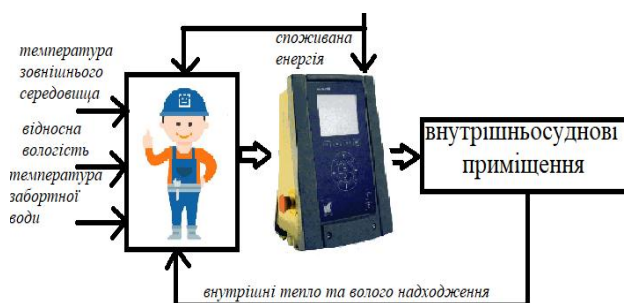


Рис. 2. Схема сучасного методу управління ССККП

Як видно зі схеми, на даний час прийняття рішень з управління, і як слідство відповідальність за енергоефективну та екологічну складову процесу з експлуатації ССККП повністю лежить на людині – операторі.

При цьому, людині не завжди вдається об'єктивно оцінити усі обставини постійно змінних зовнішніх та внутрішніх умов, та прийняти вірне рішення що до енергоефективного керування. Слід зазначити, що під енергетичною ефективністю розуміють раціональне використання (витрачання) енергетичних ресурсів.

Таким чином безпосередній практичний інтерес представляє питання автоматичного управління завданням значень температури холодоносія, без участі в цьому процесі людини. Це допоможе виключити можливі помилки, так званий людський фактор, а так само підвищити надійність та енергоефективність експлуатації систем СККП. Передбачається також передача даних термодинамічних параметрів у реальному режимі часу за допомогою бездротових протоколів на будь-який Android або Ios пристрій оператора. Внаслідок чого, механік, який обслуговує систему, може здійснювати повноцінний контроль за роботою системи, незалежно від свого місцезнаходження. Система зв'язку так само робить можливим під'єднання Unisab III до програмованого контролера або персонального комп'ютера системи централізованого контролю, управління і реєстрації даних.

Для реалізації системи моніторингу в "жорсткому" реальному часі обраний ПЛК серії Inline ILC 130 ETN німецької фірми PhoenixContact, (Рис. 1) який виконаний відповідно до загально-прийнятих стандартів програмування MEK 61131-3 і технології передачі даних Ethernet, підтримує паралельний обмін даними з OPC -Серверами і комунікацію з кінцевими пристроями, що підтримують протокол TCP / IP [3-5].



Рис. 1. Зовнішній вигляд ПЛК «Phoenix»

Контролери Unisab III конфігуруються на заводі-виробнику. Вони оснащені комунікаційним обладнанням і протоколами зв'язку для моніторингу та управління широким асортиментом компресорів, холодильних машин і теплових насосів. Також з їх допомогою здійснюється діагностика обладнання та обробка даних (Рис.2).

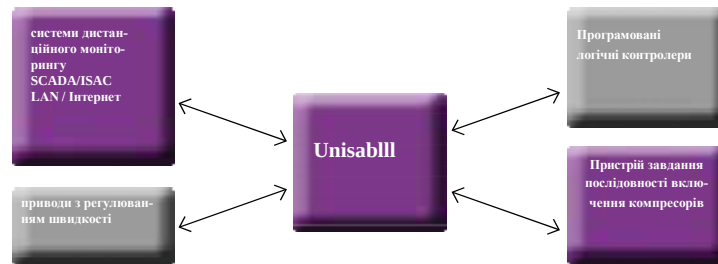


Рис. 2. Схема підключення контролера Unisab III до зовнішнього контрольно-вимірювального обладнання

Запропонований метод управління продуктивністю компресора ССККВ за допомогою використання ПЛК, представлений у вигляді схеми на рисунку 3, полягає в наступному.

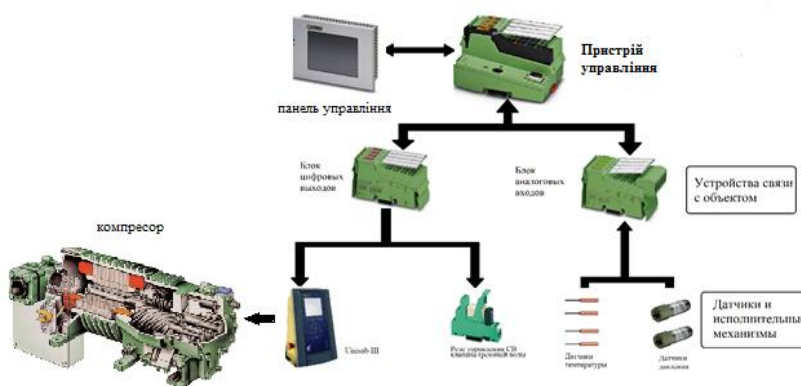


Рис. 3. Функціональна схема запропонованого методу системи управління за рахунок використання ПЛ-контролерів

На підставі, отриманих від датчиків, зовнішніх і внутрішніх параметрів навколишнього середовища і відповідних функціональних залежностей, алгоритма і програми обробки даних ПЛК формує і за допомогою відповідного протоколу передачі даних, передає керуючий сигнал оптимального значення температури хладоносія системі UnisabIII для подальшої її реалізації в СХУ ССККВ, яка задає параметри управління значенням продуктивності компресора [5].

Висновки і перспективні подальших досліджень. Запропонований метод з використанням програмованих логічних контролерів дозволить: уникнути прийняття суб'єктивних рішень з управління, і як слідство відповідальність за енергоефективну та екологічну складову процесу з експлуатації ССККП людиною – оператором; збільшити енергетичну ефективність використання ССККП за допомогою оптимального управління програмованих логічних контролерів, в умовах, де постійно змінюються зовнішні гідрометеорологічні умови; в автоматичному режимі отримувати дані та можливість їх корегування, з холодопродуктивності, споживання електричної енергії у реальному часі, а також дані з питомої витрати енергії на

вироблення холоду, крім того, є можливість отримати динаміку змін цих величин за обраний період часу.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАННОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Загоруйко В.А., Голиков А.А. Судовая холодильная техника—Киев: Наукова думка, 2000.— 607 с.
2. Очеретяный 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., 2006. - 120 с.
3. Очеретяный Ю.А., Живица В.И., Онищенко О.А., Вайнфельд Э.Й., Тюхай Д.С. Разработка системы измерения энергетических показателей компрессионной холодильной установки // Харчова наука і технологія. – 2011. – Вип. 4(17). – С. 107 - 109.
4. Никольский В.В., Очеретяный Ю.А., Танасийчук М.И. Мониторинг судовой холодильной техники с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК) // Судовые энергетические установки.- 2014.- №34. С.41-52.
5. Ю.А. Очеретяный, А.І.Головань., Ю.М.Федорова Оптимізація експлуатації суднових систем комфортного кондиціонування повітря за рахунок використання програмованих логічних контролерів // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів /Volume 12, Issue 1/2020 – С.55-67. <http://w.w.w.atbp.onaft.edu.ua/>

Опришко М.О.

Національний університет «Одеська морська академія»

Застосування наноматеріалів для заміни металічних деталей на нові легкі та корозійностійкі

Вступ

Характерною особливістю розвитку країн з високим рівнем промислового виробництва є перехід до інноваційної економіки, впровадження перспективних розробок, принципово нових високих технологій у всіх сферах діяльності. Одним із пріоритетів розвитку науково-технічного прогресу в світі є нанотехнології[1].

Нині відбувається накопичення і теоретичне осмислення експериментальних результатів та пошук нових підходів до створення конструкційних наноматеріалів. В основу цих підходів ставиться завдання створення масивних об'єктів. З чого виходить, що такі матеріали мають бути побудовані за типом полікристалічних, багатофазних або композиційних систем зі збереженням у наноструктурному стані утворюючих морфологічних елементів. Останні, на відміну від морфологічних мікроелементів, мають, передусім, особливу структуру.

У зв'язку з цим, у провідних промислово-розвинених країнах світу пріоритетними напрямками розвитку фундаментальних і прикладних досліджень передбачена розробка матеріалознавчих основ наноконструкційних матеріалів і технологій. Завдяки їх унікальним функціональним властивостям у всьому світі проводяться інтенсивні дослідження в галузі технології, фізики й хімії фулеренів, атомних кластерів, нанотрубок, квазікристалів, високоентропійних сплавів та ін. [1].

Використання наноматеріалів в різних галузях техніки

Сучасні композиційні матеріали знайшли застосування в першу чергу в авіаційній, космічній та суднобудівній техніці, для яких найбільш важливим є зниження маси конструкцій при одночасному підвищенні їх міцності і жорсткості.

Перспективність використання композиційних матеріалів в різних галузях техніки визначається широким спектром їх самих різних властивостей. Високіміцність і питомажорсткість, мала чутливість до концентраторів напруг і високий опір втомному руйнуванню, жароміцність, зносостійкість, електропровідність, а також електроізоляційні, антифрикційні, теплозахисні, ерозійностійкі, радіопрозорі, радіопоглинаючі, енергоємні і інші властивості - такий далеко не повний перелік найважливіших характеристик цих матеріалів[2].

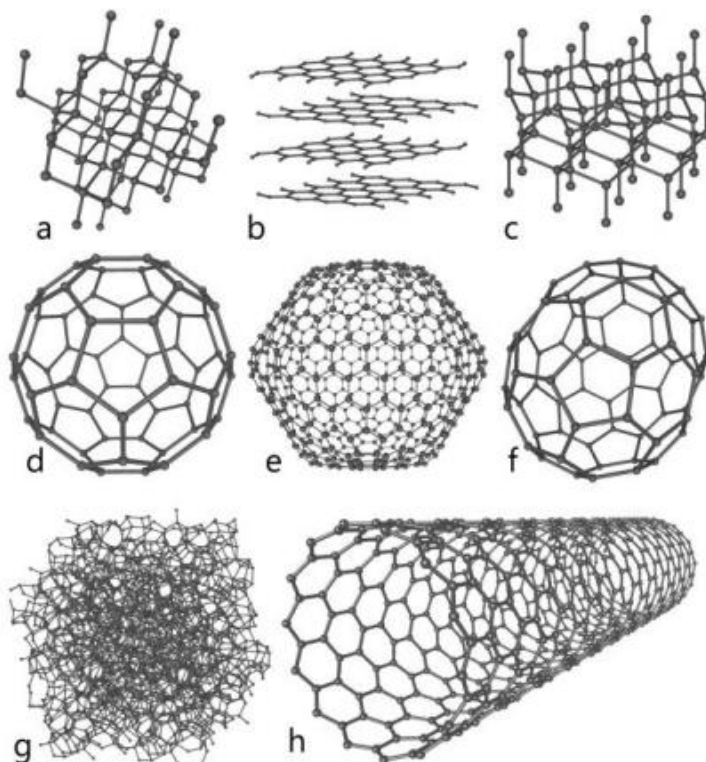


Рис. 1. Схеми будови різних модифікацій вуглецю згідно: а алмаз; б графіт; с лонсдейліт; d фулерен бакібол C_{60} ; e фулерен C_{540} ; f фулерен C_{70} ; g аморфний вуглець; h вуглецева нанотрубка[3]

Заданий рівень зазначеного комплексу механічних, фізичних та інших властивостей формується в процесі виготовлення – конструювання матеріалу безпосередньо з компонентів. Варіацією числа, об'ємного співвідношення компонентів і зміною структури армування можна в широких межах цілеспрямовано змінювати і регулювати властивості і створювати принципово нові матеріали з таким поєднанням характеристик, яке недосяжне в традиційних матеріалах [2].

Важливою сферою використання композиційних матеріалів є теплонавантажені деталі газотурбінних двигунів для транспортних і енергетичних установок. До найбільш теплонавантажених деталей газових турбін відносяться робочі і соплові лопатки турбіни, так як вони приймають на себе удар гарячих газів, температура яких часто перевищує температуру плавлення сучасних жароміцних сплавів. Найбільш жароміцні старіючі нікелеві сплави можуть працювати при температурі тільки до 1050°C . Для них температура 1100°C становить 0,8 і є, мабуть, граничною, тоді як дисперснозміцнені композиційні матеріали при температурі 1200°C здатні довго і ефективно протистояти значним навантаженням, але тільки в тому випадку, коли виконуються три умови:

1) спеціальне конструювання деталей і вузлів конструкцій з урахуванням особливостей властивостей цих матеріалів;

2) створення спеціальної технології виготовлення деталей, оскільки способи виготовлення деталей з традиційних сплавів неприйнятні для композиційних матеріалів;

3) здійснення контролю технологічного процесу і якості вихідних матеріалів і виробів на основних етапах їх виготовлення для забезпечення надійності матеріалів при тривалій експлуатації.

Успіхи металознавства привели до створення методів, які поєднують внутрішньофазовий наклеп і механічне зміцнення пластичною деформацією. Ці методи, реалізовані у великій гамі різних прийомів термомеханічної обробки, дозволяють отримати сталі з міцністю до 3000 МПа. Однак бласті застосування цих сталей дуже обмежені, так як з підвищенням міцності різко зростає чутливість сталей і сплавів до концентраторів напруг, істотно знижується корозійна стійкість і особливо опір корозії під напругою, що, природно, зменшує міцність і надійність деталей, виготовлених з таких матеріалів[2].

Традиційні високоміцні сплави, як правило, мають низьку пластичність, високучутливість до концентраторів напруг і порівняно малий опір втомного руйнування. Композиційні волокнисті матеріали, володіючи більш високою межею міцності, ніж високоміцні сплави, мають, однак, меншу чутливість до концентраторів напруг і більший опір втомному руйнуванню. Це пояснюється тим, що у матеріалів різний механізм розвитку тріщин.

У традиційних ізотропних високоміцних сталях і сплавах розвиток тріщин йде прогресуючим темпом, швидкість утворення тріщин зростає в міру залучення в осередок творення тріщини все більших елементів структури - зерен, дендритів тощо. У композиційних матеріалах інший механізм розвитку тріщин. Тріщина зазвичай виникає в матриці і, розвиваючись, зустрічає перешкоди на кордоні розділу матриця - волокно. Волокна гальмують розвиток тріщин, і настає період відносної стабільності, протягом якого припиняється розвиток тріщин.

Аналізуючи характер руйнування композиційних матеріалів, слід зазначити, що останній являє собою ряд послідовних дискретних етапів, кожен з яких відрізняється від іншого перерозподілом напружень між армуючими волокнами.

Волокнисті композиційні матеріали, що складаються з почерговим регулярним чином армуючих волокон в пластичній матриці, мають досить високу в'язкість руйнування.

Таким чином, в композиційній системі поєднуються дві протилежні властивості, необхідні для конструкційних матеріалів - висока межа міцності і достатня в'язкість руйнування. Висока міцність досягається за рахунок використання тендітних високоміцних волокон, а достатня в'язкість руйнування обумовлена пластичною матрицею і специфічним механізмом розсіювання енергії руйнування композиції. Крім того, в композиційних матеріалах вона збільшується на 100...200%. Це дозволяє істотно знизити матеріаломісткість конструкцій.

З композиції з металевою матрицею найбільш перспективними вважаються алюміній, магній та їх сплави, зміцнені волокнами бору і вуглеграфіта. Розроблені і випробувані вентиляторні і компресорні лопатки з композиційного матеріалу алюміній-борсік, маса яких на 40% менше маси аналогічних лопаток з титанових сплавів. Алюмінієві сплави, зміцнені вуглеграфітовими волокнами, можуть знайти застосування для виготовлення компресорних лопаток, елементів жорсткості, панелей, стрингерів, кріогенних ємностей та пов'язаних з ними конструкцій. При використанні композиційних матеріалів масу гарячої секції авіаційних двигунів можна знизити на 33...45%, а масу оболонок паливних баків ракет на 14% при виготовленні їх з матеріалу алюміній-сталь[2].

Використання можливостей нанотехнологій може вже в не далекій перспективі принести різке збільшення вартості валового внутрішнього продукту і значний економічний ефект в наступних базових галузях економіки.



а б

Рис.2. - Приклади виробів, отриманих надпластичної точної обсягної штампуванням на основі реалізації сверхпластичности алюмінію і його сплавів: а - виріб типу «поршень»; б - струмозійомники для електротранспорту з високою зносостійкістю [4]

Вуглецеві НТ можуть зіграти важливу роль у виробництві нових методик впорскування пального та акумуляції водню.

Нанопористі матеріали можуть застосовуватися для розкладання багатьох з'єднань (наприклад, води на водень і кисень) при використанні мембран з дуже розвиненою поверхнею. Крім того, мікропористі речовини з великою і активною поверхнею, очевидно, являють собою прекрасну основу для створення нових типів фільтрів, які механічно затримують необхідні типи частинок.

В майбутньому розвиток енергетики, можливо, буде пов'язаний з масовою заміною звичайних видів палива на водень, який необхідно буде акумулювати в спеціально створюваних пристроях, і саме в цьому наноматеріали (наприклад, складні фулерени) можуть виявитися виключно корисними. Вже зараз експерти планують створення ємностей-сховищ водню на основі фулеренів з 10% ефективністю.

Наноструктурні матеріали дозволяють виготовляти легкі та одночасно досить міцні конструкції для деяких деталей масового виробництва.

Підвищена міцність до механічних пошкоджень досягається з використанням нанолаків на основі поліоксанів.

Перспективи нанотехнології в машинобудівній промисловості зараз багато в чому пов'язуються з використанням наноструктурних (нанофазних) металевих матеріалів, що володіють величезною міцністю та іншими високимеханічними характеристиками, а також з виробництвом нових типів металокераміки. Розробляється велике число лаків на основі наносистем, що володіють не тільки високою міцністю, але і навіть здатністю до "самозалічування" поверхні. Крім того, вивчаються можливості керамічних матеріалів з наночастинками, а також розвиток нових методик створення склокераміки. При цьому в багатьох випадках дослідники вже планують здійснювати автономну або місцеву "регенерацію" речовини на основі наповненого наночастинками штучного матеріалу.

У лабораторних умовах вже вивчаються складні пігментні структури, колір яких може цілеспрямовано змінюватися під впливом прикладеної електричної напруги, що має величезні перспективи для оформлення інтер'єру судна. Феромагнітні рідини (суспензії магнітних частинок, ферофлюїди) також можуть знайти широке застосування в приладобудівній промисловості.

Таким чином, наноструктурні матеріали можуть знайти найрізноманітніші застосування в автомобільній, суднобудівній, приладобудівній промисловості, перш за все, у виробництві лаків, , легких конструкцій, нових приводних пристроїв[2].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Наноматеріали і нанотехнології: Навчальний посібник / Азаренков М. О., Неклюдов І. М., Береснєв В. М., Воеводін В. М., Погребняк О. Д., Ковтун Г. П., Соболев О. В., Удовіцький В. Г., Литовченко С. В., Турбін П. В., Чишкала В. О. –Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна– 2014. – 323 с.
2. І.П.Волчок Технологія конструкційних наноструктурних матеріалів і покриттів: Конспект лекцій –Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2021. –130 с.
3. Композиційні та наноматеріали :навчальний посібник /О. Є. Колосов. – К.: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017. – 224с.
4. Наноструктури та нанокapsули: конспект лекцій з дисципліни «Наноструктури та нанокapsули» / О. М. Сорочан. – Маріуполь : ПДТУ, 2019. – 86 с.

Денісов В.Г. Смірних Є.С.
Національний університет «Одеська морська академія»

Аналіз систем інертних газів танкерів

Інертні гази — це гази, які є зазвичай хімічно інертними (нереактивними) і в умовах заданої хімічної реакції не беруть участі в її перебігу. Зазвичай до інертних газів належать азот, благородні гази, гексафторид сірки та ін. Інертні гази відзначаються великим значенням негативної ентальпії утворення. Вони не мають запаху та неотруйні. Благородні гази також часто не реагують з багатьма речовинами і історично їх називали інертними газами. Проте у ширшому розумінні є також і інші інертні гази, які зазвичай використовуються для уникнення небажаних хімічних реакцій, що погіршують зразок. На відміну від благородних газів, інертний газ не обов'язково є елементарним і часто є газом, сполукою із декількох елементів. Багато хімічних реакцій вимагають їх проведення в атмосфері інертного газу через те, що кисень та водяна пара, що містяться у повітрі, можуть перешкоджати і утворювати небажані побічні продукти. При витісненні кисню із атмосфери, що оточує певні процеси, інертні гази запобігають горінню, вибухам, запалюванню.

Відповідно до вимог Конвенції SOLAS-74 система інертних газів є обов'язковою для танкерів дедвейтом 20000 рег.т і більше. Вона повинна підтримувати в будь-якій частині вантажного танка атмосферу з вмістом кисню не більше 8% за об'ємом та надлишковим тиском, що перешкоджає надходженню повітря (як правило, цей тиск не перевищує 20 кПа). Згідно з Правилами Регістру, у вантажні танки має подаватися інертний газ із вмістом кисню не більше ніж 5% за обсягом. Температура газу, що надходить у приміщення, що захищається, повинна бути не більше 65°C для вантажних танків і не більше 50°C для суховантажних трюмів.

Система забезпечує подачу інертного газу до вантажних танків у кількості 125% максимальної продуктивності розвантаження судна. Таким чином здійснюється заповнення об'ємів танків, що звільняються, з урахуванням можливості випаровування деякого обсягу інертного газу.

Як інертний газ можуть використовуватися димові гази, що пройшли обробку, від головних або допоміжних котлів.

Розглянемо систему інертних газів сучасного танкера, де як захисні інертні гази використовуються відпрацьовані димові гази одного з двох допоміжних котлів. При теплових навантаженнях не менше 40 % котли є генераторами інертних газів з низьким (до 5 % за обсягом) вмістом кисню та температурою в районі відбору газів, що не перевищує 533 К (260 °С); після досягнення номінального теплового навантаження температура газу зростає до 638 К (365 °С).

Максимальна кількість відпрацьованих з димоходу котла відпрацьованих газів в 1,25 рази перевищує сумарну подачу встановлених на танкері

вантажних насосів, що відповідає 7500 м³ /год або 30% від загальної кількості димових газів, що викидаються в атмосферу через димохід. З такими параметрами інертні гази надходять у систему технічного кондиціювання та подаються у вантажні та відстійні танки.

Система працює в такий спосіб. За рахунок розрідження у ділянці, що всмоктує, що створюється працюючої газодувкою, інертні гази послідовно проходять через контактнo-прямоткові охолоджувачі-очисники газів першого і другого ступеня. Інертні гази охолоджуються за рахунок інтенсифікованого контакту із забортною водою, що підводиться в апарат знизу через завихрювач із лопатками. При температурі забортної води 30 °С, температура інертних газів на виході з апарату другого ступеня становить 35 °С.

У системі передбачено двоступінчасте очищення газів від сажі, механічних домішок та сірчистих з'єднань. Наявність двох щаблів очищення збільшує час активного контакту двофазного середовища (гази - вода) і цим сприяє підвищенню ефективності цієї операції. В результаті відпрацьованих газів видалається від 99,1 до 99,6% сірчистих сполук.

Охолоджені та очищені інертні гази на виході з активної зони апаратів піддаються первинній сепарації води, що міститься в них. Ця операція здійснюється в бризковідбійнику з профільованими лопатками, де під час руху газового потоку відцентрові сили поділяють газодовяну суміш на фази; при цьому вода видалається з апаратів за борт, а інертні гази надходять у краплевідділювач. У ньому проводиться вторинна сепарація, заснована на принципах зміни напрямку потоку вологих газів та відцентрового поділу середовищ у завихрювачі з профільованими лопатками. Відсепарована волога видалається за борт через загальний зливальний трубопровід, а інертні гази нагнітаються газодувкою в палубну розподільну магістраль через палубний водяний затвор.

Принцип роботи водяного затвора заснований на гідравлічному закритті трубопроводу інертних газів при непрацюючій газодувці, а при її роботі на відтисканні рівня води за відбивач для проходу інертних газів. Цим запобігають перетіканню пожежонебезпечної вуглеводневої пари в суднові приміщення та винесення води із затвора у вантажні відсіки при встановленому режимі роботи системи. Для цієї мети затвор обладнаний спеціальним поворотним пристроєм, що складається із заслінки з противагою, до якого кріпиться відкритий кінець гнучкого шлангу, що служить для видалення води з водяної порожнини затвора та забезпечення безперервної циркуляції в ній води при працюючій і непрацюючій системі інертних газів. Циркуляція води в затворі здійснюється двома відцентровими насосами, один із яких є резервним. Вода із затвора зливається за борт через кінгстон, розташований у вантажному насосному відділенні. Затвор забезпечений оглядовим склом, водовказівною колонкою, паропроводом обігріву водяної порожнини та засобами автоматичного контролю рівня та температури води.

З палубного водяного затвора через встановлений за ним неповоротно-запірний клапан інертні гази надходять у палубну розподільну магістраль і

подаються у вантажні відсіки, на відгалуженнях до яких також встановлені неповоротно-запірні клапани.

Система інертних газів працює у таких випадках: при початковому заповненні вантажних відсіків інертними газами перед прийманням вантажу; під час переходу танкера з вантажем або баластом, при навантаженні танкера для підтримки заданого надлишкового тиску інертних газів від 2 до 8 кПа і періодичного їх підкачування в танки при падінні тиску нижче зазначеного значення; при розвантаженні нафтопродукту для заміщення його інертними газами; під час миття танків стаціонарними засобами, зокрема сировою нафтою; при вентиляції вантажних відсіків інертними газами та дегазації танків зовнішнім повітрям.

Трубопровід підведення інертних газів і продувна труба рознесені по довжині танка, чим забезпечується ефективний газообмін, що сприяє прискоренню створення рівномірної низької концентрації кисню або близької до атмосферного повітря за концентрацією кисню середовища після дегазації. Для продування (у разі потреби) інертними газами вантажної системи між нею та системою інертних газів передбачено перемичку, забезпечену за умовами безпеки запірними органами та повітряною головкою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Інертні_гази
2. <http://www.stroitelstvo-new.ru/sudostroenie/mechanizm/sistema-inertnyh-gazov.shtml>
3. <http://sea-library.ru/bezopasnost-plavaniya/195-inertnie-gazi.html>
4. <https://studfile.net/preview/1665822/page:58/>
5. <https://bstc.com.ua/uk/cours/systema-inertnyh-gaziv/>

Uminsky S., Lebediev B
Military Academy (city of Odessa)
National University "Odessa Maritime Academy"

Technological support of durability of resource-saving parts of shipping facilities

A significant increase in the durability of restored resource-providing parts can be achieved by applying: the design of a reinforcing coating, the use of modified hard alloys as the material of the reinforcing coating, and the modernization of surfacing technology. The design of the reinforcing coating of the parts is substantiated, taking into account the profile of their predominant wear figure, which allows saving the material that strengthens the coating and increasing the resource of the parts.

Key words: *modification, restoration, strengthening, coating, wear.*

Problem. In practice, there are frequent cases when the low durability of the responsible parts limits the possibilities of further improvement of the technical and economic indicators of the machine. To imagine the need to fight against abrasive wear of parts, it is enough to point out that the service life between repairs of many machine parts is calculated not in years and months, but in hours. After strengthening, the service life of parts increases several times [1]. Currently, in order to increase the durability and resource of resource-providing parts, a number of new strengthening methods have been developed, including the method of induction surfacing, the method of cladding with a wear-resistant tape, methods of chemical-thermal strengthening, new hard alloys of the PS type have been developed and implemented, which are significantly superior in terms of wear resistance and economic the well-known Sormite alloy, which in turn has now exhausted its operational characteristics. Therefore, this surface material must be modified to significantly increase the wear resistance and durability of parts during operation.

Analysis of research and publications. Various types of wear-resistant surfacing with T-590 electrodes, powder-coated wires of the PP-AN125, PP-AN170 type, methods of electric contact welding of powder materials, wire or tape, sputtering methods with subsequent melting of coatings with a gas flame are used for restoration. , electropulse build-up and electrospark alloying At the level of experimental research, processes of soldering and gluing of hard alloys and metal-ceramics are used. The most universal technology for applying wear-resistant coatings is arc welding with hard alloys, the feasibility of which depends on the degree of heating of the parts being strengthened and the cost of hard alloys. To increase the wear resistance, the technology of intermittent surfacing with individual straight or arc-shaped rollers, the width of which is smaller than the distance between them, has been developed [2]. During the passage of a pulsed electric discharge in a gas medium between the anode electrode and the processed part, the cathode, a certain part of the mass of the anode electrode is destroyed and transferred to the surface

of the part. With repeated exposure to spark pulses, a coating 0.32...0.53 mm thick is formed on the surface of the part with properties close to those of the electrode material. By substantiating and selecting the electrode-anode material, it is possible to obtain a wear- and corrosion-resistant surface depending on the operating conditions of the parts [2]. The task is solved by the fact that the cutting edges of the anti-cutting plates are hardened in air and, according to the invention, after hardening, a wear-resistant coating in the form of a strip is applied to the hardened edges by electrospark treatment.

Research results. In the process of applying the method of electrospark processing, two directions of processing were used: 1. "Clean processing" in our case, "soft processing mode" is processing in soft modes with short-circuit currents up to 10-15 A, while achieving the smallest roughness of the strengthened surface (up to $\nabla 7$) with a small thickness of the strengthened layer (up to 0.1 mm). 2.

"Rough processing" - in our case, "hard processing mode" is processing in rough modes with short-circuit currents of more than 15-20 A with obtaining larger thicknesses of the hardened layer up to 1-3 mm with high surface roughness of the hardened layer [3]. Self-propagating high-temperature synthesis (HSS) is an effective energy- and resource-saving method of obtaining composite powders. An important technological advantage of using the SVS method for obtaining composite powders is also the possibility of obtaining multicomponent products in one stage even in material systems that differ significantly in terms of materials. Metals, metal alloys and intermetallic compounds are often used as binders, and carbides are usually used as refractory compounds. titanium, chromium, silicon, and others, as well as titanium, aluminum, aluminum, and iron oxides [4]. In SVS technologies, the materials used are an exothermic mixture of powder components in a bulk or compressed state. As starting reagents, we used: aluminum powder of the PAP-1 brand, chromium (III) oxide, boron oxide, qualification h.ch. and graphite of the GLS brand, technical erod angle P 804-T. Initially, the SBS was considered as a method of obtaining refractory powder ceramic compounds (Cr_3C_2 , TiC , CrB , Fe_2B , FeB and their mixtures), which are used in the distant future to create mechanical surfacing mixtures. When studying the parameters of linear wear of used parts, the greatest difficulty is the measurement of their blade thickness. There are various methods of measuring this parameter, obtaining an impression on plates made of lead or aluminum, with further processing of these proven methods. The problem of measuring the thickness of the layer is that there are no generally accepted criteria for assessing its sharpness for real time. Hence the impossibility of comparing the results obtained by different authors. To increase the hardness and wear resistance of surfacing materials, without significantly changing the technology of their application, it is possible to use the technique of modifying these materials with the addition of superhard metal carbides (TiC , WC , Cr_2C_3), nonmetal carbides or solid lubricants (B_4C , S □ coating is applied by high-energy methods: arc, laser or plasma surfacing. At the same time, the modifier introduced into the main material to be surfacing, as a

rule, in small (up to 5 wt. %) quantities, can improve its characteristics due to various effects: Charpy, dispersion hardening, or enter into chemical interaction with the material, forming new phases, i.e. is an active modifier of training and wear resistance.

Conclusions: The design of the reinforcing coating of the parts is substantiated, taking into account the profile of their predominant wear figure, which is two right-angled triangles, oriented with long sides and sharp angles along the cutting edge in the direction of the rounded part of the part, applied to the back of the knife, the width of the milled edge and the length, which is equal to 2/3 of the length. It is proposed to increase the durability of parts by increasing the wear resistance of the materials of their strengthening coatings based on hard alloys by modifying them: cermet Cr₃C₂/ PG-US 25 (up to 4.5 times), carbide B₄C (up to 2.5 times), WC/B₄C complex (up to 3.1 times), which are included in the base charge for induction surfacing. At the same time, modification of the coating material with Kermit increases the durability of the part by about 10 times.

REFERENCES

1. Tkachev, V.M. Wear and tear and durability of agricultural machine parts / Tkachev, V.M. - M.: Mashinobuduvaniya, 2011. 264 p.
2. Zhudra, A.P., Voronchuk, A.P. Wear-resistant surfacing with powder tapes / Zhudra, A.P., Voronchuk, A.P. // Zvarnyk. - 2010. - No. 6. - S.
3. Chornoivaniv, V.I. Electrospark processing of metals - a universal method of restoring worn parts / V.I. Chornoivanov, V.P. Lyalyakin // Organization and technology of restoration of parts. - M: , 2013. - P. 301–318.
4. Amosov, A.P. Powder technology of high-temperature synthesis of materials: Teaching. manual / Amosov A.P., Borovynska I.P., Merzhanov A.G. // Under the scientific editorship of V.M. Antsiferova – M: Mashinobuduvanyan–1, 2007. - 567 p.

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РЕСУРСОЗАБЕЗПЕЧУЮЧИХ ДЕТАЛЕЙ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ.

Істотне підвищення довговічності відновлених ресурсозабезпечуючих деталей може бути досягнуто застосуванням: конструкції зміцнюючого покриття, використанням як матеріал зміцнюючого покриття модифікованих твердих сплавів та модернізацією технології наплавлення. Обґрунтовано конструкцію зміцнюючого покриття деталей, що враховує профіль їхньої переважної фігури зношування, що дозволяє економити матеріал, що зміцнює покриття, і збільшити ресурс деталей.

Ключові слова: модифікація, відновлення, зміцнення, покриття, зношування.

Шалапко Д.О к.т.н., доцент., Андреев А.А., к.т.н., професор, Шалапко Г.Г.
Херсонський навчально науковий інститут НУК, м. Херсон

Покращення експлуатаційних показників танкера за рахунок використання водневих технологій

Використання водневих технологій може позитивно вплинути на експлуатаційні показники танкера в наступні способи:

1. Зменшення забруднення навколишнього середовища: Традиційні танкери працюють на паливі з великою кількістю вуглецю, що викидає в атмосферу велику кількість забруднюючих речовин, таких як вуглекислий газ, оксиди азоту і сірки. Використання водневих технологій допоможе зменшити викиди шкідливих речовин, оскільки паливо на основі водню не викидає в атмосферу вуглекислий газ і інші шкідливі речовини.

2. Зменшення витрат на паливо: Водень є ефективнішим паливом, ніж традиційне нафтове паливо, що може допомогти зменшити витрати на паливо танкера.

3. Покращення продуктивності: Водень може забезпечити більш високу продуктивність двигунів танкера, що дозволить їм працювати більш ефективно та зменшити час зупинок на технічне обслуговування.

4. Покращення безпеки: Водень, як паливо, є менш вибухонебезпечним, ніж традиційні палива, що може допомогти зменшити ризик вибухів на борту танкера.

Використання водню в двигунах внутрішнього згоряння має значний потенціал і може мати декілька переваг порівняно з традиційними паливами, такими як нафта або газ.

Екологічні переваги: Використання водню у двигунах внутрішнього згоряння дозволяє знизити викиди вуглекислого газу та інших шкідливих речовин. При згорянні водню в двигуні утворюється вода як єдиний продукт, що робить водень одним з найекологічніших видів палива.

Ефективність: Водень має високу енергетичну щільність та високу теплотворну здатність, що дозволяє досягнути високої ефективності при використанні у двигунах внутрішнього згоряння. Водень може бути використаний як допоміжне паливо для двигунів з внутрішнім згорянням, що дозволяє знизити споживання палива та викиди шкідливих речовин.

Існує кілька способів використання водню в двигунах:

1. Внутрішнє згоряння: Водень може бути використаний у двигунах з внутрішнім згорянням, таких як двигуни з внутрішнім згорянням на бензині або дизельні двигуни. Для цього використовується паливна система на основі водню, де водень зберігається в спеціальних баках та подається до двигуна через систему подачі палива. При згорянні водню в двигуні утворюється вода і тепло, що дозволяє забезпечити енергію для руху транспортного засобу.

2. Паливні елементи: Водень може бути використаний у паливних елементах, які конвертують хімічну енергію водню в електричну енергію, що потім використовується для приводу електричних двигунів. Паливні елементи складаються з двох електродів та електроліту, який розщеплює водень на електрони та протони. Електрони рухаються через зовнішній коло та створюють електричний струм, а протони рухаються через електроліт та зв'язуються з киснем, що дозволяє утворити воду.

3. Гібридна система: Водень може бути використаний як допоміжне паливо в гібридних системах, де використовуються як електричний, так і внутрішнього згорання двигуни. При цьому водень використовується для забезпечення додаткової потужності для електричного двигуна або як допоміжне паливо для двигуна з внутрішнім згоранням, що дозволяє знизити споживання палива та викиди шкідливих

Використання водню може допомогти покращити експлуатаційні показники двигуна, зокрема:

Ефективність: Водень має високу теплотворну здатність, що дозволяє досягнути високої ефективності двигуна. Крім того, використання водню дозволяє зменшити втрати енергії, що відбуваються в результаті тертя та інших видів втрат у системі паливостачання двигуна.

Екологічність: Використання водню як палива у двигуні дозволяє зменшити викиди шкідливих речовин у атмосферу, оскільки при згорянні водню утворюється вода як єдиний продукт.

Довговічність: Використання водню може допомогти зменшити знос та корозію деталей двигуна, що спричинені відкладенням вуглецю та інших забруднень.

Гнучкість: Водень може бути використаний як допоміжне паливо для двигунів з внутрішнім згоранням, що дозволяє підвищити експлуатаційні показники двигуна в порівнянні існуючими способами підвищення ефективності.

Так, використовуючи малі добавки водню до основного палива, судна танкера ІМО: 9384447 з двигуном MAN 9L48/60 можна забезпечити збільшення потужності на 1...3%, а витрату палива зменшити на 3...5% в залежності від режиму роботи (рис. 1).

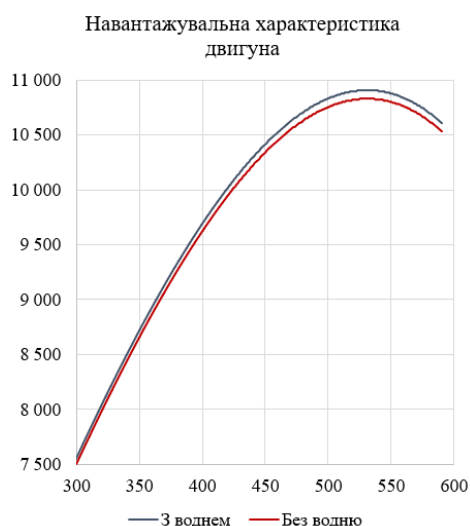


Рисунок 1. Навантажувальна характеристика двигуна

Висновок: отже водень постає дуже перспективним та ефективним засобом для підвищення експлуатаційної ефективності суднових двигунів. За результатами моделювання на розглянутому двигуні MAN 9L48/60 досягається збільшення потужності та зменшення питомої ефективної витрати палива до 5%, в залежності від кількості водню та навантаження на двигун.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Timoshevsky BG, Tkach MR, Shalapko DO Improving the performance of diesel engines by adding hydrogen // Water Transport. 2016. №2 (25). С. 24-28.
2. Tkach MR, Timoshevsky BG, Dotsenko SM, Galynkin Yu.N., Shalapko DO Utilization of heat of secondary energy resources of low-speed marine engines running on alternative fuels // Internal combustion engines. 2017. №2. Pp. 8-13.
3. Timoshevsky BG, Tkach MR, Shalapko DO The main provisions of the mathematical model of hydrogen addition on the high pressure line of fuel equipment // Bulletin of the Kherson National Technical University. 2017. Т. 1., № 3 (62). С. 233-237.
4. Shalapko DO An experimental study of the wave effect in fuel equipment using hydrogen additives to diesel fuel // Technology audit and production reserves. 2018. Vol 6/1, (44). Pp. 36 - 40.

Свиридов В.І., Андреев А.А., Шалапко Д.О.

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Дослідження прогнозів викидів суден та вплив на навколишнє середовище

Науковцями екологічних питань були проведені різні дослідження, щоб спрогнозувати викиди з суден і їхній вплив на навколишнє середовище. Наприклад, Corbett et al. (2010) створили детальний кадастр викидів для базового 2004 року та прогнозованих років 2020, 2030 та 2050 років, враховуючи декілька сценаріїв судноплавства. Пітерс та ін. (2011) побудували майбутні викиди суден від арктичного судноплавства та нафтової діяльності на 2030 та 2050 роки та використали ці дані для формулювання моделювання транспортування хімікатів. Дослідники SongiShon (2014) проаналізували шкідливі викиди із суден за 2006, 2008, 2009 роки у порту Пусан (Південна Корея) та порівняли їх із майбутніми сценаріями (2020, 2050 рр.). Лю та ін. (2018) досліджують прогноз викидів суден на рівні порту та регіону до 2020 року, щоб вивчити вплив існуючої та потенційної політики Китайської внутрішньої зони контролю викидів (DECA). Наведені вище дослідження дають значні знання про облік викидів суден. Проте сучасна література зосереджена переважно на детерміністському підході, і результати прогнозу зазвичай виражаються як точкові оцінки, які не містять помилок і містять недостатню інформацію. Крім того, важливо враховувати притаманну невизначеність прогнозів, і використання детермінованої екстраполяції може бути не найкращим підходом, якщо основним інтересом є прогнозування ймовірного інтервалу майбутніх викидів. Запропонований алгоритм Байєса надає особі, яка приймає рішення, ряд можливих результатів на основі концепції імовірного прогнозування. На відміну від точкового прогнозу, він надає додаткову цінну інформацію, таку як найбільш ймовірна кількість, дисперсія, нижній і верхній пороги майбутнього розподілу (Morita et al., 1996; Taylor and Buizza, 2003). Отже, він служить кращим орієнтиром для прийняття рішень, ніж точкова оцінка. Крім того, байєсівський підхід забезпечує адаптивне навчання з часом змінних у часі упереджень і оновлює попередні знання новими даними, щоб отримати корисні знання щодо змінних у часі моделей руху суден, а також дає більш надійну оцінку. Використання байєсівської системи для прогнозування невідомих не є новим в академічних дослідженнях. Насправді, байєсівське прогнозування було гарячою темою досліджень у літературі з управління матеріально-технічними запасами з 1950-х років (Brown, 1959). Подібним чином були також проведені дослідження з використанням байєсівського аналізу в області прогнозування повеней (Krzysztofowicz and Herr, 2001; Maranzano and Krzysztofowicz, 2004). У морській сфері дослідження байєсівського та імовірного прогнозування є рідкісними та обмеженими. Проведено кілька досліджень на теми морських ава-

рій, зіткнень і оцінки ризиків морського транспорту (Zhang and Thai, 2016; Afenyo et al., 2017). Однак щодо викидів кораблів застосування байєсівського прогнозування залишається в основному невивченим. Майбутнє моделювання викидів має важливе значення для оцінки прогресу в досягненні екологічних цілей. Однак поточна методологія не може бути використана через відсутність AIS і майбутні рухи суден. Таким чином, ця стаття є фундаментальним внеском, який пов'язує ідею байєсівського ймовірнісного прогнозування з викидами кораблів. Запропонована методологія може бути застосована до широкого діапазону прогнозних горизонтів для прогнозування глобальних викидів із суден, а також для створення кадастру регіонального чи місцевого масштабу.

В дослідженнях було розглянуто п'ять типів суден: контейнеровоз; суховантажний судно; танкер, який включає танкер для хімікатів/нафти/скрапленого газу/природного газу; вантажне судно, яке включає судно для генеральних вантажів, судно-РО-РО і рефрижератор; нарешті пасажирське та круїзне судно.

Обчислені забруднюючі речовини: CO_2 , SO_x , NO_x , CO та CH_4 . Фактичні викиди від суден у порту Сінгапуру з березня 2019 р. по лютий 2020 р. підсумовані в таблиці 3. Загалом, узгодженість результатів між фактичними та розрахунковими викидами від суден була задовільною, враховуючи, що фактичні викиди перебували між верхньою та нижньою межами очікуваних результатів з 95%.

Важко придумати більш ефективне джерело доходу, ніж оподаткування палива, що використовується в міжнародній авіації та морській діяльності. Вони є основним джерелом викидів вуглекислого газу, що постійно зростає, і в основному не оподатковуються, що посилює наслідки інших аномалій у виразно легкому оподаткуванні обох секторів. Очікувані вигоди для навколишнього середовища, доходів і зменшення некліматичних податкових викривлень (як другий найкращий підхід) є значними.

Проблеми полягають у сприянні міжнародній координації встановлення ставок, яка є необхідною через високу мобільність бази оподаткування, а також у розподілі доходів між країнами та напрямками використання. Добре для навколишнього середовища, добре для фіскальної позиції Паливо, що використовується для міжнародного авіаційного та морського транспорту, становить зростаючу частку глобальних викидів вуглецю, пов'язаних з енергетикою (близько 4%), але вони майже завжди виключені з ініціатив встановлення ціни на викиди вуглецю.

Для морського транспорту це відображає гостру податкову конкуренцію, яка виникає через здатність великих кораблів, які можуть долати величезні відстані на одному баку пального, легко змінювати маршрут, щоб використовувати дешевше паливо. Міжнародні морські перевезення також включаються з ПДВ, але це не так важливо, оскільки більшість послуг з доставки купуються для бізнесу, а не для кінцевого споживання (тому будь-який ПДВ зараховується або повертається платнику податку). У морському суд-

ноплавстві має значення те, що звичайний податок на прибуток підприємств часто не застосовується (знову ж таки в результаті гострої податкової конкуренції), замість цього податок стягується – за набагато нижчими ефективними ставками – відповідно до спеціальних режимів «податку на тоннаж». Офіційно проаналізовано ці проблеми.

Суть проста: потенційні вигоди від встановлення значної ціни на ці види палива є дуже суттєвими – для навколишнього середовища, для доходів і для зменшення втрат від інших податкових викривлень. Якщо говорити про дохід, то глобальна плата за викиди CO₂ у розмірі 25 доларів США за тонну – на низькій стороні (IAWG США, 2013 р.) – збільшить доходи приблизно на 12 мільярдів доларів США від міжнародної авіації та 25 мільярдів доларів США від судноплавства. Це може мати велике значення для виконання зобов'язань розвинутих країн щодо мобілізації 100 мільярдів доларів на рік, починаючи з 2020 року, для кліматичного фінансування в країнах, що розвиваються (навіть після компенсаційних заходів, про які йдеться нижче). Враховуючи політичні труднощі з розподілом викидів і доходів від діяльності з перетину кордонів між окремими країнами, це багато в чому є природним джерелом такого колективного фінансування. Звичайно, доходи можуть бути використані для задоволення національних фіскальних потреб; можливо, щоб зменшити інші більш викривлені податки.

Гострим питанням для політики пом'якшення викидів вуглецю є принцип – втілений у Рамковій конвенції ООН про зміну клімату – «спільної, але диференційованої відповідальності». Відносна легкість, з якою оператори можуть використовувати різницю в цінах на паливо (можливо, особливо на морські перевезення), означає, що ефективність вимагатиме широкої участі в цих схемах ціноутворення. Наслідком є необхідність певної компенсації для країн, що розвиваються (на які припадає більше третини викидів як від авіації, так і від морського транспорту).

Що стосується морських перевезень, існує більша невідповідність між тим, хто збирає податки на пальне, і тим, хто несе тягар вищих цін; очевидним прикладом є країни, що не мають виходу до моря, які імпортують товари. Знижки, пропорційні часткам країн у вартості або обсязі глобальної морської торгівлі, можуть бути кращим підходом (Stochniol 2012).

Ідея встановлення ціни на викиди від палива для міжнародних перевезень піднялася на політичний порядок денний протягом останніх кількох років. Після багатьох злетів і падінь і багато політичного розпалу, викиди вуглецю, вивільнені внаслідок боротьби всередині ЄС, тепер включені в EU-ETS. Але це частково для того, щоб підтримувати тиск на сам сектор, щоб він нарешті виступив із пропозиціями щодо глобальної схеми; ІКАО планує розробити таку схему до 2016 року. Ймовірно, морський сектор піде за цим. Але прогрес поки що був дуже повільним, із широким опором простим податковим заходам і схильності виділяти значні частки надходжень самим галузям. Розглядаючи це як екологічні проблеми та залишаючи питання дизайну в основному в руках самих секторів, ми не завелися далеко. Настав час для

глибшого залучення міністрів фінансів – не в останню чергу з огляду на їхній інтерес до фіскальних інструментів і нових надходжень для задоволення потреб консолідації або зниження інших обтяжливих податків.

Висновок

Було розроблено байєсівський імовірнісний алгоритм моделювання для прогнозування кумулятивних викидів суден шляхом використання фактичних рухів суден у зразках записів AIS та екстраполяції обсягу прибуття суден. Емпіричне дослідження було проведено для порту Сінгапуру та періоду 2020–2025 років, причому 2018 рік є базовим роком для порівняння.

Запропонований підхід можна адаптувати до інших портів і регіонів, відображаючи характеристики руху суден і очікувані прибуття суден.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. WhyaGOOS? In: The Global Ocean Observing System [website]. Paris: Global Ocean Observing System, Intergovernmental Oceanographic Commission; 2019 http://www.goosocean.org/index.php?option=com_content&view=article&id=118&Itemid=109, accessed 13 April 2019).
2. Halpern BS, Longo C, Zeller D. An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*. 2012;488:615–620
3. Keen, M, I Parry and J Strand (2013), “Planes, ships and taxes: Charging for international aviation and maritime emissions” *Economic Policy*, vol. 28, pp. 710-749.
4. Stochniol, A (2012), “A rebate mechanism for an equitable maritime emissions reduction scheme,” in R. Asariotis and H. Benamara (eds) *Maritime Transport and the Climate Change* (Routledge: Abingdon).
5. US IAWG (2013), Technical Support Document: Technical Update of the Social Cost of Carbon for Regulatory Impact Analysis Under Executive Order 12866, Interagency Working Group on Social Cost of Carbon, United States Government, Washington, DC.

Шалапко Д.О к.т.н., доцент., Андреев А.А., к.т.н., доцент Шалапко Г.Г.
Херсонський навчально науковий інститут НУК, м. Херсон

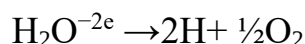
Удосконалення експлуатаційних показників малого судна, використовуючи металогідридний паливний елемент

Так, в боротьбі за збереження навколишнього середовища та зменшення негативного впливу на здоров'я людей, норми токсичних викидів з двигунів внутрішнього згоряння постійно зменшуються. Наприклад, в країнах Європейського Союзу та США прийняті вимоги до емісій шкідливих речовин з автотранспорту, які регулярно оновлюються та посилюються. Такі норми є результатом наукових досліджень, які показують негативний вплив викидів з двигунів на здоров'я людей та навколишнє середовище. Зменшення токсичних викидів допомагає знизити ризик розвитку серйозних захворювань, таких як рак та захворювання дихальних шляхів.

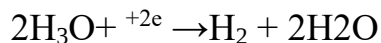
На жаль, робота дизель-генераторів на "важкому" паливі за межами зони контролю викидів на повну потужність не є ефективним рішенням для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей. Використання важких палив (таких як мазут чи вугілля) в дизель-генераторах призводить до великих викидів шкідливих речовин, таких як сірководневі сполуки, оксиди азоту та частки диму, які можуть мати серйозний негативний вплив на здоров'я людей та навколишнє середовище.

Дизель-генератори що встановлюють на судах зазвичай мають запас потужності, це обумовлено наявністю споживачів що працюють періодично, а також резервом потужності для забезпечення споживачів що працюють безперервно, але зі змінними енерговитратами. Для накопичення енергії ефективним рішенням стане отримання водню способом електролізу з наступним використанням низькотемпературних паливних елементів (ПЕ) на базі полімерної протон-обмінної мембрани.

Отримання водню відбувається електролізерами з твердим полімерним електролітом, що є новим поколінням обладнання для використання електрохімічного процесу [1, 2], та відрізняються малими енерговитратами (4,0...4,3 кВт·год на 1 м³ водню), меншими розмірами, високою чистотою водню. Полімерна мембрана це синтезована на базі високополімерних смол, що складаються з фторованих сульфокислот. Властивості таких мембран близькі до тефлону, а при збільшенні воді вона еквівалентна 10 % сірчаної кислоти. Мембрана, що набухла у воді мембрана стає проникною для гідротированих іонів водню. Конструктивно електролізер з твердополімерними електродами (ТПЕ), має між електродами електролітну мембрану товщиною до 0,2 мм на бічних гранях якої нанесені високодисперсні електрокаталізатори (ЕК) катодного і анодного процесів. Контактуючі тонкими колекторами струму електрокаталізатори, виготовленими з пористого титану. Реакція, що протікає на аноді:

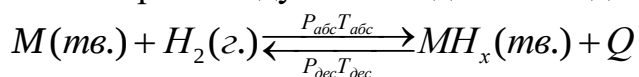


де: e – заряд електрона, іони водню H^+ переносяться через твердополімерні електроди на катодний ЕК під впливом електричного поля міжелектродного потенціалу, але іони гідрогену гідратовані і переміщуються до катоду в парі з молекулою води у вигляді іону гідроксонія H_3O^+ . На катодному ЕК відбувається реакція:



Водень, що утворився, через пори колектора струму проходить в катодну камеру електролізера. Аналогічно утворений кисень на одній стороні мембрани, а водень – на другій.

Зберігання водню має труднощі, пов'язані з його низькою щільністю в газоподібному стані (так при атмосферному тиску 1 кг водню займає об'єм 11 м^3). На сьогодні найефективнішим та безпечним методом являється зберігання водню у зв'язаному вигляді у гідридах металів. Оборотною реакцією утворення металогідриду може бути здійснена прямою взаємодією гідридоутворюючого металу або інтерметаліду з газоподібним воднем:



де: M – гідроутворюючий сплав, Q – теплота реакції.

Зростання тиску водню та зменшення температури зсонує рівновагу в сторону виникнення гідридів, а падіння тиску та зростання температури викликають розпад гідриду. Серед перспективних сплавів гарні властивості має **Mg-Mn-Ni**, він може вмістити до **5,4% водню за масою**, його **питома енергоємність досягає 2,1 кВт·год/кг**, для порівняння **Li-іона** акумулятори мають питому енергоємність близько 0,22 кВт·год/кг.

Використання водню відбувається на базі паливних елементів. Найефективнішим та поширеним паливним елементом (ПЕ) є елемент побудований на твердополімерній мембрані. Енергетичний ККД паливних елементів складає 65...70%, при умові утилізації енергоресурсів може сягати 85%. ПЕ складається із іонного провідника (електроліту) та двох електродів, які знаходяться в безпосередньому контакті. До електродів постійно подається водень та кисень або повітря (в якості окислювача), а також відводяться продукти окислення та тепла енергія. В якості електроліту виступає тверда полімерна мембрана (плівка), що проводить лише електричний заряд з анода на катод, в результаті чого на електродах з'являється струм. Електроди з вкриті шаром платини мають високу корозійну стійкість та забезпечують високу щільність струму, що дозволяє зменшити їх масогабаритні параметри та поліпшити їх експлуатаційну ефективність.

Використання даної методики призводить до підвищення ефективності роботи дизель-генераторів, а саме до максимальної тривалості роботи на найефективнішому навантажувальному режимі. А також акумуляція енергії отриманої на більш дешевому паливі, з подальшим її використанням в зонах емісійного контролю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Колачев, Б. А. Сплавы-накопители водорода: справ./ Б. А. Колачев, Р. Е. Шалин, А. А. Ильин М : Металлургия, 1995.
2. Primisky V. F. Hydrogen Materials Science and Chemistry of Metal Hydrides, ICHMS 7th Int. Confer. “ Abstract of pure hydrogen generator “. Alushta-Crimea-Ukraine, 2001, 16 - 22. 09.
3. Primisky V. F., Kossonovich F. U. , Cuknova L. A. , kopulova L. I. Hydrogen generator applying in the gas analysis instrument (Proc. Int. Scient. Technol. Conf. “Hydrogen materials and hydrocarbon`s nanomaterials chemie”). Sudak, Crimea, 2003. pp.1094.
4. Primisky V.F., Cukanova L.A. Sources of the pure hydrogen [istochnikichistogovodoroda]. Trudynaychno-technicheskoy konferencii KPI (Proc. Scient. Techn. Confer. “Instrument Making: status and prospects”). Kiev, 2002.

Види та аналіз дефектів матеріалів і їх характеристика

Помилки конструювання, порушення технологічного процесу виробництва, технічного обслуговування і ремонту деталей суднових механізмів, а також експлуатація приводять до виникнення в них дефектів.

Дефектом називають кожну окрему невідповідність продукції вимогам, встановленим нормативною документацією. Дефекти деталей по місцю розташування можна поділити на локальних (тріщини, ризики і так далі), дефекти у всьому об'ємі або по всій поверхні (невідповідність хімічного состава, якості механічної обробки і так далі), дефекти в обмежених зонах об'єму або поверхні деталі (зони неповного гарту, корозійної поразки, місцеве наклепання і так далі). Дане місцезнаходження дефекту може бути внутрішнім (глибинним) і зовнішнім (поверхневим і підповерхневим).

По можливості, виправлення дефекти класифікують на тих, що усуваються і не усуваються. Дефект, що усувається, можливо і економічно доцільно виправити. Інакше це дефект, що не усувається. По віддзеркаленню в нормативній документації дефекти ділять на прихованих і явних. Прихований дефект — дефект, для виявлення якого в нормативній документації не передбачені необхідні правила, методи і засоби контролю. Інакше це явний дефект. По причинах виникнення дефекти підрозділяють на конструктивних, виробничих, експлуатаційних. Конструктивні дефекти — це невідповідність вимогам технічного завдання або встановленим правилам розробки (модернізації) продукції. Причини таких дефектів — помилковий вибір матеріалу виробу, невірне визначення розмірів деталей, режиму термічної обробки. Ці дефекти є наслідком недосконалості конструкції і помилок конструювання. *Виробничі дефекти* — невідповідність вимогам нормативної документації на виготовлення, ремонт або постачання продукції. Виробничі дефекти виникають в результаті порушення технологічного процесу при виготовленні або відновленні деталей. *Експлуатаційні дефекти* — це дефекти, які виникають в результаті зношування, втоми, корозії деталей, а також неправильної експлуатації. Найчастіше зустрічаються наступні експлуатаційні дефекти: зміна розмірів і геометричної форми робочих поверхонь; порушення необхідної точності взаємного розташування робочих поверхонь; механічні пошкодження; корозійні пошкодження; зміна фізико-механічних властивостей матеріалу деталей.

Дефекти, що виникають при складанні одиниць, — втрата жорсткості з'єднання; порушення контакту поверхонь, посадки деталей і розмірних ланцюгів. Втрата жорсткості виникає в результаті ослаблення різьбових і заклепувальних з'єднань. Порушення контакту — це наслідок зменшення площі прилягання поверхонь в деталях, що сполучаються, внаслідок чого спостерігається потеря герметичності з'єднань і збільшення ударних навантажень.

Порушення посадки деталей викликається збільшенням зазору або зменшення натягу. Порушення розмірних ланцюгів відбувається завдяки зміні співвісній, перпендикулярності, паралельності і так далі, що наводить до нагріву деталей, підвищення навантаження, зміни геометричної форми, руйнування деталей;

Дефекти, що виникають в деталей в цілому, — порушення цілісності (тріщини, облом, розриви і ін.), невідповідність форми (вигин, скручування, вм'ятини і ін.) і розмірів деталей. Причини порушення цілісності (механічні пошкодження) деталей — це перевищення допустимих навантажень в процесі експлуатації, які впливають на деталь або із-за втоми матеріалу деталі, які працюють в умовах циклічних знакозмінних або ударних навантажень. Якщо на деталь впливають динамічні навантаження, то у них може виникнути невідповідність форми (деформації, руйнації);

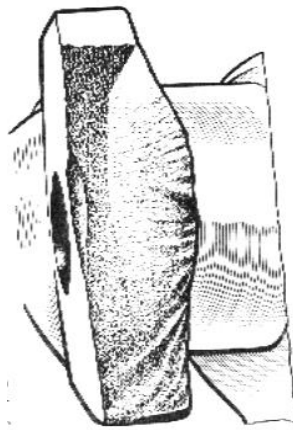


Рис.1. Злам колінчастого валу дизеля.

Дефекти, що виникають в окремих поверхнях, — невідповідності розмірів, форми, взаємного розташування, фізико-механічних властивостей, порушення цілісності. Зміна розмірів і форми (не циліндричність, не площинність і так далі) поверхонь деталей відбувається в результаті їх зношування, а взаємного розташування поверхонь (не перпендикулярність, не співвісність і так далі) — із-за нерівномірного зносу поверхонь, внутрішніх напруги або залишкових деформацій. Фізико-механічні властивості матеріалу поверхонь деталей змінюються під час нагріву їх в процесі роботи або зносу зміцненого поверхневого шару і виражається в зниженні твердості. Пошкодження цілісності поверхонь деталей викликається корозійними, ерозійними або кавітаційними поразками. Корозійні пошкодження (суцільні окисні плівки, плями, раковини і так далі) виникають в результаті хімічного або електрохімічної взаємодії металу деталі з корозійним середовищем. Ерозійні і кавітаційні поразки поверхонь виникають при дії на метал потоку рідини, рухомої з великою швидкістю. Ерозійні пошкодження металу деталі відбувається із-за безперервного контакту металу із струменем рідини, що наводить до утворення плівок оксидів, які при терті потоку рідини об метал руйнуються і віддаля-

ються з поверхні, а на поверхнях деталей утворюються плями, вимоїни. Пошкодження (каверни) кавітацій металу відбуваються тоді, коли порушується щільність потоку рідини і утворюються міхури кавітацій, які знаходячись в поверхні деталі, зменшуються в об'ємі з великою швидкістю, що наводить до гідравлічного удару рідини по поверхні металу.

В реальних умовах спостерігаються поєднання дефектів. При виборі способу і технології відновлення великі значення мають розміри дефектів. *Величина дефектів* — кількісна характеристика відхилення фактичних розмірів і (або) форми деталей і їх поверхонь від номінальних значень. Можна виділити три групи розмірів — до 0,5 мм; 0,5...2 мм і понад 2 мм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технічне обслуговування судна в рейсі: Довідник/ А.А.Фока, Ю.Д.Митрюшкін, В.В.Тарапата і ін.; Під ред. А.А.Фока.-М. транспорт, 1984.-320 ст.
- 2.Технологія конструкційних матеріалів: Учбовий посібник / Сологуб М.А., Рожнецький І.О., Некіз О.І. та ін.; під ред. М.А. Сологуба. -К.: Вища школа, 1993. -300 с.

Zhuravlov Yu.I., Kostyuchenko Ye.F.,
National University "Odessa Marine Academy"

Modeling technique for increasing the reliability indicators of "shaft-plain bearing" parts' interactions

A model is considered for assessing the increase in reliability indicators of "shaft-sliding bearing" couplings, the time between failures of which are described by the five most common laws: normal, logarithmically normal, exponential, Erlang and Weibull.

One of the directions is to identify the influence of the reliability of the parts that make up the product on the reliability of the entire assembly, unit, machine. This allows one to identify those parts that need to be improved in the first place, choose a strategy for improving the reliability of a technical product, quantify the improvement in the reliability characteristics of the "shaft-plain bearing" mates, and the entire structure as a whole.

The object of these studies is conjugation, which is a functional system consisting of M parts connected in series. The failure of any part leads to the failure of the entire assembly as a whole. The operability of the node is restored by replacing the failed i -th ($i = 1, 2, \dots, M$) part with a new one. Since failure occurs at a random moment, the lifetime of a part can be described using recovery processes. At the same time, it is considered that each i -th part of the product is characterized by the operating time $t_{cp\ ij}$ from $(j-1)$ - to the j -th failure ($j = 1, 2, \dots, Z$), the distribution of which does not contradict one of the following laws: normal, exponential, log-normal, Erlang and two-parameter Weibull law.

The main characteristics of the recovery process are the leading function of the failure flow $\Omega(t)$ and the failure flow parameter $\omega(t)$. Since in the course of research methods for calculating the leading function of the failure flow $\Omega(t)$ according to analytical dependencies [1,2] and the method of statistical modeling [3] were developed, this makes it possible to analyze products whose life cycle is described by any recovery process, in particular, a simple, general and general non-stationary. With the help of the model, it is also possible to consider systems in which the laws describing the operating time until the next replacement are different.

The objective function of the mathematical model is the minimum of the total average unit costs $C_{ud}(t)$ for the manufacture of a technical product and its maintenance in good condition:

$$C_{y0}(t) = \frac{(D+1)}{t} \sum_{i=1}^M C_{oi} \Omega_i(t) + \frac{C_u}{t} \quad (1)$$

where M is the number of elements included in the product; D is a coefficient that takes into account labor costs, material consumption and losses from downtime when replacing product parts; C_{di} - cost of the i -th part; S_i - the initial cost of the product; $\Omega_i(t)$ - the leading function of the flow of failures of the i -th part.

In addition to the minimum of the total average unit costs $C_{sp \min}$, the reliability level n , the optimal resource t_{opt} , as well as the product time to first failure t_{fl} are taken as optimized reliability indicators.

To simulate the increase in reliability indicators, a part replacement is simulated. A part that has the worst reliability characteristics compared to other parts of the product is replaced by a more reliable one, which has higher values of reliability and durability, and, therefore, has a different cost.

To take into account the increase in the resource and reduce the relative dispersion of the values of the parts' operating time and the corresponding change in cost indicators, the coefficients introduced in [1,2] were adopted:

- coefficient of resource increase - ρ , shows how many times the resource of the improved part increases in relation to the original,

$$\rho = t'_{cp \partial} / t_{cp \partial}, \quad (2)$$

где $t'_{cp \partial}$ и $t_{cp \partial}$ –

respectively, the resources of parts improved and original;

- coefficient of change in the cost of the part μ , reflects the increase in the cost of the part as a result of its improvement,

$$\mu = C'_{\partial} / C_{\partial}, \quad (3)$$

where C'_{∂} and C_{∂} are the cost of the improved and original part respectively;

- coefficient of change in the dispersion of the resource of parts η , showing a decrease in the dispersion of the resource of a product part with its improvement,

$$\eta l = C v / v l, \quad (4)$$

where v_{∂} and v'_{∂} are the coefficients of variation of the original part and after its improvement;

- coefficient of proportionality k_p , reflecting the ratio of the increase in cost to the increment in the resource of the part when it is improved;

- coefficient of proportionality k_{η} , reflecting the ratio of the increase in cost to the decrease in the dissipation of the part's resource during its improvement;

- coefficient k_i , reflecting the ratio of the cost of the product to the total cost of parts

$$k_u = \frac{C_u}{\sum_{i=1}^M C_{\partial i}} \quad (5)$$

where S_i is the cost of the product; $C_{\partial i}$ is the cost of the i -th part.

The coefficients listed above are the control parameters of the model. During the simulation, they are assigned different values, and then the main cost and reliability characteristics of the part are recalculated.

The cost of an improved element is determined by the formula

$$C'_{\partial} = \mu \cdot C_{\partial}, \quad (6)$$

where

$$\mu = 1 + \sqrt{k_{\rho}^2 (\rho - 1)^2 + k_{\eta}^2 (\eta - 1)^2} \quad (7)$$

The cost of the improved product is calculated according to the dependence:

$$C_u' = \frac{1}{k_u} \left[(\mu - 1) C_{\partial} + \sum_{i=1}^M C_{\partial i} \right] \quad (8)$$

The correction of the average resource and the coefficient of variation of the part is carried out using coefficients, depending on the type of the theoretical distribution law, taking into account changes in the parameters of the law.

In particular, for a normal law:

$$t' = t \cdot \rho, \quad (9)$$

$$\sigma = \sigma \cdot \rho / \eta. \quad (10)$$

Since the exponential law is one-parameter law and does not depend on the resource dissipation factor, the parameter λ' for a new part is calculated using the following formula:

$$\lambda = \lambda / \rho. \quad (11)$$

For the Erlang law, the step of the resource dissipation factor is changed discretely so that the order of the law m' of the improved part is changed by an integer. The order of the law is calculated by the formula:

$$m' = m \cdot \eta^2 \quad (12)$$

and is rounded to a integer value; the law parameter $\square$ 'is defined as

$$\lambda = \lambda \cdot \eta^2 / \rho. \quad (13)$$

For the two-parameter Weibull law, the parameters are recalculated in stages. The shape parameter depends only on the scatter factor of the resource, but is related to the coefficient of variation using the gamma function. Therefore, it is calculated, through the coefficient of dispersion of the resource, the coefficient of variation of the improved part. Then, according to the obtained value of the coefficient of variation, using the table, the shape parameter and the value of the gamma function for the improved part are calculated. The scale parameter $\square$ ' is calculated using the following formula:

$$\lambda' = \frac{1}{\alpha'} \sqrt{\frac{\lambda^{\frac{1}{\alpha}} \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha'}\right)}{\rho \cdot \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)}} \quad (14)$$

where $G(x)$ - gamma - Euler function, α and λ - the parameter of the form and scale of the law of distribution of the resource of the original part respectively; α'

and λ' are the parameter of the form and scale of the law of resource distribution of the improved part respectively.

For the logarithmically normal law, a new value of the parameter σ' is also determined from the beginning, since this parameter depends only on the change in the coefficient of variation. The formula for calculating the parameter σ' is:

$$\sigma' = \sqrt{\ln \left[\frac{e^{\sigma^2} - 1}{\eta^2} + 1 \right]} \quad (15)$$

where σ is the dispersion parameter of the resource of the log-normal law for the original part.

The parameter t' of the log-normal value is recalculated for the improved part according to the formula:

$$t' = \frac{2 \ln \rho + \sigma^2 + 2t - \sigma'^2}{2} \quad (16)$$

where σ is the resource dispersion parameter and t of the log-normal law for the original part; σ' is the log-normal resource dispersion parameter for the improved part.

REFERENCES

1. Barlow R., Proshan F. Statistical theory of reliability and reliability testing. –K.: Scientific thought, 1984.-328s.
2. Mozhaev A. S. General logical-probabilistic method for analyzing the reliability of complex systems. Uch. settlement Lviv.: VMA, 1988. - 68s.
3. Ryabinin I. A. Reliability and safety of structurally complex systems. Rivne, Libra, 2007, 278 p.

ДВИГУНИ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ УСТАНОВКИ

УДК 629.5

Сагін С.В., Столярик Т.О.

Національний університет «Одеська морська академія»

Діагностування якості процесу мащення суднових дизелів

Процеси мащення відіграють першорядну роль під час експлуатації та забезпечення надійності суднових дизелів. Навіть короткочасне відсутність мастильного матеріалу між поверхнями тертя або відхилення в негативний бік процесу мащення від розрахункового та тому очікуваного або передбачуваного режиму мащення може привести до виникнення аварійних ситуацій та зниженню надійності роботи суднової енергетичної установки.

Якість процесу мащення суднових дизелів оцінюється за різними показниками, насамперед за аналізом моторного мастила, що взято з підпоршневого простору (лише для двотактних дизелів) або з картеру дизеля (для чотиритактних); за показниками робочого циклу (за величиною тиску наприкінці процесу стиснення та за значенням температури випускних газів); за механічними втратами, що виникають під час перетворення теплотворної здатності палива в корисну роботу.

Чотиритактні дизелі характеризуються загальною системою мащення, в якій моторне мастило забезпечує мащення та охолодження циліндрової групи та підшипників руху. Для чотиритактних дизелів одним з розповсюджених зі способів діагностування процесу мащення та технічного стану пар тертя (трибосполучень поршневе кільце – втулка циліндра а також вкладиш підшипника – вал) є аналіз моторного мастила, яке взяте з картера дизеля. При цьому до основних показників, за якими здійснюється діагностування процесу мащення, є загальне лужне число (Total Base Number – TBN) та вміст в моторному мастилі механічних домішок.

Дослідження проводилися для суднових моторних мастил Castrol Vection 15W40 та Shell Rimula R4X 15W40, які використовувалися в системі циркуляційного мащення суднового дизеля Volvo Penta TMDA 163A. Основні характеристики моторних масел наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Основні характеристики моторних масел

Параметр	Castrol Vection 15W40	Shell Rimula R4X 15W40
Клас SAE	15	15
Густина при 15 °С, кг/м ³	912	918
Кінематична в'язкість при 40°C, сСт	98	97
Кінематична в'язкість при 100°C, сСт	15,2	14,9
Температура спалаху, °С	217	212
Total Base Number, мгКОН/г	12,2	12,3

Обидва сорти моторних мастил відносяться до рекомендованих фірмою-виробником для експлуатації дизелів. До складу суднової енергетичної установки входило два названі дизелі, кожен з яких був обладнаний автономною системою мащення, що дозволяло використовувати в них різні моторні мастила (для одного – Castrol Vection 15W40, для другого – Shell Rimula R4X 15W40). Дизелі перед початком експерименту мали пропорційний період експлуатації, однаковий технічний стан основних контактних вузлів (колінчатого валу, вкладишів підшипників, паливної апаратури) та експлуатувалися на однакових навантаженнях (з неузгодженістю не більше $\pm 2,5\%$). Це дозволяло зробити висновок про їхню ідентичність один одному як перед початком експерименту, так і під час його проведення.

Одним з показників, за яким здійснювався контроль технічного стану та діагностування процесу мащення дизелів, було обране загальне лужне число (TBN) моторного мастила. Його вимірювання виконувався за допомогою суднової лабораторії DIGI Used Oil TBN Analysis Kit. Результати вимірювань наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Зміна загального лужного числа моторних мастил під час експлуатації

Час, t , год	Castrol Vection 15W40		Shell Rimula R4X 15W40	
	TBN, мгКОН/г	V_{TBN} , (мгКОН/г)/год	TBN, мгКОН/г	V_{TBN} , (мгКОН/г)/год
1	12,20	–	12,30	–
200	12,00	0,10	11,95	0,175
400	11,75	0,125	11,55	0,20
600	11,35	0,20	11,10	0,225
800	10,95	0,20	10,60	0,25
1000	10,55	0,20	10,10	0,25

Як показник, що характеризує динаміку зміни TBN моторного мастила за певний проміжок часу, доцільно визначати швидкість зменшення його загального лужного числа

$$V_{\text{TBN}} = \frac{\text{TBN}_{n-1} - \text{TBN}_n}{t_n - t_{n-1}} \cdot 100;$$

де TBN_n , TBN_{n-1} , t_n , t_{n-1} – поточне та попереднє значення відповідних показників, співмножник 100 введено з метою кращої візуалізації значень швидкості зменшення TBN в зв'язку з їх невеликим абсолютним значеннями.

За результатами, що надані в таблиці 2, побудовані діаграми, які відображають зміну TBN та V_{TBN} за часом (рис. 1).

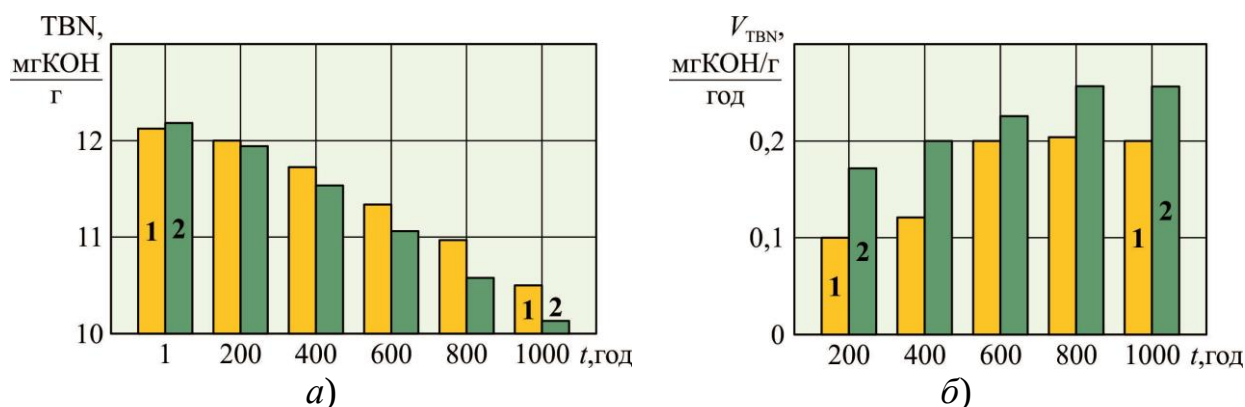


Рис. 1. Зміна характеристик моторного мастила під час експлуатації суднового дизеля Volvo Penta TMDA 163A:

1 – Castrol Vecton 15W40; 2 – Shell Rimula R4X 15W40; а – TBN; б – V_{TBN}

Наведені результати свідчать про можливість діагностування процесу мащення суднових дизелів. При цьому як критерій якості перебігу процесу мащення доцільно використовувати швидкість зміни загального лужного числа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Madey V.V. Usage of biodiesel in marine diesel engines // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2021. – № 7-8. – P. 18 - 21.
2. Мадей В.В. Використання в суднових дизелях паливних сумішей до складу яких входить паливо біологічного походження // Суднові енергетичні установки : наук. -техн. зб. – 2022. – Вип. 44. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 93 - 110.
3. Sagin S., Karianskyi S., Madey V., Sagin A., Stoliaryk T., Tkachenko I. Impact of Biofuel on the Environmental and Economic Performance of Marine Diesel Engines // Journal of Maritime Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11. – P. 120. <https://doi.org/10.3390/jmse11010120>
4. 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 // Journal of Maritime Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10. – P. 1331. <https://doi.org/10.3390/jmse10091331>.
5. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines // Naše more : International Journal of Maritime Science & Technology. – 2018. – Vol. 65(2), 78-86. DOI 10.17818/NM/2018/2.3.

Підвищення ефективності роботи паливної апаратури високого тиску дизелів суден морського та внутрішнього водного транспорту

Дизелі відносяться до найпоширенішого типу енергетичних установок, які використовуються на суднах морського та внутрішнього водного транспорту. Отримання корисної роботи в судових двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) неможливо без використання рідкого палива нафтового походження [1].

Палива для судових ДВЗ поділяють на дистильовані (легкі), наприклад DMX з в'язкістю 5,5 мм²/с, DMA з в'язкістю 6 мм²/с, DMB з в'язкістю 11 мм²/с, та залишкові (важкі), наприклад RMA з в'язкістю 10 мм²/с, RMB з в'язкістю 30 мм²/с, RMD з в'язкістю 80 мм²/с, RMG з в'язкістю 180...500 мм²/с, RМК з в'язкістю 380...700 мм²/с. Важке паливо залишається основним енергоносієм, яке використовується на суднах морського та внутрішнього водного транспорту. Сучасні вимоги, щодо попередження забруднення довкілля оксидами сірки та пов'язані з цим обмеження щодо вмісту сірки в паливі, накладають певні умови до структурного та фракційного складу судових палив. Існує два основних типи зменшення вмісту сірки у паливі: хімічний та технологічний. У першому кількість сірки зменшується за допомогою спеціальних хімічних добавок. У другому (технологічному) існує кілька складних методів, що забезпечують зменшення сірки в паливі, наприклад, заснованих на використанні ультразвукових та електричних полів, а також гідродинамічній обробці. Усе це ускладнює процес переробки сирової нафти на паливо та суттєво збільшує витрати на його виробництво та подальшу експлуатацію. Додаткові компоненти, що вводяться в паливо для зменшення в ньому концентрації сірки, агресивно реагують із усіма компонентами паливної системи – починаючи з відстійних танків та закінчуючи паливною апаратурою високого тиску.

Використання низькосірчистих сортів палива ускладнює процес експлуатації судових двигунів через постійні операції з переходу з одного сорту палива на інше. Зміна сортів палива необхідна під час заходу в порт та під час переходу в спеціальних екологічних районах (Sulfur Emission Control Area – SECA). У цих районах відповідно до вимог Annex VI MARPOL дозволено використання палива із вмістом сірки не більше 0,1%. Переведення дизеля з одного сорту палива (з вмістом сірки до 0,5 %) на інший (з вмістом сірки до 0,1 % або на таке, що не містить сірку) має виконуватися відповідно до рекомендацій та вимог щодо заміни палива із заміною палива у всіх елементах системи. Цей процес може відбуватися від кількох годин до доби в залежності від типу паливної системи, витрат палива та технічних показників двигуна внутрішнього згоряння. При виході з порту та залишанні спеціальних районів необхідно виконання зворотного переведення дизеля на пали-

во з підвищеним вмістом сірки. Ці фактори визначають актуальність завдання, пов'язаного з підвищенням зносостійкості деталей ПНВТ, а також зниженням енергетичних втрат в елементах паливної апаратури високого тиску дизелів під час використання палива зі зніженим вмістом сірки [2].

Існує кілька шляхів для вирішення цієї проблеми. Один із них це нанесення на поверхні прецизійних пар (плунжера ПНВТ та розпилювача форсунки) спеціальних фторорганічних покриттів. Основна функція подібних покриттів полягає в утриманні рідини (у випадку ПНВТ – шару палива) в зоні тертя. Це досягається за рахунок збільшення крайових кутів змочування палива, що знаходиться біля поверхні металу, на якій нанесено фторорганічне покриття (рис. 1), а також за рахунок переспрямованості вектора дії сили поверхневого натягу палива. При цьому збільшується несуча здатність тонкого шару палива та підвищується розклинювальний тиск, що забезпечуються з боку палива [3].

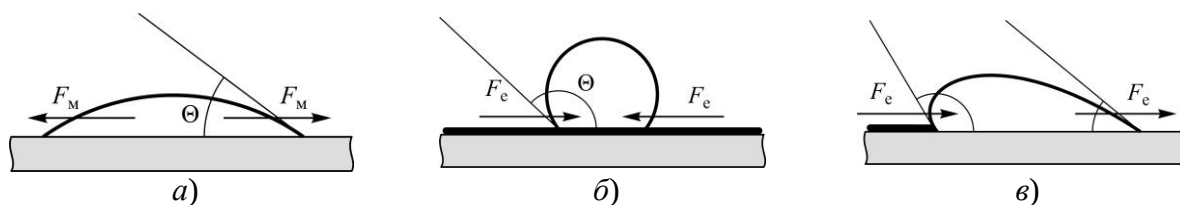


Рис. 1. Крайовий кут змочування і напрямок вектора сили поверхневого натягу палива: *а* – шар палива на металевій поверхні; *б* – шар палива на металевій поверхні, на якій нанесено фторорганічне покриття; *в* – шар палива на межі металевій поверхні та металевій поверхні, на якій нанесено фторорганічне покриття; Θ – крайовий кут змочування; F_M , F_e – сили поверхневого натягу на металевій поверхні та металевій поверхні, на якій нанесено фторорганічне покриття відповідно

Застосування методу використання фторорганічних покриттів для прецизійної пари плунжер-втулка ПНВТ суднових ДВЗ, не отримало широкого поширення в елементах суднових технічних засобів. Це, в тому числі, пов'язано з консервативністю суднової енергетики як науки і прагненням суднового екіпажу уникнути додаткових ризиків, що виникають при впровадженні інноваційних ідей. Особливо це стосується таких відповідальних вузлів, як паливна апаратура високого тиску. Однак, при якісних попередніх дослідженнях, а також при дотриманні технології нанесення фторорганічних покриттів на поверхні елементів паливної апаратури високого тиску, можливо створити умови, що сприяють підвищенню їх експлуатаційних характеристик і економічності роботи дизелів [4].

Дослідження, щодо визначення впливу фторорганічних покриттів на надійність та ефективність роботи паливної апаратури, виконувались на судовому середньообертовому дизелі 9МаК43, що використовувався як головний на судні дедвейтом 12580 тонн, призначеному для перевезення навалювальних вантажів. Енергетична ефективність будь-якої трибологічної системи оцінюється величиною втрат, до яких відносяться: втрати енергії на тертя (визначені коефіцієнтом тертя) і втрати матеріалу в результаті руйнування поверхонь тертя (визначені інтенсивністю зношування). Тому, дослідження полягали у визначенні зносу поверхонь плунжерів які були покриті шаром фторорганічних покриттів, а також тих, що знаходяться в звичайному стані. На плунжера ПНВТ, що забезпечують подачу палива в циліндри №№ 1, 4, 7 не наносилися шари фторорганічних покриттів. Як покриття поверхонь плунжерів використовувалася фторорганічні рідини, які наносилась на плунжера ПНВТ №№ 2, 5, 8 (покриття типу А) та на плунжера ПНВТ №№ 3, 6, 9 (покриття типу В).

Через проміжки часу, що відповідали 400, 800, 1200, 1600 і 2200 годинам роботи дизеля (тривалість яких обумовлювалася умовами експлуатації, що дозволяють виконати зупинку дизеля і ревізію його ПНВТ) виконувалося визначення площі зносу поверхні плунжерів. Після чого отримані значення для кожної групи плунжерів усереднювалися, а дизелі знову вводилися в експлуатаційний режим роботи. Результати досліджень надані у вигляді номограми на рис. 23.

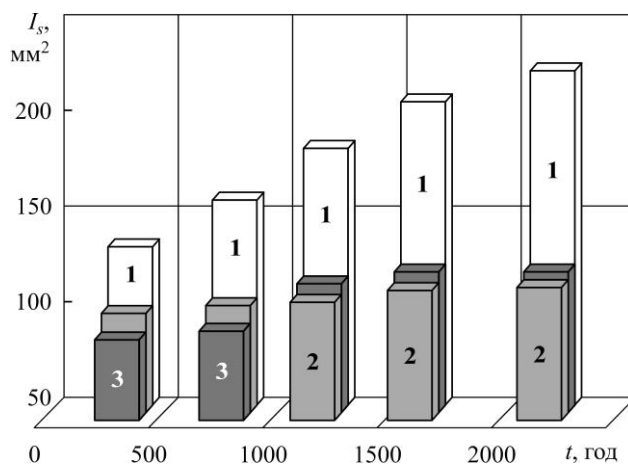


Рис. 2. Залежність зносу I_s плунжерів ПНВТ від часу роботи t суднового дизеля 9MaK43: 1 – плунжери без нанесення на поверхню фторорганічного покриття; 2, 3 – плунжера з нанесеним шаром фторорганічного покриття (тип А та В відповідно)

Проведені дослідження і отримані результати дозволяють зробити наступні висновки.

Експлуатація трибологічної систем плунжер-втулка ПНВТ відбувається в режимі граничного тертя, а шар палива, що розділяє їх поверхні, виконує функції мастильного матеріалу.

Для прецизійної пари паливної апаратури високого тиску плунжер-втулка як метод, що сприяє зниженню контактних навантажень, які виникають на їх поверхнях, може бути використано нанесення фторорганічних покриття.

Товщина шару фторорганічних покриття на поверхні плунжерів ПНВТ складає 12,0...15 нм, що не впливає на геометричні розміри плунжери та на динамічні навантаження під час його поступального руху всередині втулки ПНВТ.

Шару фторорганічного покриття, нанесений на металеву поверхню, сприяє підвищенню пружних властивостей і розклинювального тиску палива, що розділяє прецизійну пару втулка-плунжер ПНВТ.

Нанесення органічних покриттів на поверхні прецизійних пар ПНВТ сприяє підвищенню енергетичної ефективності даної трибологічної системи, що (в залежності від часу експлуатації ДВЗ) визначається в 24,0...44,6 %-му зниженні зносу плунжерів.

Нанесення епіламів відноситься до категорії сучасних нанотехнологічних методів, вимагає попередніх досліджень щодо визначення оптимальних видів органічних покриттів і часу їх нанесення на прецизійні поверхні, але при цьому не викликає додаткових трудовитрат при його використанні на річкових і морських судах, підвищує енергетичну ефективність трибологічних систем ДВЗ і може враховуватися при розробці методики визначення параметрів судових енергетичних установок [6].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Sagin S., Karianskyi S., Madey V., Sagin A., Stoliaryk T., Tkachenko I. Impact of Biofuel on the Environmental and Economic Performance of Marine Diesel Engines // Journal of Maritime Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11. – P. 120. <https://doi.org/10.3390/jmse11010120>
2. 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.
3. Продан А.Ю., Заблоцький Ю.В. Підвищення ефективності роботи паливної апаратури суднових дизелів // Матеріали науково-технічної конференції молодих дослідників «Суднові енергетичні установки: експлуатація та ремонт», 16.11.2022. – Одеса: НУ «ОМА», 2022. – С. 90-94.
4. Сагін А.С., Заблоцький Ю.В. Регенерація змащувальних властивостей моторних палив і мастил під час експлуатації суднових дизелів // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. – 2022. – Вип. 45. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 17-30. doi: 10.31653/smf45.2022.17-30.

Мадей В.В., Волков О.М., Сагін С.С.
Національний університет «Одеська морська академія»

Забезпечення екологічності морських суден під час їх експлуатації в спеціальних екологічних районах північної Європи

У суднових енергетичних установках на морському та внутрішньому водному транспорті як головні, так і допоміжні широко використовуються дизельні поршневі двигуни внутрішнього згоряння (ДВЗ) різних модифікацій.

Основним джерелом енергії ДВЗ є паливо нафтового походження. За даними транснаціональної компанії British Petroleum (яка здійснила аналіз щорічних обсягів споживання та видобутку палива) нафтових запасів в вже існуючих та розроблюваних родовищах світової енергетики вистачить на 40...45 найближчих років. Це, а також сучасні екологічні вимоги до ДВЗ автомобільного, залізничного та морського транспорту, змушують розвивати альтернативну енергетику та розробляти альтернативні палива [1]. Однією з характеристик альтернативних палив, яка сприяє їх застосуванню в теплових двигунах, є мінімальна кількість або повна відсутність у них сірки та азоту. При цьому при їх згорянні знижується кількість оксидів сірки SOX та паливних оксидів азоту NOX у випускних газах.

Для ДВЗ суден морського та внутрішнього водного транспорту як альтернативне паливо найбільше застосування отримали біодизельне паливо на основі метилових ефірів жирних кислот (Fatty Acid Methyl Esters – FAME) та паливо на основі гідрогенізованих рослинних олій (Hydrogenated Vegetable Oil – HVO). Питома вага даних палив аналогічна питомій вазі нафтових палив, це дозволяє змішувати FAME і HVO у необмеженому співвідношенні з нафтовим дизельним паливом без зміни густини та в'язкості одержуваної таким чином паливної суміші [2, 3]. До особливостей експлуатації ДВЗ суден морського та внутрішнього водного транспорту належить їх періодична (залежно від виконуваного транспортного завдання) робота у спеціальних екологічних районах контролю викидів оксидів сірки – Sulfur Emission Control Areas (SOX-ECAs) та оксидів азоту – Nitrogen Emission Control Areas (NOX-NECAs). Робота дизеля в таких районах можлива лише на паливі, вміст сірки в якому не перевищує 0,1 % за масою. Викиди оксидів азоту NOX у цих зонах повинні відповідати вимогам Annex VI MARPOL (рис. 1). Максимальне значення емісії оксидів сірки не повинно перевищувати відношення діоксиду сірки SO₂ до діоксиду вуглецю CO₂ (таблиця 1), при цьому використання палива, вміст сірки в якому перевищує 0,5 %, можливе лише у разі застосування додаткових технологій з очищення випускних газів від сірчистих домішок [4, 5].

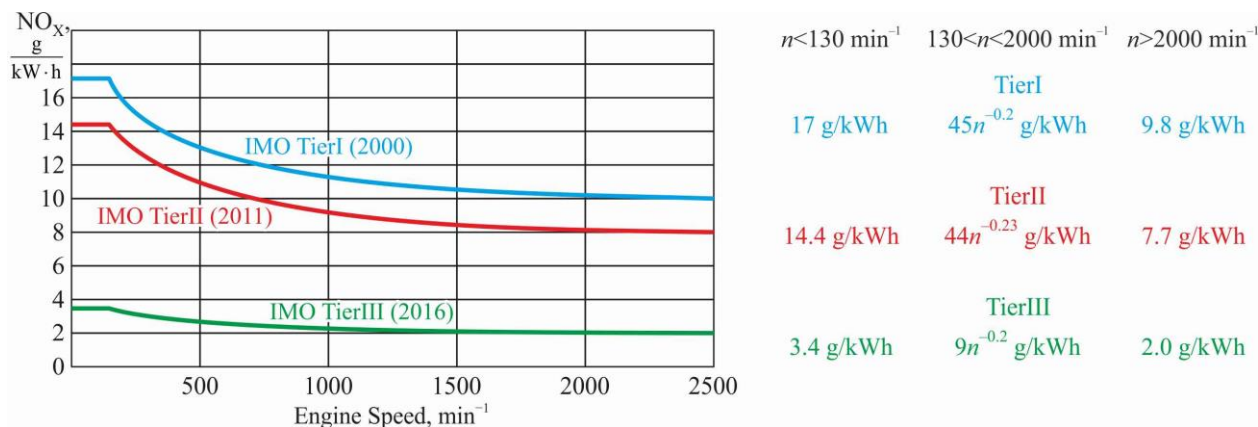


Рис. 1. Вимоги Annex VI MARPOL щодо вмісту оксидів азоту в випускних газах суднових дизелів

Таблиця 1

Вимоги з обмеження вмісту оксидів сірки в випускних газах суднових дизелів

Вміст сірки в паливі, масові %	Відношення викидів SO ₂ /CO ₂ , ppm/об'ємні %
3,50	151,7
1,50	65,0
1,00	43,3
0,50	21,7
0,10	4,3

Одним з варіантів підвищення рівня екологічності експлуатації морських суден під час їх знаходження в SO_x-ECAs и NO_x-NECAs є використання паливних сумішей, до складу яких входить біодизельне паливо. Експерименти, що підтверджують це висловлювання виконувались на спеціалізованому судні дедвейтом 7493 тонн під час його експлуатації в особливих екологічних районах Північної Європи. Як головний двигун на судні встановлено середньообертовий дизель 12V32/40 MAN Diesel & Turbo. Під час досліджень судно здійснювало перевезення вантажів за маршрутом Клайпеда (Литва) – Гетеборг (Швеція) та далі між портами, що знаходяться в SO_x-ECAs: Гетеборг (Швеція) – Есбьерг (Данія) – Бремерхавен (Германія) – Роттердам (Голландія) – Антверпен (Бельгія) – Дувр (Велика Британія) – Онфльор (Франція) – Брест (Франція).

Під час морських переходів поза SO_x-ECAs дизель 12V32/44 MAN Diesel & Turbo експлуатувався на паливі RMG420, зі вмістом сірки 0,5 % за масою, під час переходів в SO_x-ECAs – на паливній суміші з RMG420 та біодизельного палива FAME99.6, зі вмістом сірки 0,085 % за масою. Основні характеристики морських переходів надані в таблиці 2.

Таблиця 2

Основні характеристики морських переходів

Порт	Клайпеда	Гетеборг	Есбьерг	Бремерхавен	Роттердам
Відстань, морські милі	430	418	220	238	
Час переходу, год	43	42	22	24	
Паливо, що використовується	RMG420	FAME99.6	FAME99.6	FAME99.6	
Порт	Роттердам	Антверпен	Дувр	Онфльор	Брест
Відстань, морські милі	89	260	207	237	
Час переходу, год	9	26	21	24	
Паливо, що використовується	FAME99.6	FAME99.6	FAME99.6	FAME99.6	

З урахуванням навігаційних обставин (інтенсивності судноплавства, гідрометеорологічних умов, розташування та глибини фарватеру) потужність головного двигуна 12V32/44 MAN Diesel & Turbo змінювалась в діапазоні $(0,65 \dots 0,85)N_{\text{еном}}$, де $N_{\text{еном}} = 5280$ кВт. При цьому (через зміну циклової подачі палива) змінювалась кількість діоксидів сірки та вуглецю в випускних газах та відповідно відношення SO_2/CO_2 . Також через зміну навантаження на дизель не залишалась постійною концентрація оксидів азоту в випускних газах, максимальне значення якої (в зв'язку з тим, що дизель 12V32/44 MAN Diesel & Turbo відноситься до рівню Tier II) не повинне перевищувати

$$\text{NO}_x^{\text{max}} = 44n^{-0,23} = 44 \cdot 750^{-0,23} = 9,60 \text{ г/кВт} \cdot \text{год};$$

де $n = 750 \text{ хв}^{-1}$ – номінальна частота обертання дизеля.

Під час знаходження судна в особливих екологічних районах забезпечувався постійний моніторинг його екологічних параметрів, у тому числі емісії діоксидів сірки SO_2 , вуглецю CO_2 та азоту NO_x . Зміна цих показників під час використання палива RMG420, а також паливної суміші, яку складали 80 % палива RMG420 та 20 % біодизельного палива FAME99.6, наведена на рис. 2, 3.

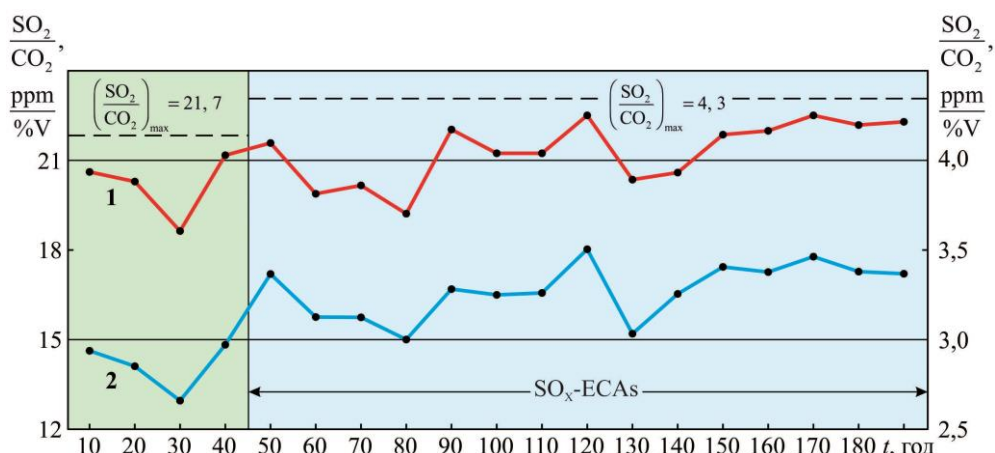


Рис. 2. Зміна відношення SO_2/CO_2 в випускних газах під час експлуатації суднового дизеля 12V32/40 MAN Diesel & Turbo:

1 – паливо RMG420; 2 – суміш RMG420 (80 %) та FAME99.6 (20 %)

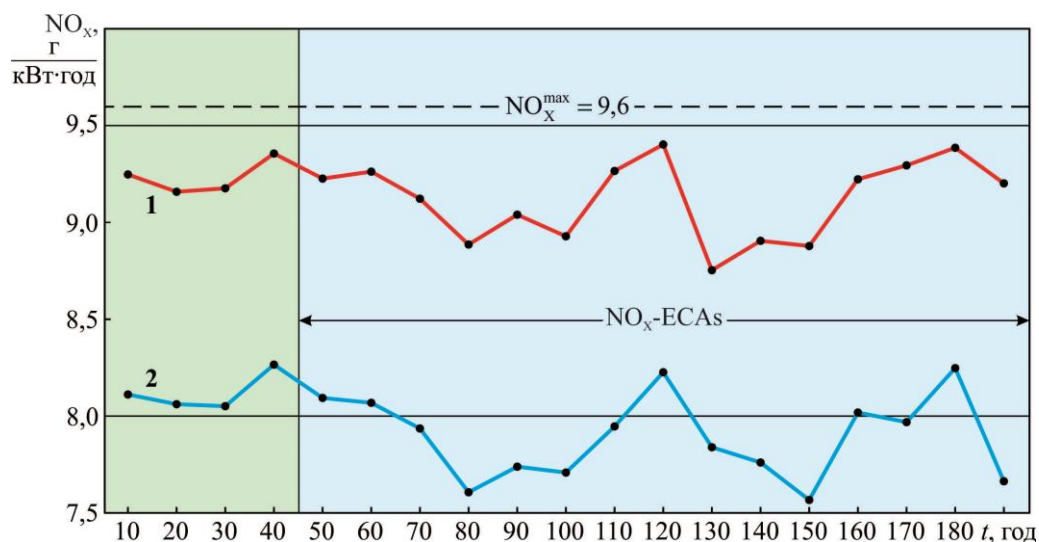


Рис. 3. Зміна концентрації в NOX в випускних газах в під час експлуатації суднового дизеля 12V32/40 MAN Diesel & Turbo:
1 – паливо RMG420; 2 – суміш RMG420 (80 %) та FAME99.6 (20 %)

Наведені результати свідчать про можливість покращення екологічних показників суднових дизелів під час використання паливних сумішей, до складу яких входить паливо біологічного походження, та збільшення таким чином їх екологічної стійкості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Madey V.V. Usage of biodiesel in marine diesel engines // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2021. – № 7-8. – P. 18 - 21.
2. Мадей В.В. Використання в суднових дизелях паливних сумішей до складу яких входить паливо біологічного походження // Суднові енергетичні установки : наук. -техн. зб. – 2022. – Вип. 44. – Одеса : НУ «ОМА». – С. 93 - 110.
3. Sagin S., Karianskyi S., Madey V., Sagin A., Stoliaryk T., Tkachenko I. Impact of Biofuel on the Environmental and Economic Performance of Marine Diesel Engines // Journal of Maritime Science and Engineering. – 2023. – Vol. 11. – P. 120. <https://doi.org/10.3390/jmse11010120>
4. 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 // Journal of Maritime Science and Engineering. – 2022. – Vol. 10. – P. 1331. <https://doi.org/10.3390/jmse10091331>.
5. Sagin S.V., Kuropyatnyk O.A. The Use of Exhaust Gas Recirculation for Ensuring the Environmental Performance of Marine Diesel Engines // Naše more : International Journal of Maritime Science & Technology. – 2018. – Vol. 65(2), 78-86. DOI 10.17818/NM/2018/2.3.

Konstantinov O., KhliievN.
National University “Odessa Maritime Academy”,
Odesa I. I. Mechnikov National University

Performance of refrigerated container with phase change materials for cooling storage

At present, a large amount of cargo is transported by different sea routes. Including cargo required to maintain certain temperatures. In the example of a container ship, refrigerated containers are used. In modern ships, such containers are increasingly using electricity from the main engine when moving. However, during coastal navigation or anchorage, they consume electricity produced exclusively by diesel generators or are powered from the ground. During sea navigation, excess power from the main engine is used to generate electricity. However, for the operation of the diesel generator, additional diesel fuel is used. In order to save diesel fuel and reduce emissions of CO₂ and other pollutants, it is necessary to reduce fuel consumption in coastal areas and ports [1]. This case can be done by reducing the load on diesel generators, which, also generate electricity for refrigerated containers. It is necessary to increase the efficiency of the interaction between refrigerated containers and diesel generators for carrying out these requirements.

On the one hand, the energy efficiency of the refrigeration unit itself or the diesel generator is considered. On the other hand, it is necessary to pay attention to the methods of keeping cold inside the container, after it has cooled, for reducing the number of hours of operation of the refrigeration unit.

This article proposes to use phase change materials (PCM) to maintain a given temperature in a refrigerated container as an alternative to the operation of a refrigeration unit from a diesel generator.

During the operation of the refrigeration unit in the “from the main engine” mode, the PCM that is inside the container will be cooled, and then store the “cold” stored in it. Properly selected material has a crystallization temperature close to the required temperature for maintaining the transported goods. Consequently, during the voyage between ports, the PCM is in a solid state.

While the ship's electrical system is powered by the diesel generator, the refrigeration machine is turned off. The container begins to heat up, and as a result, the entire PCM begins to melt, “taking” all the external heat onto itself. As a result, the main task of maintaining the temperature in the container is performed.

At the moment the main engine is started, electricity is again supplied to the refrigeration machine, which continues to maintain the temperature in the container at the same level, and also helps to crystallize the PCM for further use.

In this paper, it is proposed to use the PCM, which is located in rectangular containers measuring 200 cm by 100 cm by 5 cm [3]. It is proposed to make the containers from a material with high thermal conductivity [2]. The containers themselves must be attached to the walls of the container from the inside. In this paper, the option of attachment to the upper wall of the container is considered. A

40-foot refrigerated container with internal dimensions of 11638×2284×2557 mm was chosen as a prototype. The design of a 40-foot container with installed containers with PCM is shown in Fig. 1. The container is designed for 10 plates, but it is possible to use a smaller amount. Walls, ceilings, and doors are made of polyurethane foam with a thickness of 70 mm and a density of 40 g/cm³. Externally and internally it is lined with stainless steel sheets. The floor was made of polyurethane foam with a thickness of 140 mm and a density of 60 g/cm³.

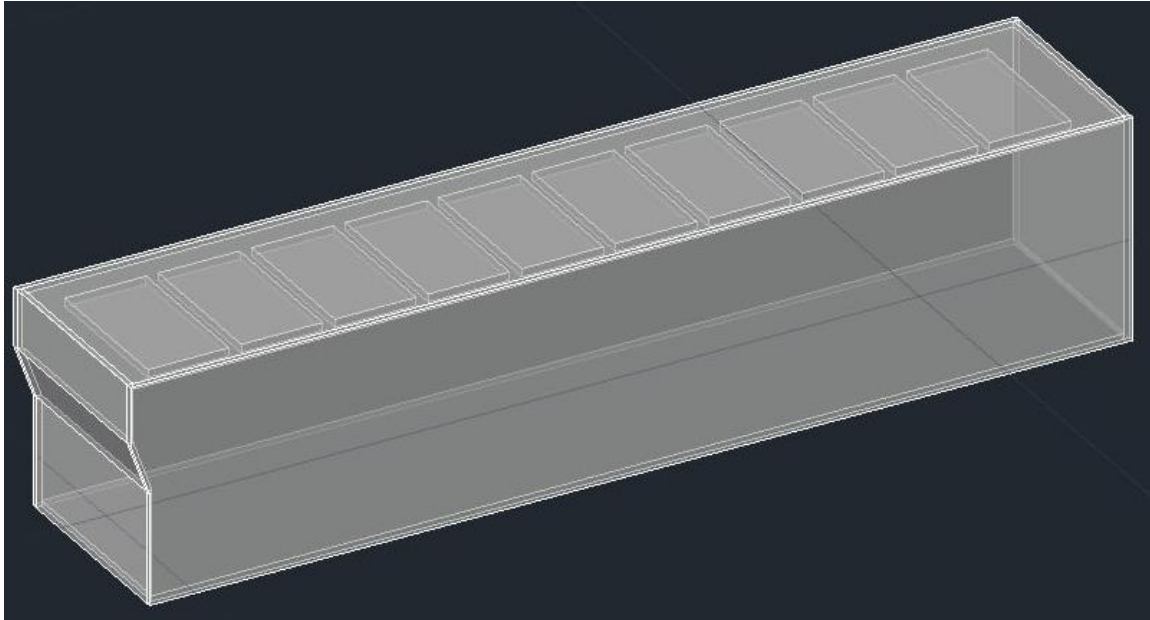


Fig. 1. Schematic solution of the 40-foot refrigerated container with PCM's plates

In order to estimate the required mass of PCM to maintain a constant temperature in the refrigerated container when the refrigeration machine was not in operation, the calculation of heat influx into the container was performed for two temperature regimes. The initial data and calculation results are shown in Table 1.

Table 1. Initial data for analysis

Mode	Cooling	Freezing
Ambient temperature	20°C	
Temperature in container	-18°C	4°C
Wall thickness	70 mm	
Bottom thickness	140 mm	
Wall insulation material, thermal conductivity	Polyurethane, 0.029 W/(m K)	
Bottom insulation material, thermal conductivity	Polyurethane, 0.035 W/(m K)	
Heat loss	1,779 kW	0.904 kW

Based on data from The Review of Maritime Transport 2022 [4], the average time spent by container ships in the port is 19 hours and 12 minutes. As a first approximation, this time can be taken into account as the time of operation of the ship's electrical network with diesel generators, and as a result, this time the system with PCM needs to maintain the specified temperature in the container. In the case when the PCM is almost completely melted, and the temperature in the con-

tainer starts to approach the upper limit of tolerance, it is necessary to connect a refrigeration unit. This can be done in two ways: either directly manually, or create an automated complex that, based on temperature sensors in the container, will turn on the refrigeration unit.

In this study, the PCMs were selected taking into account their melting-crystallization temperatures in such a way that these temperatures coincided with the storage and transportation temperatures of the respective goods. Comparative information on PCM, their properties, and transported cargo is given in Table 2.

Table 2. PCM characterization

	RT5	RT5HC	RT-9HC
Melting point	5 C°	5 C°	-9 C°
Heat storage capacity	180 kJ/kg	250 kJ/kg	250 kJ/kg
Goods	Grape	Grape	Fish
Heat loss	0.904 kW	0.904 kW	1.779 kW
Mass of PCM	347 kg	250 kg	492 kg
Number of PCM`s plates	4	3	5
Total price	2065 eu- ro	2050 eu- ro	8561 eu- ro

The cost of installation of equipment and the cost of materials is quite small. It will pay off in the first year of exploitation in the first assessment. Therefore, it is advisable to install this equipment on containers. In our further study, an analysis will be carried out using CFD modeling of heat transfer processes. A complex environmental and economic assessment will also be carried out.

REFERENCES

1. Budiyo M.A., Shinoda T. Study on the CFD simulation of refrigerated container. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. Vol. 257, № 1. 012042. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/257/1/012042>
2. Zhang J., Li Z., Tong S. System Performance and Economic Analysis of a Phase Change Material Based Cold Energy Storage Container for Cold Chain Transportation. *International Journal of Photoenergy*. 2022. 6836686. <https://doi.org/10.1155/2022/6836686>
3. Senguttuvan S., Youn J.S., Park J., Lee J., Kim S.M. Enhanced airflow in a refrigerated container by improving the refrigeration unit design. *International Journal of Refrigeration*. 2020. Vol. 120. P.460-473. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.08.019>
4. Review of Maritime Transport 2022: United Nations publication issued by the United Nations Conference on Trade and Development. Geneva. https://unctad.org/system/files/official-document/rmt2022_en.pdf

Shestopalov K.¹, Ierin V.², Gao Neng², Khliyeva O.¹

¹National University "Odessa Maritime Academy"

²Ningbo Tech University, 1, Qian Hu South Road, Ningbo City, 315100,
Zhejiang Province, China

Cascade compression-ejector refrigeration system for marine provision chamber

Electrically driven vapor compression refrigeration machines are currently the most common type of refrigeration system used in the shipping industry. One of the promising ways to increase the efficiency of vapor compression refrigeration machines is their combination with heat-driven vapor ejector refrigeration machines, which can use waste heat as a heat source [1].

An interesting and at the same time difficult task is the assessment of the feasibility and technical possibility of utilizing the low-potential waste heat of engine cooling water for the operation of heat-driven refrigeration systems. The temperature of the water cooling the engine is 80...90 °C, which is a fairly standard value for most engines. Nevertheless, for some dual-fuel and gas engines, the water temperature for cooling the cylinder head can reach 125 °C at a pressure of 3...4 bar [2].

The purpose of this study was a preliminary evaluation of the feasibility of upgrading the vapor compression refrigerating machine of provision chambers by replacing the water-cooled condenser with an evaporative condenser. That means the condenser of the vapor compression machine is cooled by the boiling refrigerant of the ejector refrigerating machine. The goal of the modernization was to reduce the condensing temperature of the vapor compression stage and to reduce the power consumption of the entire system. In order to solve the set goal, it was planned to perform a comparative analysis of the power consumption of a vapor compression refrigerator (basic variant) and a combined compressor-ejector refrigerator at different temperatures in the evaporator-condenser and at different condensing temperatures of refrigerant in the condenser of the ejector refrigerator.

The refrigerating machine of the provision chamber produced by YORK marine was chosen as the object of analysis.

General specification for provision refrigeration plant:

1) Cooling system: R404A direct expansion in the air coolers located in each provision room.

2) One-stage R404A compressor, pressure lubricated, marine type. Model SB022, number of cylinder 2, bore 60 mm, stroke 57 mm, speed 1095 rpm.

3) Cooling water temperature +36 °C. Condensing temperature +42 °C. Evaporation temperature minus 27 °C (two evaporators for rooms with volume approx. 22.6 m³ and 12.5 m³) and minus 10 °C (evaporator for a room with volume approx. 22.6 m³).

R407F was chosen instead of R404A as a refrigerant in the vapor compression stage due to its lower GWP=1824. R1233zd(E) was chosen as the refrigerant for

the ejector stage. The refrigerant has a GWP=1 and is a non-combustible substance [3].

Jacket cooling water with a temperature of 85 °C, which is a standard value, was chosen as a heat source for the ejector stage [2].

The calculated condensing temperature of the refrigerant in the condenser of the ejector stage is taken to be 42 °C for the basic variant for a fresh cooling water temperature of 36 °C. This meets the design requirements of ship refrigeration equipment. However, the temperature of the water cooling the condenser depends on the vessel's sailing area (the water that cools the condenser is cooled by the seawater) and may vary slightly from the accepted one. This can be a problem for the stable operation of the vapor ejector stage. To maintain the stable operation of the entire ejector stage, it is advisable to keep the condensing temperature constant by automatic regulation of the flow of cooling water. But regulation of water flow is limited to a certain interval. In order to solve this problem, it is possible to consider a schematic solution with two ejectors, which are designed to operate at different condensing temperatures.

The analysis was carried out at three different temperatures in the condenser-evaporator: $t_{0Ej}=5^{\circ}\text{C}/t_{cVC}=10^{\circ}\text{C}$ (where 5°C is the boiling temperature of R1233zd(E), 10°C is the condensing temperature of R407F), $t_{0Ej}=10^{\circ}\text{C} / t_{cVC}=15^{\circ}\text{C}$ and $t_{0Ej}=15^{\circ}\text{C} / t_{cVC}=20^{\circ}\text{C}$. The condensing temperature range of the refrigerant (R407F in the basic version, i.e. in the vapor compression machine, and R1233zd(E) in the ejector stage of the combined system) was taken from 34 to 42 °C.

When calculating the refrigeration cycles of the compressor and ejector stages, the thermophysical properties of the refrigerants were taken according to [4]. The power of the compressor of the compression stage was determined. In addition, the power of the pumps was estimated: the ejector stage refrigerant feed pump, the hot water pump for the ejector stage generator, and the condenser cooling water pumps (for both the ejector stage and the basic vapor compression machine). As a result, the value of the total power P_{total} of the comparative variants was obtained in different modes of their operation.

The results of the calculation of the value of refrigeration capacity related to the total electrical power of the system Q_0/P_{total} at different condensing temperatures and at different temperatures in the condenser-evaporator are shown in Fig. 1.

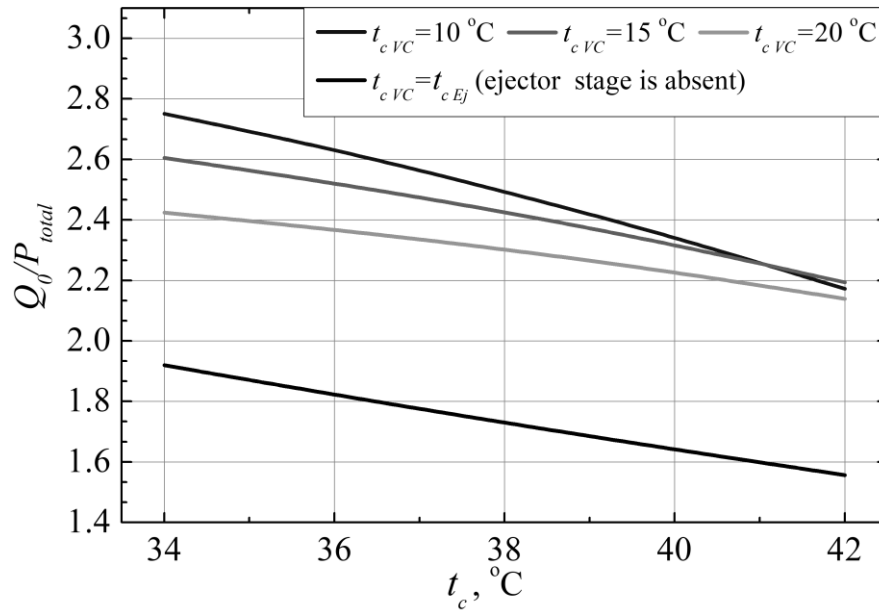


Fig.1 Values of Q_0/P_{total} at different condensing temperatures and at different temperatures in the condenser-evaporator

The application of a combined vapor-compression-ejector refrigeration system for the provision chamber leads to energy savings compared to the basic vapor-compression system. At high condensation temperatures (up to 42 °C), there is no significant difference in the value of Q_0/P_{total} for the three selected temperature levels in the evaporator-condenser. In view of the fact that a decrease in the temperature in the evaporator-condenser leads to an increase in the dimensions of the condenser and generator, in the opinion of the authors, it is advisable to conduct a deeper analysis of the feasibility of the application of the proposed schematic solution at a temperature in the evaporator-condenser of $t_{0Ej}=15^\circ\text{C} / t_{0Ej}=20^\circ$.

REFERENCES

1. Ierin V., Chen G., Volovyk O., Shestopalov K. Hybrid two-stage CO2 transcritical mechanical compression-ejector cooling cycle: Thermodynamic analysis and optimization // Int. J. Refrig. 2021. Vol. 132. P. 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2021.09.012>
2. Kuiken K. Gas and Dual-Fuel Engines for ship propulsion, power plants and cogeneration. II. Engine Systems and Environment. Target Global Energy Training, 2016.
3. ASHRAE Handbook – Fundamentals. American society of heating, refrigerating and air-conditioning engineers. Inc.: Atlanta, GA, USA, 2017.
4. 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.

Методи підвищення екологічної безпеки суднових дизелів

Головними тенденціями розвитку світового двигунобудування були підвищення паливної економічності, скорочення масогабаритних характеристик при одночасному зростанні питомих показників потужнісних агрегатів, забезпечення високих ресурсних показників, зниження собівартості виробництва.

У сучасному світі дизелебудування вектор спрямованості нових розробок неухильно зміщується в напрямку досягнення найбільшої екологічної безпеки. Постійне підвищення вимог екологічних стандартів змушує виробників двигунів забезпечувати ці вимоги, незважаючи на можливі втрати в паливній економічності і збільшення вартості, розмірів і ваги агрегатів[1].

Пріоритетними напрямками зниження токсичності відпрацьованих газів (ВГ) двигунів є: подальше удосконалення конструкції; використання альтернативних видів палива, головним чином нафтового походження; створення двигунів, а також пристроїв, здатних знизити вміст токсичних компонентів у відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згоряння [2].

Склад відпрацьованих газів дизелів наведено в таблиці 1 [3,4,5].

Таблиця 1. Склад відпрацьованих газів дизелів

Компоненти	Токсичність	Вміст, %
Азот, %		76...78
Кисень, %		2...18
Пари води, %		0,5...4
Вуглекислий газ, %	Створює парниковий ефект	1...10
Окис вуглецю, %	+	0,01...0,5
Оксиди азоту, %	+	0,001...0,4
Вуглеводні, %	+	0,01...0,5
Сажа, г/м ³	Може нести канцерогенні речовини	0,01...1,1

Конвенціональне посилення норм по шкідливих викидів дизелів призвело до того, що дизелебудівельні фірми приступили до дослідницьких робіт за напрямками:

- формування малотоксичних робочих процесів (первинні методи);
- розробка ефективних систем очищення ВГ із застосуванням спеціальних газових фільтрів (вторинні методи).

Основні результати виконаних досліджень представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Основні методи підвищення екологічної безпеки судових дизелів

№	групи	Заходи	Зміна викидів шкідливих речовин, %				g _e , г/кВт год	Е
			NO _x	CO	C	CH		
1	Враховання експл. факторів	Підтримка технічного стану, оптимізація режимів роботи двигуна	↑	↑	↑	↑	↓	↑
2		Застосування легких фракцій моторного масла, оптимізація тиску маслосніжного кільця	=	=	-25	=	=	=
3		Введення протидимних присадок	=	=	-60	=	=	=
4		Введення каталізаторів у вигляді присадки до палива	=	-61	=	-38	-9	↑
5		Відключення частини циліндрів на часткових режимах.	↓	↓	↓	-50	-20	↑
6		Зменшення густини палива	=	=	-8	=	↓	↑
7	Використання альтернативних палив	Диметилловий ефір (ДМЕ) як паливо	↓	ні	ні	—	↑	↓
8		ДМЕ як присадка до повітря	↓	↓	↓	↓	↑	↓
9		Метанол як паливо	-75	↗	-50	↗	+50	↓
10		Метанол як присадка до повітря	-85	—	—	—	—	—
11		Метанолу у вигляді емульсії з ДП (МТЕ)	-50	—	—	—	—	—
12		Природний газ	-80	↓	↓	—	—	↑
13		Біодизель	=	↓	↓	↓	—	↑
14		Водень	-30	↓	-40	-35		
15	Зволоження повітря	Змішуванням палива та води до паливного насоса та впорскуванням у циліндр водопаливної емульсії	-30	=	↓	=	↘	↘
15		Упорскуванням води безпосередньо в циліндр, для чого дизель обладнується окремою системою (НВП)	-70	=	↑	=	+7	↓
17		Упорскування забортної води в потік гарячого повітря на виході відцентрового компресора (УНВ);	-70	=	↑	=	↑	↓
18		Подачею перегрітої пари з утилізаційного котла в циліндр та початку ходу стиснення (ППП).	-60	=	—	=	-5	↑
19	Очищення ВГ	Абсорбція	-15	=	-50	-60	=	=
20		Каталітичне окиснення	=	-90	-10	-90	=	=
21		Каталітичне відновлення	↓	—	—	—	—	—
22		Обробка електричним розрядом (холодною плазмою)	-60	-90	—	—	—	—
23		Мембранний поділ	↓	—	—	—	—	—
24		Рідкий нейтралізатор	-10	=	-75	-60	=	=
25		Сажеві фільтри	=	=	-95	=	=	=
26		Зменшення максимальної ЦПТ	=	-63	-63	-63	=	=
27	Регул. ПА	Зменшення кута випередження упорскування палива	=	-63	-63	-63	=	=
		Регулювання параметрів ПА	60	=	+35	+25	—	↑
28		Регулювання фаз газорозподілу	=	-35	-35	-35	—	=
29		Рециркуляція ВГ	-35	↓	↓	↓	—	=
30		Наддув із охолодженням повітря	-50	-50	-50	-50	-50	↑
31		Збагачення повітря на впуску рідким або газоподібним паливом	↗	-35	-50	-35	↓	↑
32		Збільшення температури на впуску	↗	-28	-28	-28	—	↗
33		Підвищення температури стінок КЗ	↗	-28	-28	-28	—	↗

Позначення: ↑/↓ — збільшення/зменшення; ↗/↘ — незначне збільшення/зменшення; +50....-50 — збільшення/зменшення на 50%; = — без змін; — — немає даних; E — економічність — величина, назад пропорційна питомій витраті палива (g_e).

Запропоновано різні способи підвищення екологічної безпеки судових дизелів. Під час встановлення необхідно враховувати необхідний ступінь очищення ВГ дизеля, можливість встановлення та вартість додаткового обладнання, модернізації систем суднового дизеля, додаткові експлуатаційні витрати.

Досить ефективним методом очищення випускних газів NO_x є установка SCR реакторів. Цей метод вимагає додаткового простору у МКО, суттєвої модернізації систем дизеля, високої вартості установки та додаткового експлуатаційного обслуговування.

Перспективними є методи зміни параметрів робочого процесу зниження максимальних параметрів циклу. Однак у цьому випадку може зрости витрата палива.

Використання добавки води може знизити вміст шкідливих домішок у ВГ дизелі. Вода може впорскуватися в колектор впускний, безпосередньо в камеру згоряння з використанням спеціальних форсунок, подаватися в циліндр у складі водопаливної емульсії. Ці установки вимагають додаткових витрат, підвищують витрати пального та експлуатаційні витрати.

Такий самий ефект має використання методів рециркуляції та перепуску ВГ суднового дизеля.

В якості альтернативних палив у судових дизелях можуть використовуватися газові та біогазові палива різного походження, водовід, спиртове паливо, палива на основі олій рослинного походження. Як правило, ці палива мають високі екологічні показники [6]. Однак необхідно передбачити можливість бункерування, встановлення спеціальних систем підготовки та упорскування палива.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Регістр судноплавства України, Київ, 2013.
2. MARPOL Convention 73/78, Annex VI, IMO, London.
3. Аболешкін С.Є. Екологічна безпека та альтернативні джерела енергії: Навчальний посібник/С.Є.Аболешкін, І.М.Табулінський. Одеса: НУ «ОМА», 2021. 108 с.
4. Суворов П.С. Суднові двигуни внутрішнього згоряння: Навчальний посібник / П.С.Суворов. Одеса: ОНМА, 2011. 624 с.
5. Д'яченко В.Г. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія: Підручник/ Д'яченко В.Г – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. 488с.
6. Васильєв И. П. Влияние топлив растительного происхождения на экологические и экономические показатели дизеля./ Васильев И. П. – Луганск: вид-во Востоčnoукраїнського ун-та ім. В. Даля, 2009. 240 с.

Афтанюк В.В., Кобзарь В.М., Очеретяний Ю.О., Даниленко Д.В.
Національного Університету «Одеська Морська Академія»

Розробка плану експерименту для оптимізації конструкції суднового скрубера

Авторами в [1] запропоновано ряд технічних рішень щодо модернізації суднового скрубера, які базуються на моделюванні окремих елементів, а саме (рис 1):

- встановлення пінної тарілки з завіхрувачами;
- обладнання скрубера додатковим двошаровим місцевим опором;
- розташування входних патрубків під кутом 120° ;

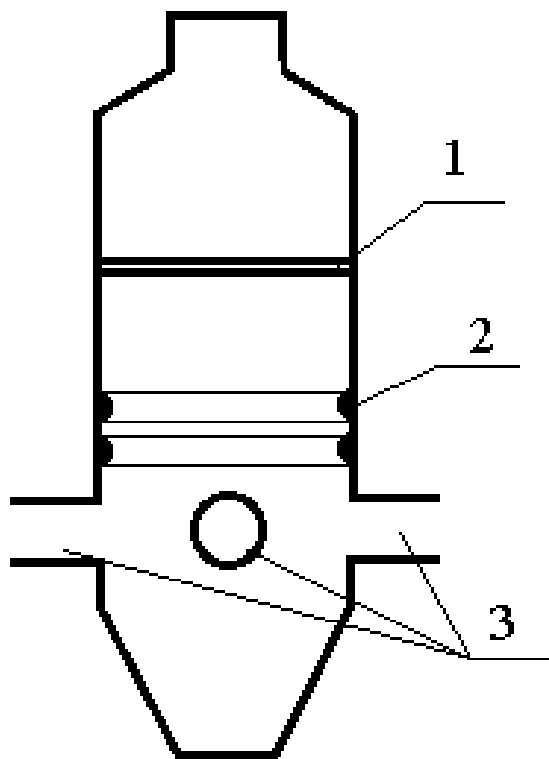


Рисунок 1 – Принципова схема скрубера [1]:
1 – вихрова тарілка; 2 – двошаровий місцевий опір;
3 – входи розташовані під кутом 120°

Оптимізація конструктивних елементів суднового скрубера (що виконаний за рекомендаціями [1]) повинна забезпечити підвищення ефективності експлуатації суднової енергетичної установки.

Тобто наступний етап досліджень скрубера повинен містити комплекс експериментів по оптимізації запропонованих рішень. Виконання оптимізаційних дослідів доцільно провести шляхом проведення «активного» експерименту, що дозволяє провести пошук оптимальних рішень при мінімальній кількості дослідів.

Для забезпечення проведення експериментальних досліджень по-перше необхідно визначити формалізовану модель об'єкту дослідження (модернізований скруббер [1]).

При неповній інформації, о механізмах що відбуваються в процесі очистки газу в скруббері, доцільно провести його вивчення с точки зору функціонального призначення. Тобто дослідження проводяться за допомогою кібернетичного методу «чорної скриньки» [2].

Далі необхідно обрати критерії оптимізації та фактори що на них впливають. Для гідродинамічних досліджень скруббера в якості критерію оптимізації можливо обрати - гідравлічний опір апарату (Y), а в якості факторів що на нього впливають: швидкість на вході в патрубки (x_1), висоту додаткового місцевого опору (x_2) та кут нахилу пелюсток у вихровій тарілці (x_3).

Тоді математично гідродинамічний рух газу в апараті з урахуванням визначеного критерію оптимізації та факторів можна представити у вигляді рівняння та графічно у вигляді формалізованої моделі (рис. 2):

$$Y = f(x_1, x_2, x_3)$$

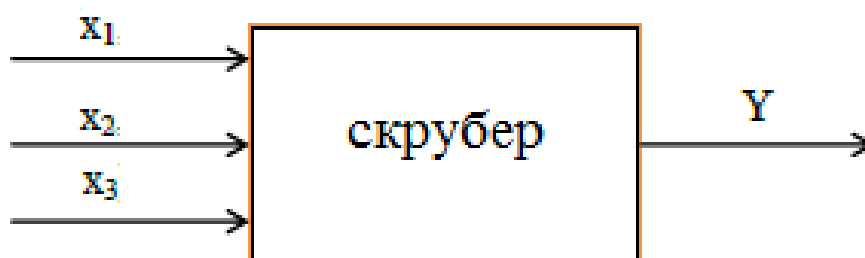


Рисунок 2 – Формалізована модель гідродинаміки в скруббері

Однією з задач статистичного дослідження багатфакторного об'єкту (скруббера) є визначення кількісних залежностей вихідних параметрів від вхідних факторів. Кількісні характеристики факторів надані в табл.1. Кількісні характеристики параметра оптимізації визначаються під час проведення експерименту.

Таблиця 1 – Характеристика факторів при дослідженні гідравлічного опору модернізованого скруббера

№ фактора	Умовне позначення	Кодове позначення	Назва фактора	Розмірність	Область визначення	Область інтересу
1	v	x_1	Швидкість на вході	м/с	$0 - \infty$	5 - 25
2	h	x_2	Висота опору	мм	$0 - \infty$	20 - 40
3	α	x_3	Кут нахилу	град.	$0 - 90^\circ$	15 - 45

Для проведення повного факторного експерименту (ПФЕ) необхідно провести також кодування змінних та визначення рівнів факторів (табл. 2).

Таблиця 2 – Кодування та інтервали варіювання факторів при дослідженні гідрравлічного опору модернізованого скрубера

Назва фактора	Кодове позначення	Рівні факторів			Інтервал варіювання Δz_i
		-1	0	+1	
Швидкість на вході	x_1 ,	5	15	25	10
Висота опору	x_2 ,	20	30	40	10
Кут нахилу	x_3	15	30	45	15

При відомому значенні числа фактора можна знайти число дослідів для реалізації всіх можливих поєднань рівнів та факторів за формулою:

$$N = 2^n = 2^3 = 8$$

де: N – кількість експериментів

n – кількість факторів (в нашому випадку $n=3$).

План експерименту зручно надавати у табличній формі (табл. 3). В табл. 3 вказується тільки знак (без цифри 1). Геометрична інтерпретація ПФЕ типу 2^3 наведена на рис. 3. Для ПФЕ типу 2^3 експерименти проводять тільки для умов в кутових точках кубу (рис 3.).

Таблиця 3 – Матриця ПФЕ типу 2^3

№ досліджу	X_1	X_2	X_3	Умовна запис
1	+	+	+	abc
2	+	+	-	ab
3	+	-	+	ac
4	+	-	-	a
5	-	+	+	bc
6	-	+	-	b
7	-	-	+	c
8	-	-	-	(1)

Запишемо для ПФЕ типу 2^3 рівняння регресії, яке описує процес течії газу крізь скрубєр:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{23}x_2x_3 + b_{13}x_1x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

Стовпці X_1 , X_2 , X_3 (табл. 3) використовують для проведення експерименту, однак для визначення всіх коефіцієнтів рівняння регресії (b_1 , b_2 , b_3 , b_{12} , b_{13} , b_{23} , b_{123} , необхідно визначити результати парної та потрійної взаємодії (X_1X_2 , X_1X_3 , X_2X_3 , $X_1X_2X_3$) для цього розробляється розрахункова матриця ПФЕ типу 2^3 (табл. 4).

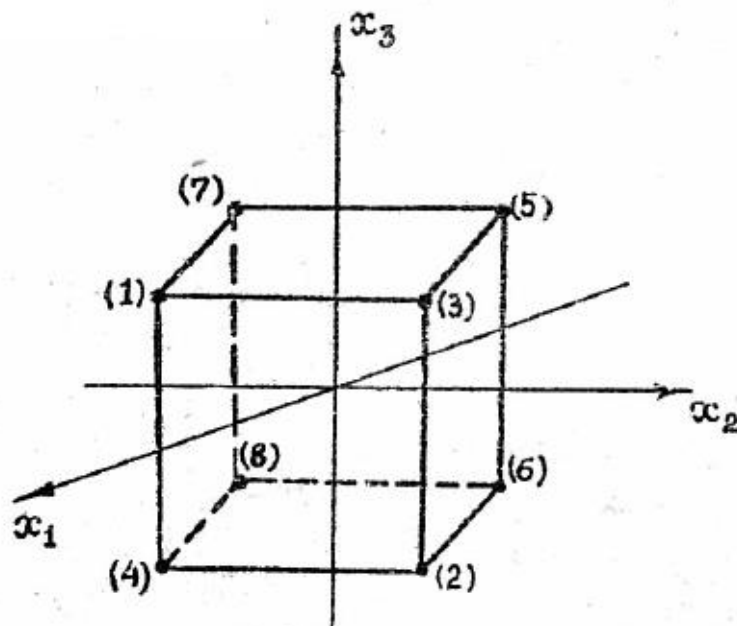


Рисунок 3 – Геометрична інтерпретація ПФЕ типу 2^3

Таблиця 4 – Розрахункова матриця ПФЕ типу 2^3

№ дос- ліду	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$
1	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+	-	+	+	-	-	+	-
3	+	+	-	+	-	+	-	-
4	+	-	-	+	+	-	-	+
5	+	+	+	-	+	-	-	-
6	+	-	+	-	-	+	-	+
7	+	+	-	-	-	-	+	+
8	+	-	-	-	+	+	+	-

Розроблений план ПФЕ типу 2^3 може бути реалізований у вигляді комп'ютерної симуляції течії у твердотільній моделі скрубера або як натурний експеримент.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Афтанюк В.В., Кіріс О.В., Даниленко Д.В., Афтанюк А.В. Розробка інтегрованої конструкції скрубера для суднових енергетичних установок . Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вип. 45. - Одеса: НУ «ОМА», 2022. – С. 15-25.
2. Афтанюк В.В., Спінов В.М., Даниленко Д.В. Інтенсифікація скруберної технології очищення викидних газів суднових енергоустановок. – Одеса: Типографія НУ «ОМА», 2019. – 136 с.

Афтанюк В.В., Гаврілкін О.Є., Кіріс А.В.
Кафедра СТЕ

Національного Університету «Одеська Морська Академія»

Моделювання подавання реагенту у водозабірних решітках кінгстонів суднових систем охолодження

В роботі [1] запропонована конструкція модернізованої решітки для суднових систем охолодження. Основною особливістю цієї решітки є використання перфорованих труб-ребер (рис. 1) з яких подається реагент для запобігання біологічного забруднення.

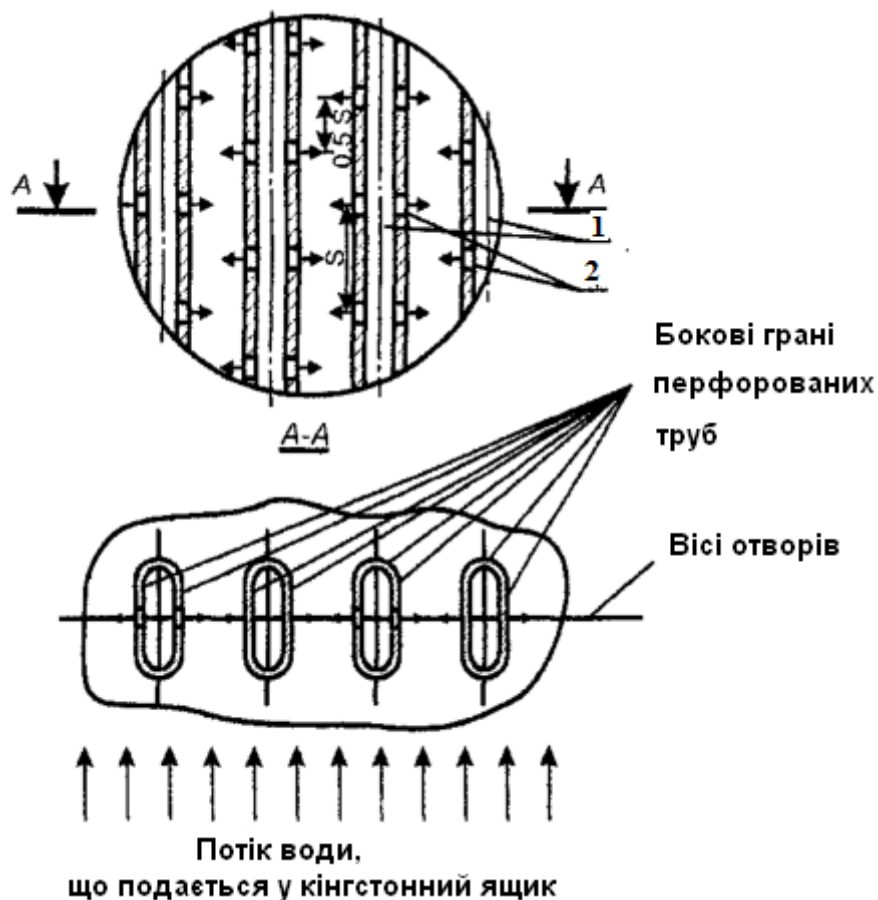


Рисунок 1 – Модернізовані трубчасті водозабірні решітки [1]:

1 - перфоровані труби-ребра овального перерізу; 2 - отвори для виходу реагенту

Використання запропонованої конструкції повинна дозволити [2]:

- унеможливити змивання реагенту, при русі забортної води вздовж решітки, за межі водоприймального пристрою, тобто. за борт;
- надати додатковий механічний вплив струменів реагенту, що виходять з отворів на поверхні протилежного ребра решітки;

- створити за рахунок зміщення отворів перфорації на поряд розташованих трубах перекриття струменів реагенту, що забезпечує гарантовану обробку реагентом усієї зовнішньої поверхні водозабірної решітки;
- зробити більш якісне перемішування реагенту з основним потоком води, що надходить у кінгстонні ящики;
- підвищити, при подачі через перфоровані труби водозабірної решітки пара.

Однак, як було показано в роботі [3] очікувані переваги модернізованої трубчастої водозабірної решітки можливо забезпечити при виконанні комплексу модельних досліджень, що дозволять визначити раціональне розміщення і кількість отворів для витікання реагенту. Авторами [3] для виконання комп'ютерного моделювання гідродинаміки модернізованої трубчастої водозабірної решітки розроблено твердо-тілну модель перфорованої труби-ребра овального перерізу решітки.

Для визначення ефективності розподілу реагенту була спроектована та створена твердотільна модель дослідного стенду (рис. 2), на якій проведена серія комп'ютерних дослідів.

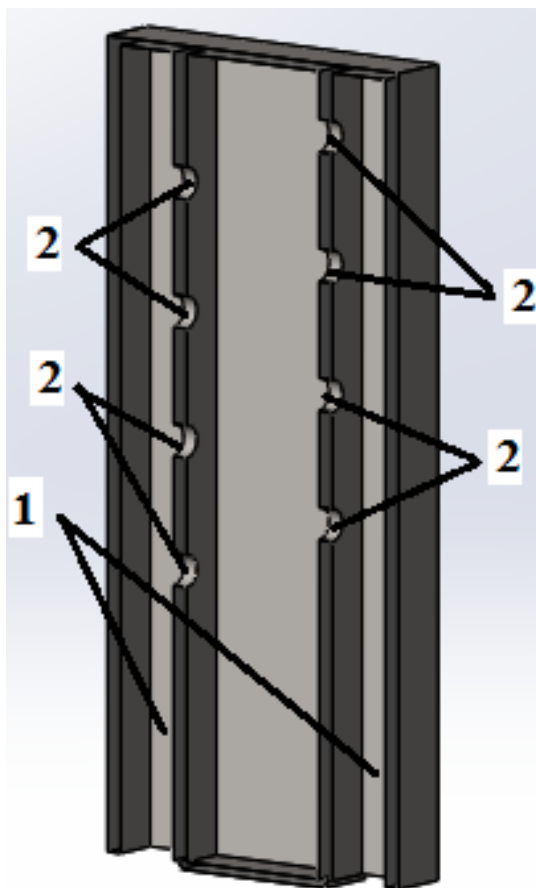


Рисунок 2 – Експериментальний стенд для дослідження витікання реагенту у трубчастих водозабірній решітці:

1 - імітація перфорованих труб-ребер; 2 - отвори для виходу реагенту

Перевагою комп'ютерного експериментального стенду є можливість забезпечення експерименту для широкого кола технологічних та конструк-

тивних параметрів роботи решітки. Наприклад, для визначення раціональної кількості реагенту, що подається в решітку можливо задавати витрату реагенту що надходить, та дослідити картину розповсюдження реагенту в перерізі решітки та далекобійність струменів у різних отворах. Також на моделі можна змінювати конструктивні параметри решітки (діаметр та кількість отворів, відстань між отворами або ребрами та ін.). Ці можливості дозволяють провести попередні експерименти та більш точно визначити область пошуку оптимальних параметрів. Далі, маючи дані щодо області пошуку оптимальних параметрів, можливо провести повний факторний експеримент та визначити статистичну математичну модель взаємозв'язку параметрів, що впливають на роботу решітки.

Візуалізація результатів попереднього моделювання течій реагенту наведена на рис. 3 (для першого та третього режимів).

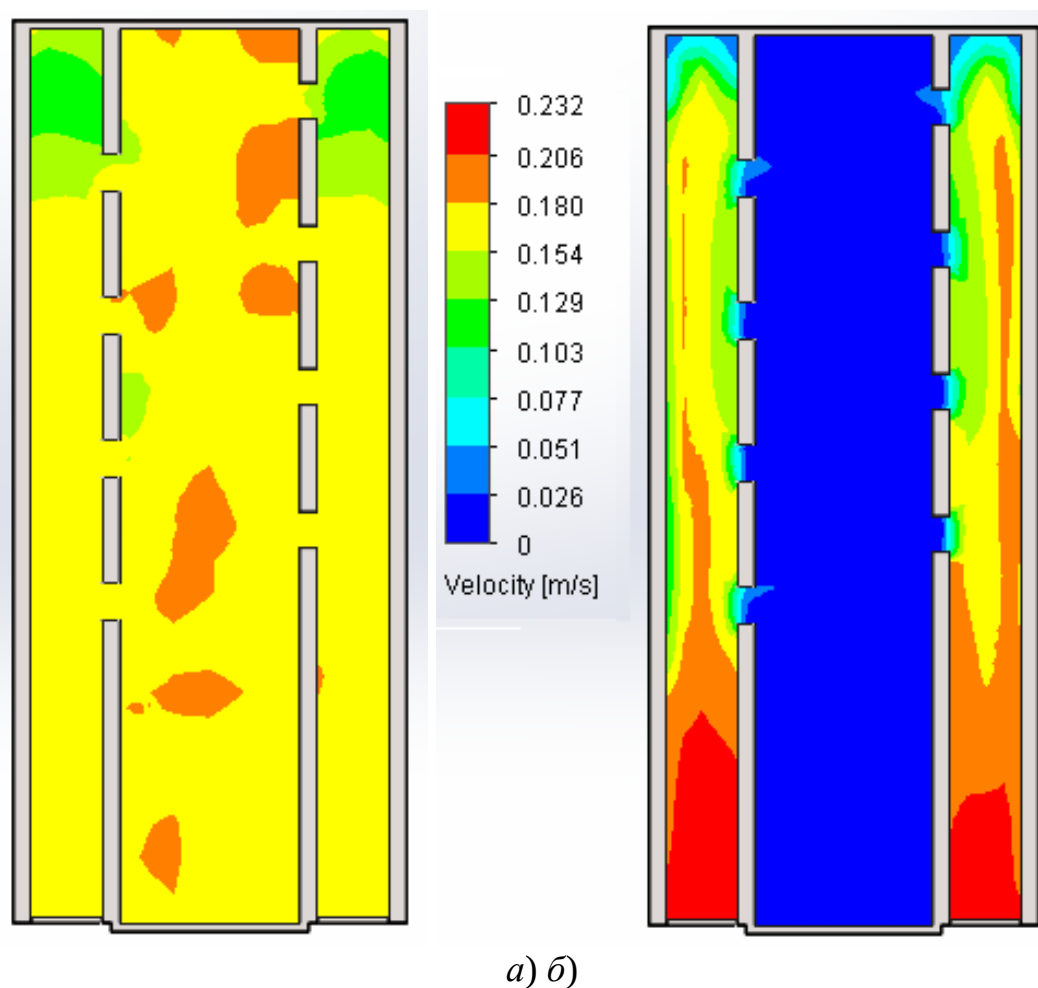


Рисунок 3 – Візуалізація результатів моделювання витикання реагенту з отворів у трубчастій водозабірній решітці: *а* – перший режим; *б* – третій режим

Попередні дослідження течій проведені для трьох режимів подавання реагенту (при 1 кг/с, 3 кг/с та 5 кг/с), довели «працездатність» розробленої комп'ютерної моделі експериментального стенду.

Аналіз візуалізації результатів моделювання проведений для трьох режимів показав, що при збільшенні кількості реагенту в інтервалі від 1 кг/с до

5 кг/с відбувається суттєва зміна картини гідродинамічних течій. При першому (рис 3, а) та другому режимі (на рис. 3, не наведений) відбувається по-мірний розподіл реагенту по отворам. Зменшення швидкості наявне в кінці трубки. Течія проходить фактично в ламінарному режимі. Проходження місцевих опорів (поворот потоку та отвір) не набувають значного впливу на розподіл реагенту.

При виконанні моделювання в третьому режимі (рис 3, б) візуалізація течій показала, що у розподільчі канали решітки потоки реагенту входять «достатньо турболізованими», але при виході з розподільчих отворів спостерігається різке падіння швидкості та практично рівномірне поле швидкостей по всьому каналу.

Наведені результати моделювання є попередніми. та потребують проведення дослідів на інших режимах роботи решітки для накопичення інформації для проведення оптимізації конструкції.

Оптимізація конструкції трубчастої водозабірної решітки для систем запобігання біологічного обростання дозволяє забезпечити зменшення енерговитрат та виникнення аварійних станів у судновому обладнанні, тобто в цілому підвищити ефективність та надійність експлуатації суднових енергетичних установок і безпеку судноплавства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пристрій для запобігання обростання суднових водоприймальних пристроїв та системи подачі заборотної води: А.с. № 1630200 СССР, МКИ В63В 13/00 / В.А. Абрамов, Ю.И. Боев, В.А. Вагапов, В.Ф. Коваленко, Б.А. Павленко -№ 4297726/11. Заявл. 27.05.1987. Опубл. 1991, Бюл. № 8.
2. Абрамов В.А. Аналіз ефективності способів запобігання обростанню в системах заборотної води, що використовуються на морських судах / В.А. Абрамов, Б.А. Павленко // Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. - 1998. - № 1. - Одеса: ОНМА. - С. 52-58.
3. Афтанюк В.В., Гаврілкін О.Є., Кіріс О.В. Розробка моделі водозабірних систем решіток кінгстонів суднових систем охолодження. МАТЕРІАЛИ Міжнародної науково-технічної конференції на тему "МОРСЬКИЙ ТА РІЧКОВИЙ ФЛОТ: ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ " 24.03. 2022–25.03.2022.

Андреев А.А., Пирисунько М.А., Година В.І.

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

Перспективи застосування аміаку в морських утилізаційних силових установках

Питання утилізації вторинних теплових ресурсів суднових дизельних енергетичних установок на сьогодні стоять вкрай гостро [1, 2]. Особливу проблему становить використання з метою генерації електроенергії джерел низькопотенційної теплоти, що мають температуру до 100 °С, наприклад, прісної води, що охолоджує головний двигун (ГД). Це викликано тим, що на такий рівень температур традиційні утилізаційні силові установки (УСУ), що реалізують конденсаційний цикл Ренкіна з водяною парою як робочим тілом, мають низку істотних недоліків [3]. Наявність вакууму в системі призводить, по-перше, до великих питомих об'ємів водяної пари, і, отже, до громіздких ступенів низького тиску турбіни і підвищених діаметрів трубопроводів, а, по-друге, до необхідності ежекторної та деаераційної установок. Значна вологість водяної пари в кінці процесу розширення знижує ККД силової турбіни і спричинює ерозійні руйнування її лопаток.

Ці недоліки можуть бути подолані шляхом застосування низькокиплячих робочих тіл (НРТ) [2, 3]. Певною проблемою є вибір раціонального НРТ, оскільки є суттєві негативні сторони у використанні традиційних робочих речовин УСУ. Наприклад, для хладонів характерні низька термічна стійкість, висока текучість, значна вартість тощо, а для вуглеводнів – горючість.

Ефективним робочим агентом може вважатися аміак (NH_3), який екологічно (озоновий шар, парниковий ефект) безпечний, дешевий, має гарні як термодинамічні показники, так і характеристики теплопередачі. Застосування аміаку стає доцільнішим, якщо на судні встановлена аміачна рефрижераторна установка. При цьому можливе залучення ще одного джерела низькопотенційних теплових ресурсів, а саме теплоти перегріву парів аміаку після стиснення у компресорі (температура кінця процесу стиснення може досягати 160 °С [4]). Крім того, зараз активно розглядають аміак як перспективне паливо суднових ГД, яке дасть можливість досягти декарбонізації судноплавства, мінімізувати його вплив на довкілля.

Однак на сьогоднішній день у науково-технічній літературі є лише розрізнені дані про конкретні розробки аміачних УСУ, схеми їх роботи, конструкції машин і апаратів, термодинамічні та техніко-економічні показники. Це й визначило мету цього дослідження: провести аналіз схем і характеристик різних аміачних УСУ для обґрунтування областей їх кращого застосування в енергетиці, у тому числі й судновій.

Аміак як НРТ УСУ має давню історію. Ще у 1881 р. Жак Д'Арсонваль, теоретично обґрунтовуючи можливість використання величезних запасів теплової енергії Світового океану, запропонував застосувати аміак як робоче

тіло океанських теплових електростанцій (ТЕС). Аміак і до цього дня є основною робочою речовиною, яку розглядають у проєктованих і створених океанських ТЕС для районів як тропіків [5], так і Арктики [6, 7].

Іншим перспективним напрямком утилізації низькопотенційних вторинних теплових ресурсів є УСУ на водоаміачному розчині. Уперше запропонував використати це робоче тіло у циклі теплового двигуна Л.М. Розенфельд 1955 р. [8]. Промислові ТЕС на цій робочій суміші, що реалізують цикл А.І. Каліни, експлуатують з 1999 р. в Японії на заводі фірми «Kashima Steel Works» (утилізація теплоти відпрацьованої води температурою 98 °С), та з 2000 р. в Ісландії (геотермальні джерела з температурою 121 °С); електрична потужність, що генерується, становить 3,1 та 2,0 МВт відповідно.

Морські УСУ з водоаміачними НРТ підтвердили свої працездатність та ефективність як у рамках науково-дослідних робіт, так і при промисловій експлуатації, їх розгляду в іноземній технічній літературі останнім часом приділяється багато уваги.

Судовий напрямок реалізації УСУ знайшов відображення у дослідженнях, що проводяться нині в Національному університеті кораблебудування (м. Миколаїв) Результати розгляду схем утилізації низькопотенційної теплоти суднових дизельних установок показують, що аміак знаходиться в групі НРТ, що забезпечують найвищі термодинамічні показники УСУ. Наприклад, при розрахунку установки, що утилізує 1630 кВт теплоти високотемпературного контуру системи охолодження прісною водою судового головного середньообертового дизеля марки 6L46-B фірми «Wartsila» (Фінляндія) потужністю 5850 кВт, при наступних вихідних даних: температури прісної води системи охолодження на виході та вході в котел-утилізатор відповідно 74 і 91 °С; температури кипіння та перегріву парів НРТ у котлі-утилізаторі відповідно 70 і 80 °С; температури заборотної води та конденсації НРТ відповідно 30 і 35 °С отримані такі характеристики роботи аміачної УСУ: тиск конденсації та кипіння аміаку 1358 і 3371 кПа; масова витрата аміаку 1,37 кг/с; потужності споживана насосом, корисна циклу і вироблена турбіною відповідно 8, 143 та 151 кВт; теплове навантаження на конденсатор 1487 кВт; термічний ККД установки 9,2%.

Проведений аналіз схем, а також термодинамічних і техніко-економічних характеристик суднових УСУ показує, що завдяки своїм безперечним перевагам аміак є одним з основних перспективних робочих тіл даних енергоустановок.

Результати науково-дослідних робіт, дослідно-конструкторських розробок та промислової експлуатації підтверджують високу ефективність аміачних УСУ для широкого спектру застосування в енергетиці: від Світового океану до космосу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Radchenko, R. Enhancing the Efficiency of Marine Diesel Engine by Deep Waste Heat Recovery on the Base of Its Simulation Along the Route Line / R. Radchenko, V. Kornienko, M. Pyrysunko, M. Bogdanov, A. Andreev // Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering. Advances in Intelligent Systems and Computing. – vol. 1113. – Springer, Cham, 2020. – Pp. 337-350. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37618-5_29
2. Андреев, А.А. Утилизация вторичных тепловых ресурсов судовых ДВС / А.А. Андреев // Двигатели внутреннего сгорания. – 2006. – № 2. – С. 149-154. <https://core.ac.uk/download/pdf/162894165.pdf>
3. Андреев, А.А. Перспективные направления утилизации низкопотенциальных вторичных тепловых ресурсов судовых дизельных установок / А.А. Андреев // 36. наук. пр. НУК. – Миколаїв: НУК, 2006. – № 4 (409). – С. 144-154.
4. Захаров, Ю.В. Судовые холодильные установки / Ю.В. Захаров, А.А. Лехмус, А.А. Сирота, Ф.А. Чегринцев. – Л.: Судостроение, 1986. – 256 с.
5. Ascari, M.B. Ocean Thermal Extractable Energy Visualization / M.B. Ascari, Hanson H.P., Rauchenstein L., Van Zwieten J., Desikan B., Heimiller D., Langle N., Scott G.N, Potemra J., Nagurny J.N., Jansen E. // Final Technical Report on Award DE-EE0002664. October 28, 2012. United States: N. p., 2012. [doi:10.2172/1055457](https://doi.org/10.2172/1055457).
6. Ильин, А.К. Особенности преобразования тепловой энергии океана в арктических районах / А.К. Ильин // Преобразование тепловой энергии океана. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. – С. 18-55.
7. Докукин, И.Я. Моретермальная электростанция на острове Диксон / И.Я. Докукин // Энергетическое строительство. – 1995. – № 1. – С. 62-67.
8. Розенфельд, Л.М. Холодильные машины и аппараты : [Учебник для технол. ин-тов] / Л.М. Розенфельд, А.Г. Ткачев. – М.: Госторгиздат, 1955. – 584 с.х // Теплоэнергетика. – 2005. – № 3 – С.73-77.

Андрєєв А.А., Пирисунько М.А., Андрєєва Н.Б.
Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету
кораблебудування

Визначення резервів підвищення ефективності турбонаддуву суднових дизелів і напрямку їх реалізації

З метою визначення резервів підвищення ефективності турбонаддуву суднових головних двигунів (ГД) і доцільності застосування теплоутилізаційних систем, що використовують теплоту наддувного повітря, було проведено розрахунок потужності утилізаційної турбіни N_T і компресора N_K наддувотурбокомпресора (ТК) дизеля та визначено умови, за яких резерв потужності ТК достатній для використання в турбодетандерних установках (ТДУ) охолодження повітря на вході ТК. Резерв потужності визначався як відношення $\Delta N_{TK} = (N_T - N_K) / N_K$. При розрахунках використовувались характеристики двигунів виробництва фірми "Wartsila".

За базовий було прийнято мало оборотний дизель 5RTA52 потужністю $N_e = 8000$ кВт виробництва вищевказаної фірми.

Розрахунки виконувалися з послідовним уточненням умов роботи ТК: спочатку без урахування впливу температури зовнішнього повітря $t_{нв}$ на вході компресора ТК на температуру відхідних газів $t_{г1}$ на вході утилізаційної газової турбіни (ГТ): $t_{г1} = f(t_{нв})$; потім з урахуванням впливу температури зовнішнього повітря $t_{нв}$ на вході компресора ТК на температуру відхідних газів $t_{г1}$, але без урахування залежності ККД компресора η_K від ступеня підвищення тиску π_K ; і нарешті з урахуванням залежності ККД компресора η_K від π_K .

Результати розрахунків з урахуванням залежності температури відхідних газів $T_{г1}$ на вході турбіни ТК від температури зовнішнього повітря $T_{нп}$ наведено на рис. 1.

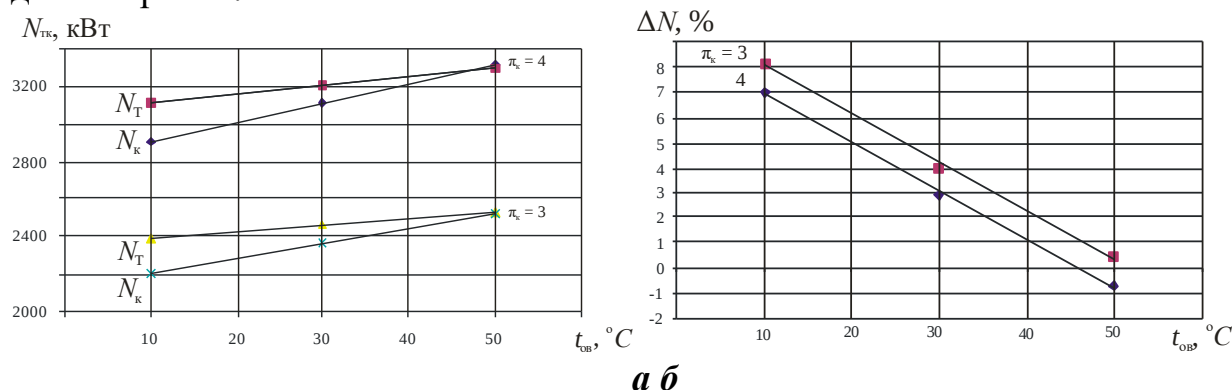


Рис. 1. Потужності турбіни N_T і компресора N_K ТК дизеля при $\pi_K = 4$ (а) та резерв потужності ТК $\Delta N_{TK} = (N_T - N_K) / N_K$ 100 % (б) в залежності від температури зовнішнього повітря $t_{нп}$ на вході ТК з урахуванням залежності температури відхідних газів на вході турбіни ТК від температури $t_{нп}$: дизель 5RTA52 "Wartsila", $N_e = 8000$ кВт

При цьому згідно з даними провідних двигунобудівних фірм "MANB&W" та "Wartsila" приймалось, що підвищення температури зовнішнього повітря

на вході ТК на $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ спричиняє зростання температури газів на виході з циліндрів ДВЗ на $16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Приймалось також, що $\eta_k=0,80$ при $\pi_k=3$ і 4 .

В інтервалі температур $t_{\text{вп}} \approx 10 \dots 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ значення $\Delta N_{\text{ТК}}$ становили $5 \dots 8\%$, причому при менших π_k резерв потужності $\Delta N_{\text{ТК}}$ більший, що вказує на недовільність його реалізації підвищенням тиску в наддувному турбокомпресорі, як це здійснювалось у традиційній ТДУ охолодження наддувного повітря двигунів фірми "Cooper-Bessemer".

Потужності турбіни N_T і компресора N_K ТК для ряду малооборотних дизелів (МОД) "Wartsila" в залежності від потужності дизеля N_e з урахування залежності температури відхідних газів на вході турбіни ТК від температури зовнішнього повітря наведено на рис. 2. Як видно, для всього ряду потужностей N_e МОД "Wartsila" має місце резерв потужності ТК.

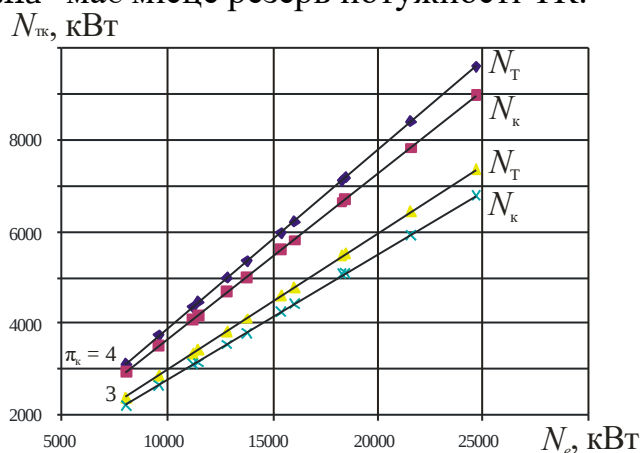


Рис. 2 Потужності турбіни N_T і компресора N_K ТК для ряду МОД "Wartsila" в залежності від потужності дизеля N_e з урахуванням залежності температури відхідних газів на вході турбіни ТК від температури зовнішнього повітря $t_{\text{вп}}$:

▲, х – $\pi_k = 3$; ◆, ■ – $\pi_k = 4$

Подальші розрахунки проводились з урахуванням як впливу температури зовнішнього повітря $t_{\text{вп}}$ на вході компресора ТК на температуру відхідних газів $t_{\text{Г1}}$, так і залежності ККД компресора η_k від ступені підвищення тиску π_k : $\eta_k = f(\pi_k)$. Так, прийнято $\eta_k = 0,85$ при $\pi_k = 3$; $\eta_k = 0,80$ при $\pi_k = 4$. Результати уточнених розрахунків наведено на рис. 3.

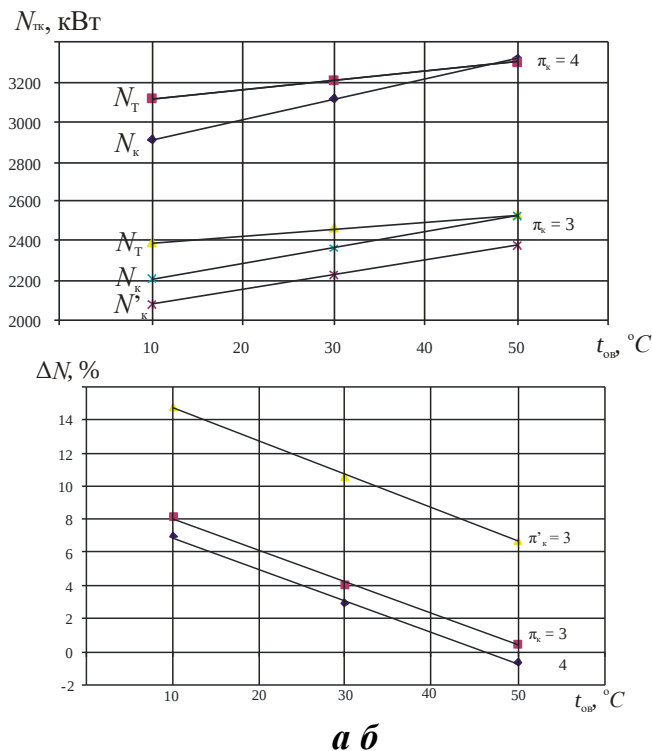


Рис. 3. Потужності турбіни N_T і компресора N_K ТК (а) та резерв потужності ТК $\Delta N_{TK} = (N_T - N_K)/N_K \cdot 100 \%$ (б) в залежності від температури зовнішнього повітря $t_{нв}$ на вході ТК з урахуванням залежності температури відхідних газів $t_{г1}$ на вході турбіни ТК від температури $t_{нв}$: дизель 5RTA52, $N_e = 8000$ кВт; π_k' – урахування $\eta_k = f(\pi_k)$; π_k – без урахування $\eta_k = f(\pi_k)$

Як видно, врахування залежності ККД компресора η_k від степені підвищення тиску π_k : $\eta_k = f(\pi_k)$ суттєво відбивається на результатах розрахунку. При цьому дійсні величини резерву потужності ТК виявляються набагато більшими: $\Delta N_{TK} = 6...14 \%$ при $\pi_k = 3$ в інтервалі температур $t_{нп} \approx 45...10$ °C з урахуванням $\eta_k = f(\pi_k)$, тоді як $\Delta N_{TK} = 2...8 \%$ без урахування $\eta_k = f(\pi_k)$. При менших π_k і $t_{нп}$ резерви потужності ΔN_{TK} більші, що вказує, по-перше, на неефективність їх реалізації підвищенням тиску в наддувному турбокомпресорі, як це здійснювалось у традиційній ТДУ охолодження наддувного повітря, а по-друге, доцільність застосування ТДУ для охолодження зовнішнього повітря повітря на вході ТК, тобто без надмірно високих π_k .

Визначення напрямку реалізації резервів підвищення ефективності турбонаддуву судових головних дизелів

У сучасних судових МОД має місце надлишкова енергія відхідних газів (понад енергію, необхідну для приводу наддувного компресора), тобто резерв потужності ТК ΔN_{TK} . Доведено також, що недоцільно реалізовувати цей резерв потужності ΔN_{TK} підвищенням тиску в наддувному турбокомпресорі, як це здійснювалось у традиційній ТДУ охолодження наддувного повітря, оскільки зі збільшенням π_k величина η_k зменшується, що призводить до суттєвого скорочення ΔN_{TK} (см. рис. 3).

Вочевидь, надлишкову енергію відхідних газів (понад енергію, необхідну для приводу наддувного компресора) доцільніше реалізовувати збільшенням продуктивності ТК при максимальних ККД, тобто виходити з надлишку

продуктивності ТК $\Delta G = (G_k - G_{kh}) / G_{kh} \cdot 100 \%$, де G_{kh} – продуктивність компресора, необхідна для наддуву дизеля, яку забезпечує утилізаційна ГТ при використанні відповідної частини енергії відхідних газів; G_k – продуктивність компресора, яку здатна забезпечити утилізаційна ГТ за умови повного використання енергії відхідних газів.

Результати розрахунку резерву продуктивності ТК $\Delta G = (G_k - G_{kh}) / G_{kh} \cdot 100 \%$ в залежності від температури зовнішнього повітря $t_{\text{нв}}$ на вході ТК без урахуванням залежності ККД компресора η_k від π_k і з її врахуванням наведено на рис. 4, *а* і *б*. Прийнято $\eta_k = 0,85$ при $\pi_k = 3$; $\eta_k = 0,80$ при $\pi_k = 4$.

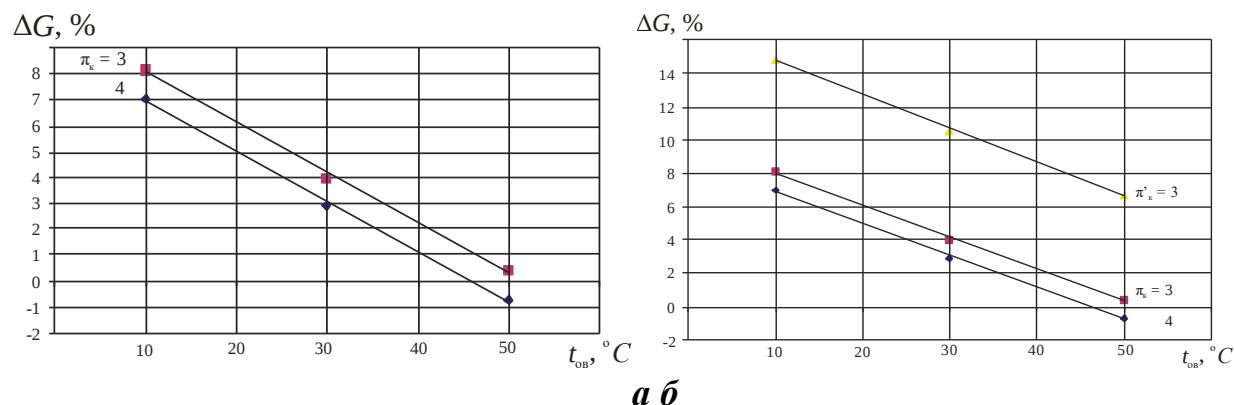


Рис. 4. Резерв продуктивності ТК $\Delta G = (G_k - G_{kh}) / G_{kh} \cdot 100 \%$ в залежності від температури зовнішнього повітря $t_{\text{нв}}$ на вході ТК без урахуванням залежності ККД компресора η_k від π_k (*а*) і з її врахуванням (*б*): $\pi_k' = 3$ – урахування $\eta_k = f(\pi_k)$; $\pi_k = 3$ – без урахування $\eta_k = f(\pi_k)$

Як видно з рис. 4, *б*, значення резерву продуктивності ТК становлять $\Delta G = 6 \dots 14 \%$ при $\pi_k = 3$ в інтервалі температур $t_{\text{нп}} = 45 \dots 10^\circ \text{C}$. При менших π_k і $t_{\text{нп}}$ резерви продуктивності ΔG більші, що вказує на доцільність застосування ТДУ для охолодження зовнішнього повітря на вході ТК, оскільки при цьому ТК експлуатується при оптимальних (не підвищених) π_k , які відповідають максимальним ККД ТК. До того ж зниження температури зовнішнього повітря $t_{\text{нп}}$ на вході ТК завдяки його змішуванню з повітрям, охолодженим у процесі розширення в турбодетандері, забезпечує зростання частки холодного повітря ΔG , яка подається від турбодетандера.

Варто зазначити, що зі зменшенням $\eta_{\text{ТК}}$ скорочується продуктивність ТК, відповідно і витрата відхідних газів. Це скорочення превалює над приростом тепловмісту відхідних газів, обумовленого збільшенням їх температури з підвищенням π_k . Окрім того, має місце деяке зниження ККД дизеля через зменшення коефіцієнта надлишку повітря α , яке може становити до 2 % в залежності від скорочення продуктивності ТК [3]. В результаті надлишкова потужність утилізаційної турбіни, яка приводить ТК, а з нею і холодопродуктивність ТДУ скорочуються, що й обмежувало ефективність ТДУ охолодження наддувного повітря. Вочевидь, що більш доцільно реалізовувати надлишкову енергію відхідних газів не шляхом підвищення тиску наддувного повітря (з неминучим зниженням ККД компресора), як у традиційній ТДУ

охолодження наддувного повітря [4], а збільшенням продуктивності ТК із використанням енергії надлишкової кількості наддувного повітря в ТДУ охолодження повітря на вході двигуна.

Отже при потужностях головного дизеля менше 20 МВт 8...15 %-й надлишок потужності (відповідно й продуктивності) наддувних ТК доцільно реалізувати шляхом використання надлишкових 8...15 % витрат наддувного повітря у турбодетандері ТДУ охолодження зовнішнього повітря на ході ТК.

Таким чином, прийнято альтернативну гіпотезу використання в ТДУ надлишкової енергії відхідних газів підвищенням продуктивності наддувних ТК, а не тиску, як у традиційних ТДУ охолодження наддувного повітря. При цьому наддувний ТК експлуатується при оптимальних степенях підвищення тиску π_k і, відповідно, максимальних значеннях ККД ТК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Influence of Ambient Temperature Conditions on Main Engine Operation: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005. -http://www.mandiesel.com/files/news/files0762/5510-0005.00pr_low.pdf.
2. MAN B&W. Project Guide. Two-stroke Engines. MC Programme. Vol. 1: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 1986.
3. Thermo Efficiency System (TES) for reduction of fuel consumption and CO₂ emission: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005.-<http://www.mandiesel.com/files/news/files0505/P3339161.pdf>.
4. Zinner K., Reinloin H. Thermodynamische Untersuchung über die Anwendbarkeit der Turbokühlung bei aufgeladenen vierfakt // Dieselmotoren, "MTZ". – 1964. – Nr. 5. – S. 188–195.

Андрєєв А.А., Свиридов В.І., Андрєєва Н.Б.

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету
кораблебудування, Україна**Розробка раціональних варіантів турбодетандерного охолодження
повітря суднових дизелів**

Ефективність суднових ДВЗ значною мірою залежить від атмосферних умов. Із підвищенням температури зовнішнього повітря і відповідно повітря у машинному відділенні зменшується коефіцієнт надлишку повітря, погіршується якість сумішоутворення, збільшуються період затримки самозаймання палива, температура випускних газів і відведення теплоти від циліндрів, тобто тепловтрати, підвищуються теплова напруженість двигуна та питома витрата палива, знижуються його ефективний ККД і потужність. Так, кожні 10 °С підвищення температури зовнішнього повітря $t_{\text{нп}}$ на вході турбокомпресор (ТК) спричиняють зменшення ККД ДВЗ приблизно на 0,5...0,7 % і, відповідно, зростання питомої витрати палива g_e [1–3]. При цьому потужність дизеля скорочується на 5...7 %. Штатні ж системи водяного охолодження наддувного повітря, яке могло б демпфувати збільшення температури $t_{\text{нп}}$, не в змозі забезпечити необхідну глибину охолодження через підвищені температури забортної води.

Отже доцільним було б утилізувати ВЕР у тепловикористовуючих холодильних машинах (ТХМ), а вироблений холод застосовувати для охолодження повітря на вході ДВЗ. Такі тепловикористовуючі системи охолодження повітря ДВЗ не тільки закривали б нішу по потужності головних двигунів $Ne < 20...50$ МВт, коли застосування складних і дорогих турбокомпаундних системах (ТКС) економічно не доцільно через великі терміни, але й забезпечували б підвищення ефективності дизелів при високих температурах зовнішнього повітря і забортної води та на ходу судна, коли виробництво теплової або електричної енергії в ТКС перевищує загальносуднові потреби в них.

Та все ж турбодетандерні технології можуть бути використані для охолодження повітря, але не наддувного, а зовнішнього повітря на вході ТК дизелів. При цьому відпадає необхідність підвищувати тиск повітря в ТК понад тиск наддуву, що супроводжувалось би неминучим зниженням ККД ТК, оскільки надлишок енергії відхідних газів реалізується збільшенням продуктивності ТК, а не його π_k , що забезпечує експлуатацію ТК при максимальних значеннях ККД. Цю надлишкову кількість стисненого повітря (понад необхідну їй кількість для наддуву) і спрямовують у турбодетандер, при розширенні в якому (до атмосферного тиску) повітря охолоджується. Охолоджене повітря змішують із зовнішнім повітрям на вході ТК, забезпечуючи зниження температури повітря на всмоктуванні ТК при високих температурах зовнішнього повітря і, як наслідок, зростання ККД ДВЗ і, відповідно, скорочення питомої витрати палива g_e [1–3].

Більш складною є турбодетандерна холодильна машина (ТДХМ) із використанням енергії стисненого повітря при його розширенні в турбодетандері з отриманням механічної роботи, яку застосовують для приводу додаткового компресора. Схеми ТДХМ, які використовують надлишкову енергію відхідних газів для охолодження наддувного повітря (традиційна ТДХМ фірми "Cooper-Bessemer") або повітря на вході основного компресора К1 (запропонована), наведені на рис. 1,а і б відповідно. Додаткова енергія наддувного повітря використовується в турбодетандері ТД для одержання додаткової потужності, яку передають на привід додаткового компресора К2. Як видно, стандартна ТДХМ охолодження наддувного повітря (см. рис. 1,а) легко трансформується в ТДХМ охолодження повітря на вході дизеля (см. рис. 1,б) без залучення будь-яких додаткових елементів: достатньо на турбодетандер подавати тільки надлишок наддувного повітря (понад його кількість, необхідну для наддуву), а основну його кількість направляти в наддувний ресивер двигуна в обхід турбодетандера.

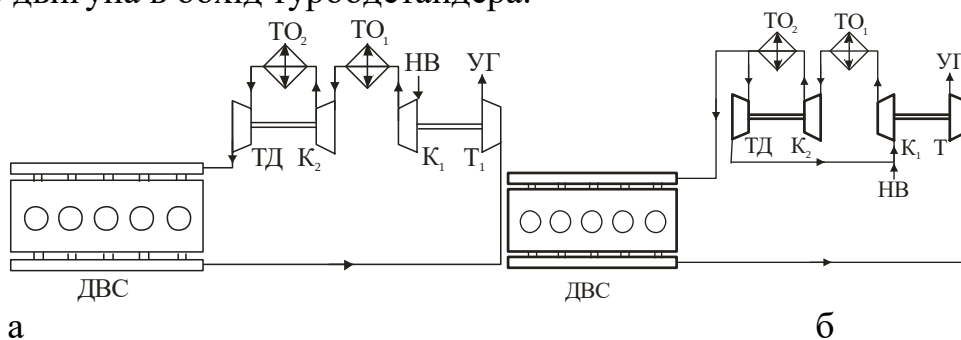


Рис. 1. Схеми ТДХМ охолодження наддувного повітря (а) і повітря на вході наддувного турбокомпресора (б): Т–утилізаційна турбіна; ТД – турбодетандер; ТО₁ і ТО₂ – теплообмінники-водяні охолоджувачі наддувного повітря; К₁ і К₂ – основний і додатковий компресори; УГ – відхідні газы; НВ – зовнішнє повітря на вході

Результати розрахунків показали, що при вихідній температурі повітря перед ТК дизеля 35 °С (зовнішнє повітря, що відповідає тропічним умовам експлуатації) і 45 °С (повітря в машинному відділенні), температура повітря на виході з турбодетандера сягає –40 °С і –30 °С відповідно. У залежності від кількості надлишкового наддувного повітря (надлишку продуктивності наддувного ТК понад кількість наддувного повітря, яке подають у циліндри двигуна), яке подають у турбодетандер ТДХМ, і степені підвищення тиску ТК при зниженні температури повітря на вході ТК двигуна $\Delta t_{п}$ за рахунок змішування зовнішнього повітря з надлишковим повітрям, охолодженим у процесі розширення в турбодетандері, становить близько 10 °С (при витраті надлишкового стисненого повітря через турбодетандер 10 % від загальної його витрати) і майже 20 °С при 20 %-й частці, що забезпечує абсолютний приріст ККД дизеля η_e на 1,5...2,0 %, причому без ускладнення системи наддуву за наявності турбодетандерної системи охолодження наддувного повітря. У випадку ж наявності тільки водяної системи охолодження наддувного

повітря необхідно на лінії подачі стисненого повітря на вхід ТК установити турбодетандер із відведенням його потужності на привід ТК.

Холодопродуктивність ТДХМ може бути збільшена шляхом додаткового (до водяного) охолодження наддувного повітря в ТХМ. Так, у разі підвищених температур зовнішнього повітря і заборотної води, коли стандартна система водяного охолодження дизеля не в змозі забезпечити необхідні температури наддувного повітря, а також при недостатній кількості надлишкового наддувного повітря з метою його більш глибокого охолодження можна застосовувати машинний холод, який у свою чергу виробляти в тепловикористовуючій ежекторній холодильній машині (ТЕХМ) як конструктивно найбільш простому варіанті. Джерелом скидної теплоти для ТЕХМ можуть бути відхідні гази або наддувне повітря після компресора, температура якого в залежності від тиску може становити 150...250 °С. Як робоче тіло в ТЕХМ застосовують низькокиплячі робочі тіла (НРТ), зокрема, озонобезпечні хладони R142b і R600 (н-бутан).

Схема такої комбінованої ТДХМ із турбодетандером і ТЕХМ для охолодження циклового повітря – повітря на вході ТК та стисненого – наведена на рис. 2. При цьому в ТЕХМ утилізується теплота наддувного повітря.

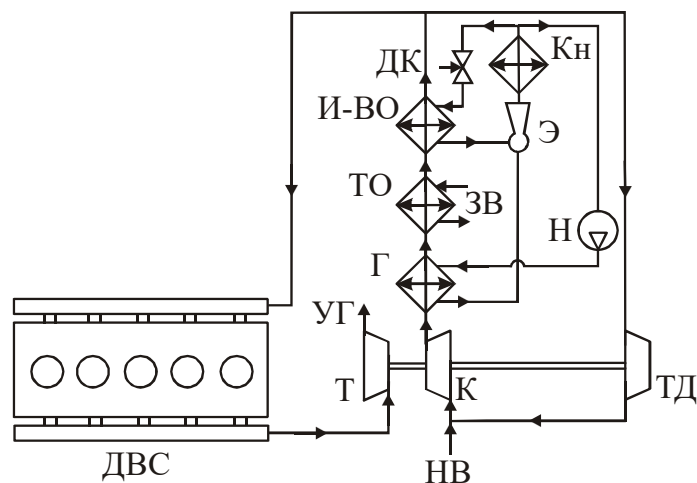


Рис. 2. Схема комбінованої ТДХМ із турбодетандером і ТЕХМ: Т – утилізаційна турбіна; К – компресор; ТД – турбодетандер; ТО – теплообмінник; ТЕХМ: Г – генератор; И-ВО – випарник-повітроохолоджувач; Е – ежектор; Кн – конденсатор; Н – насос; ДК – дросельний клапан; УГ – відхідні гази; НВ – зовнішнє повітря на вході; ЗВ – забортна вода

Теплота наддувного повітря після компресора використовується в генераторі ТЕХМ для одержання пари НРТ високого тиску, енергія якої витрачається, в свою чергу, на ежекування пари НРТ низького тиску, яка випаровується у випарнику з відведенням теплоти від наддувного повітря на вході турбодетандера. Загалом генератор ТЕХМ включає економайзерну секцію, в якій рідкий холодоагент – НРТ нагрівається від температури конденсації $t_k \approx t_{зв} + 5...10$ °С, де $t_{зв}$ – температура заборотної води, до температури його кипіння $t_r = 100...120$ °С при високому тиску, та

випаровувальної секції, в якій рідкий НРТ кипить при високому тиску і відповідно температурі t_r . До НРТ в обох секціях генератора підводиться теплота від наддувного повітря.

Розрахунки показують, що застосування ТДХМ забезпечує додаткові (до охолодження в стандартному водяному охолоджувачі наддувного повітря) зниження температури наддувного повітря на вході турбодетандера на 20...40 °С і температури повітря на виході з нього ще на 15...30 °С. Завдяки низькій температурі повітря на виході з турбодетандера, змішаного з зовнішнім повітрям (повітрям машинного відділення), на вході ТК одержують достатньо низькі температури повітря (близько 10 °С) навіть при температурах повітря в машинному відділенні 45...50 °С і забортної води 32 °С, які відповідають тропічним умовам експлуатації, що дозволяє скоротити питому витрату палива двигуном на 2...4 %.

ВИСНОВКИ

1. Застосування ТДУ попереднього охолодження зовнішнього повітря на вході ДВЗ, що використовує теплоту відхідних газів, забезпечує зменшення питомої витрати палива приблизно на 4 % та приріст ККД ДВЗ на 2 % в абсолютних і 4 % у відносних величинах.

2. Застосування ТДУ у комбінації з ежекторною холодильною машиною, що використовує теплоту наддувного повітря, подвоює приріст ефективності ДВЗ і забезпечує зменшення питомої витрати палива на 8 % та приріст ККД ДВЗ на 4 % в абсолютних і 8 % у відносних величинах.

3. Запропоновано схеми ТДХМ охолодження повітря на вході ДВЗ, отримані трансформацією існуючих систем турбонаддуву і турбодетандерного охолодження наддувного повітря без додаткового обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

5. Influence of Ambient Temperature Conditions on Main Engine Operation: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005. -http://www.mandiesel.com/files/news/files/762/5510-0005.00pr_low.pdf.

6. MAN B&W. Project Guide. Two-stroke Engines. MC Programme. Vol. 1: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 1986.

7. Thermo Efficiency System (TES) for reduction of fuel consumption and CO₂ emission: MAN B&W Diesel A/S, Copenhagen, Denmark, 2005. -<http://www.mandiesel.com/files/news/files/5055/P3339161.pdf>.

Особливості роботи лубрикаторних систем суднових ДВЗ

Всі лубрикаторні системи мають загальну структуру, за спільністю якої існує велика різноманітність конструкцій окремих елементів маслоподаючих пристроїв і систем в цілому. За особливостями приводів лубрикаторів вони діляться на системи з механічним і гідравлічним приводом, які забезпечують ту або іншу частоту робочих ходів плунжерів лубрикатора.

У двигунів різних марок точки підведення масла розташовуються у верхній або нижній частині циліндра, що визначає довжину маслопроводу, яка може коливатися від одного до 10 і більше метрів. І все ж, найбільш значні відмінності зосереджені на ділянці між безповоротним клапаном і дзеркалом циліндра. Довжина цієї ділянки у існуючих марок двигунів відрізняється у 50 разів. Коливання величини діаметра каналу становить від 2,5 до 20 мм, обумовлюючи місцеві його звуження, утворення своєрідних камер і переходів від однієї форми перерізу до іншої.

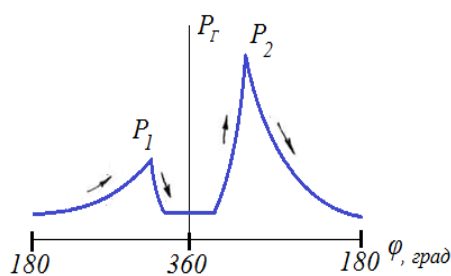


Рис.1. Характер зміни тиску на масляні канали

Максимальний тиск імпульсів газів (P_1 – при стисканні та P_2 – при розширенні), рис.1 і відстань між їх вершинами визначається рівнем розташування крапок змащування по висоті циліндра. При верхньому розташуванні, P_1 у сучасних дизелів може досягати 1,2 МПа, а P_2 – 3 МПа. При нижньому розташуванні масляних каналів тиск газів у отворів відрізняється як величиною,

так і характером зміни за часом. Максимальне значення P_1 не перевищує 0,3 МПа, а P_2 – 1,5 МПа.

Зауважимо також, що за час переміщення компресійних кілець через пояс мастильних отворів у їх зоні формується: на ході стискання – гілка падіння тиску імпульсу P_1 , а на ході розширення – гілка наростання тиску імпульсу P_2 .

Звідси можна припускати, що в зазначений період ходу поршня на стисненні зміни тиску газів сприяє надходженню масла в циліндр, а на розширенні – протидіє йому.

Аналіз цих умов у поєднанні з результатами осцилографування роботи системи дозволяє визначити періоди, коли обидві частини нагнітального тракту (маслопровід і "передкамера"), розділені неповоротним клапаном, починають працювати спільно.

Приклад осцилограми процесу подачі масла до циліндра з верхнім розташуванням мастильних отворів і механічним несинхронізованим приводом лубрикатора наведено на рис. 2.

З осцилограм випливає, що плунжер може починати рух у різні моменти, але в межах одних і тих же 180° п.к.в., і здійснювати повний хід в один прийом (осцилограма 1, рис. 2) або частинами (осцилограми 2,3). Залежно від повноти ходу плунжера і початку його руху тиск у нагнітальному трубопроводі перед клапаном змінюється в межах $0,3 \dots 0,8$ МПа, а тиск на клапан зі сторони циліндра змінюється від $0,16$ до $2,2$ МПа.

Зіставлення запису тиску масла у клапана штуцера із записом тиску газів на клапан (P_{Γ}) показує, що останній може відкриватися тільки у двох діапазонах повороту колінчастого валу. Перший діапазон лежить між 320 і 32° п.к.в., тобто, коли поршневі кільця знаходяться над каналами підведення масла, а другий - між 120 і 290° , тобто, коли кільця знаходяться нижче мастильних отворів.

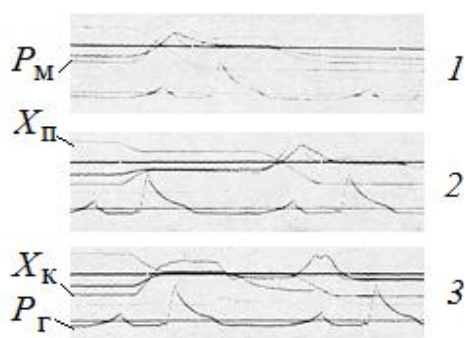


Рис.2. Осцилограма подачі масла при розміщенні каналів в верхній частині ЦВ

На режимі роботи двигуна зміна тиску P_{Γ} від циклу до циклу залишається постійним, тиск масла (P_M) у кожному циклі різко змінюється. Це пояснюється відмінністю моментів і величини ходу плунжера, швидкістю його руху, а також рівнем тиску газів зсередини циліндра, що протидіє відкриття клапана. З осцилограм випливає, що циклова порція мастила подається в передкамеру переважно за $2 \dots 3$ відкриття клапана, що відносяться приблизно до одного обороту валу на початку кожного циклу маслоподачі. На наступних 13-ти оборотах, до чергового ходу плунжера, подача масла за безповоротний клапан відсутня.

Таким чином, якщо частоту і моменти відкриття клапана штуцера отожднювати з частотою і моментами надходження масла в циліндр, то неважко дійти висновку про незадовільний розподіл його по дзеркалу навіть на тих оборотах, коли існує подача.

При збільшенні продуктивності лубрикатора перестановкою регулювального важеля, частота подачі і тиск в маслопроводі істотно збільшуються, що при повних або близьких до повних ходах плунжера призводить до введення в передкамеру всієї циклової порції за одне відкриття клапана.

Таким чином, у дизелів з верхнім розташуванням мастильних отворів і несинхронізованим приводом лубрикаторів виникає різний перерозподіл у фазах відкриття безповоротних клапанів, яке призводить до недостатнього забезпечення мастилом верхньої частини втулок у одних циліндрів і нижньої - в інших.

Для виявлення особливостей, які вносить в роботу системи гідравлічний привід лубрикаторів, розглянемо процес маслоподачі таким лубрикатором. На відміну від інших, гідравлічний привід забезпечує плавне і безперервне переміщення плунжера лубрикатора X_{Π} протягом декількох (в даному

випадку одинадцяти) оборотів, рис.3. На наступних 10 обертах, що завершують цикл маслоподачі, плунжер здійснює хід всмоктування.

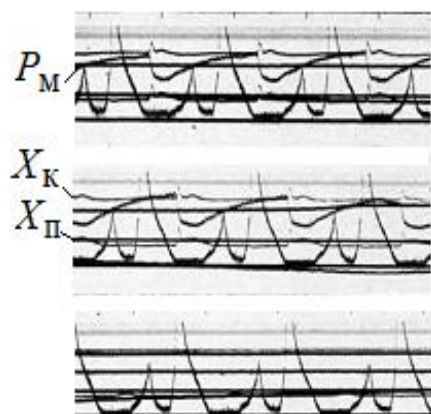


Рис.3. Осцилограма подачі масла при гідравлічному приводі лубрикатора

Розглянуті умови формування подачі масла при механічному та гідравлічному приводах лубрикаторів характерні для переважного числа марок суднових дизелів. Це крейцкопфні і тронкові двигуни переважно з контурним продуванням і верхнім розташуванням масляних отворів. Розташування масляних отворів у зоні низьких тисків, принципово змінює характеристику протидії газів. Можливо, що саме ця обставина і зумовила застосування синхронізації переміщення плунжера лубрикатора з певним положенням поршня.

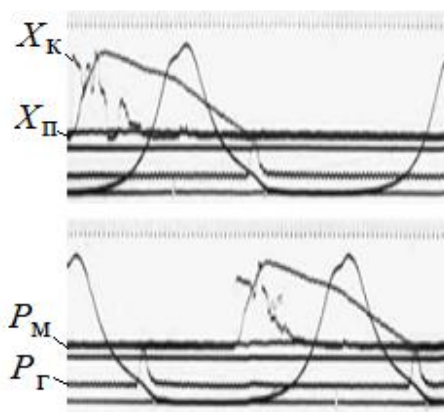


Рис.4. Осцилограма подачі масла при розміщенні каналів в нижній частині ЦВ

Таким чином, перерва в подачі масла в передкамеру становить 10 оборотів через кожні 11, що добре проглядається як щодо зміни тиску в маслопроводі (лінія P_M), так і відкриття безповоротного клапана (лінії X_K). Відкриття клапана відбувається тільки в період газообміну, тобто, коли поршень знаходиться на $2/3$ ходу нижче точок змащування. Це обумовлено малою величиною порцій, що витісняються в маслопровід на кожному обороті, низьким тиском перед клапанами, їх опором, значною довжиною маслопроводів та ін.

Приклад осцилограми, покладеної в основу сформованих поглядів наведено на рис.4. З осцилограми слідує, що робочий хід плунжера і відкриття неповоротного клапана здійснюються дійсно на висхідному ході поршня через кожні 2 оберти.

Однак, необхідно зауважити, що, наприклад, при тривалості ходу плунжера лубрикатора, що становить 46°

п.к.в., неповоротний клапан відкритий протягом 55° п.к.в.

Якщо на наведену осцилограму накласти криву руху поршня, то легко встановити, що період суміщення пояса компресійних кілець з мастильними отворами становить всього 15° п.к.в., тобто, тривалість відкриття безповоротного клапана може в 3...4 рази перевищувати час знаходження кілець навпроти точок змащування. Тому, якщо період відкриття клапана ототожнювати з часом надходження масла в циліндр, то виходить, що значна його частина в район кілець не подається.

Крім того, зі збільшенням ходу плунжера лубрикатора момент початку його руху наближається до НМТ більш ніж на 20° . Якщо врахувати, що в си-

стемах розглянутого типу двигунів початок відкриття клапана практично збігається з початком ходу плунжера, то стає цілком очевидним, що застосовувана синхронізація більш, ніж умовна.

Розглянуті приклади охоплюють практично всі основні умови формування процесу подачі мастила до циліндрів дизелів. З аналізу цих умов випливає, що жодна система не забезпечує керований плунжером лубрикатора процес подачі масла за безповоротний клапан. Звідси випливає, що ні конструкції приводів лубрикаторів, ні самі лубрикатори, ні багаторазова відмінність величин порцій мастила, що подаються, ні довжина маслопроводу, що відрізняється в 10 і більше разів, ні розташування маслоподводящих отворів по висоті циліндра, скільки-небудь помітного впливу управління подачею масла в передкамеру не мають.

Більш ніж переконливо це випливає з аналізу наслідків надходження масла не в "передкамеру", а безпосередньо в циліндр, рис. 5.

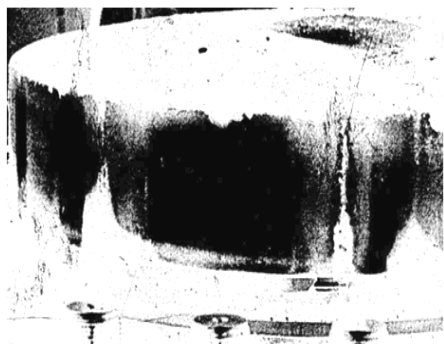


Рис.5. Сліди зустрічі мастила з головкою поршня

Виявляється, що у всіх дизелів, незалежно від усіх перерахованих та інших існуючих особливостей лубрикаторних систем, на головках поршнів вище першого кільця навпроти масляних отворів є однакові сліди зустрічі мастила з поршнем.

Якщо все ж таки погодитися з твердженням, що період відкриття безповоротного клапана є час надходження мастила в циліндр, протягом якого (як випливає з осцилограм) поршень знаходиться або вище, або нижче маслоподводящих отворів, то виникає питання - як відбувається зустріч мастила з бічною поверхнею головки.

Ці сліди, у поєднанні з результатами осцилографування, вказують на невідповідність часу надходження мастила в циліндр періоду відкриття неповоротного клапана.

Крім того, спільність цих слідів для всіх відомих дизелів, незалежно від настільки суттєвих конструктивних відмінностей систем, та й самих двигунів, вказує на існування такої взаємодії системи з двигуном, яка породжує формування єдиного механізму надходження мастила в циліндри судових ДВЗ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bogach V.M. Performance efficiency lubricator systems Of marine diesel engines / V.M. Bogach, A.N. Shebanov // Journal of POLISH CIMAC, № 9(1), 2015 – С. 24-31.
2. Богач В.М. Вплив газу на рух мастила по дзеркалу циліндра / В.М. Богач, А.М. Шебанов, Ю.М. Довиденко, І.Е.Єлінський. // Суднові енергетичні установки: науково-технічний збірник. Вып. 43. - Одеса: НУ «ОМА», 2021. С.126-139.

3. 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. Вып. 44. - Одеса: НУ «ОМА», 2022. С. 53-63.

Колір полум'я як основний показник процесу горіння в паливних пристроях котлових установок

У пункті 2.6.8. нормативного документа [1, с.135] "Контроль якості горіння повинен проводитися по кольору полум'я в топці... Полум'я в топці має бути прозорим, а його колір - солом'яно-жовтим або яскраво-оранжевим". Темно-червоний колір – нестача повітря, а яскраво-біле полум'я – надмірний надлишок повітря.

Така оцінка полум'я в топці котла є результатом суто психологічного сприйняття оптичних характеристик випромінювання в видимому спектрі, як монохроматичне і має своїм завданням встановити суто фізичну залежність кольору від стану процесу горіння.

В дійсності полум'я є монохроматичним і має досить складний спектральний склад випромінювання, в якому основну роль відіграє сажа в зоні хімічної реакції горіння, яка і створює колірний спектр випромінювання полум'я.

Основний фактор, що визначає концентрацію сажі та температурний рівень процесу, в залежності від умов перемішування палива, є коефіцієнт надлишку повітря.

Мінімальний температурний рівень горіння [2, с.313], при якому починається утворення сажі, складає близько 1400°K. І відповідно максимальний, що відповідає коефіцієнту надлишку повітря для «порогу утворення сажі» [3, с.28] 2200°K. Таким чином, горіння вуглеводневих палив супроводжується утворенням сажі у вказаному діапазоні робочих температур процесу горіння.

Найбільш істотний вплив коефіцієнта надлишку повітря на вказані температуру та концентрацію сажі (як наслідок оптичні характеристики випромінювання) спостерігається при двох наступних частотних процесах, при якому горіння на першій стадії відбувається при нестачі повітря з коефіцієнтом надлишку 10 - 30 % від необхідного для спалювання палива.

Відомі дані із досліджень [2, 3, 4] дають якісну картину залежності концентрації сажі від коефіцієнту надлишку повітря і не дають можливості виконати розрахунок кольорових характеристик полум'я для топкових пристроїв, що необхідні для оцінки стану процесу. Однак ці дані по вмісту сажі в полум'ї дозволяють визначити необхідні умови для аналізу кольорових властивостей полум'я.

Необхідно зауважити, по даним [2, 3, 4], максимальна концентрація сажі спостерігається у порівняно вузькому діапазоні коефіцієнта надлишку повітря для паливних сумішей з $1.25 < \alpha < 4$, а при $\alpha < 1.25$ концентрація незначна внаслідок перемішування, що обумовлено скалярною структурою процесу.

Виходячи з того, щов видимому діапазоні спектральна ступінь чорнотиє залежність від концентрації сажі та довжини хвилі

$$e_{\lambda} = 1 - \exp(-k_{\lambda} \square \square l),$$

где k_{λ} - спектральний коефіцієнт поглинання часток сажі;

$\square \square$ концентрація часток сажі;

l – оптична товщина об'єму;

є можливість визначити залежності кольорового спектру полум'я від розподілу концентрації сажі та температури процесу (коефіцієнту надлишку повітря).

Для цього була використана відома залежність для «відновленої концентрації» z палива в турбулентному потоці [5] і яка визначає локальні значення коефіцієнта надлишку повітря α та температури полум'я

$$\frac{T_0 - T_{01}}{T_{0s} - T_{01}} = \begin{cases} \frac{z - z_s}{1 - z_s} & z > z_s \\ \frac{z}{z_s} & z < z_s \end{cases} \quad z = \frac{1}{1 + \infty St}.$$

$$\frac{T_0 - T_{01}}{T_{0s} - T_{01}} = \begin{cases} \frac{z - z_s}{1 - z_s} & z > z_s \\ \frac{z}{z_s} & z < z_s \end{cases} \quad z = \frac{1}{1 + \infty St}$$

Кольоровість як двовимірна величина, зображується точкою на площині і обчислена по процедурі дискретизації потоку випромінювання по спектру

$$U_i = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \tau_i(\lambda) \epsilon(\lambda) I(\lambda) d\lambda$$

де $\tau_i(\lambda)$ – чутливість спектрального фільтра; $\epsilon(\lambda)$ – спектральна ступінь чорноти полум'я; $I(\lambda)$ – інтенсивність теплового випромінювання по АЧТ.

Відповідно кольоровість полум'я визначалась по виразу

$$x = \frac{U_1}{U_1 + U_2 + U_3}, y = \frac{U_2}{U_1 + U_2 + U_3}.$$

Спектр теплового випромінювання полум'я для кожного значення $\square$ розраховувався за формулою Планка для температур горіння вуглеводнів (мазути) в діапазоні $1500 \div 2400^\circ\text{K}$. Чутливість спектральних координат фільтра $\tau_i(\lambda)$ визначалась ординатами кривих складання в системі XYZ [3].

У процесі аналізу характеристик випромінювання спектральна ступінь чорноти приймала значення $e_{\lambda} = 1$ для значень коефіцієнта надлишку повітря для паливних сумішей з $1.25 < \square \square < 4$, а при $\square \square < 1.25$ відповідно $e_{\lambda} \leq 0,1$.

В залежності від температури і ступеня чорноти полум'я визначались положення точки кольоровості на діаграмі XYZ відповідно до стану процесу.

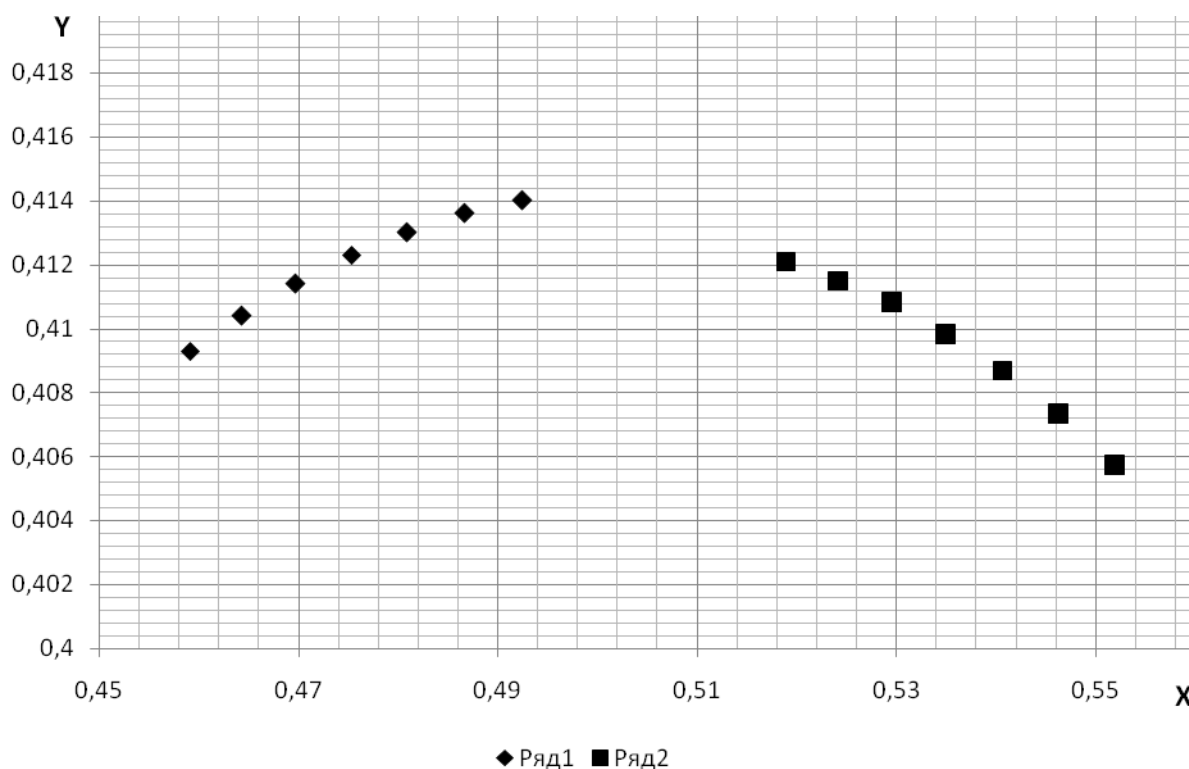


Рис.1 Спектр кольору полум'я в залежності від локального значення коефіцієнту надлишку повітря α : ряд 1- для $\alpha < 1.25$; ряд 2- для $1.25 < \alpha < 4$.

Як видно із Рис.1 спектр кольору полум'я не є монохроматичним і має досить складний спектральний склад випромінювання. Спектр кольоровості співпадає з відомим сприйняттям оптичних характеристик випромінювання в видимому спектрі.

Для отримання необхідних даних для оцінки стану процесу горіння в топці котла необхідна розробка методики для визначення залежності кольору від коефіцієнту надлишку повітря α і як наслідок стану процесу горіння.

Для цього необхідно вирішити завдання, які дають основні вихідні дані:

- кількість енергії, що випромінюється полум'ям;
- межі зміни та швидкість зміни яскравості та спектрального складу випромінювання;
- межі зміни кольорових та спектральних характеристик полум'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. РД №31.21.30-83. Правила технической эксплуатации судовых технических средств. –М.: В/О «Мортехинформреклама», 1984.- 388 с.
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.–ISBN 5-9221-0438-1
3. Образование и выгорание сажи при сжигании углеводородных топлив/ Ф.Г. Бакиров, В.М. Захаров, И.З. Полещук, З.Г. Шайхутдинов. - М.: Машиностроение, 1989. - 128 с.: ил. ISBN 5-217-00663-3
 4. Го Ж.П., Фэйт Г.М. Спектральные и радиационные характеристики турбулентных диффузионных факелов ацетилен-воздух.-Жур.общ. амер. инж. Сер. Теплопередача, 1988,N4, с.136-139.
 5. Kuznetsov V.R., Sabel'nikov V.A. Turbulence and Combustion. New York: Hemisphere Publishing, 1990. 362 p.

Козицький С. В., Кіріян С. В.
Національний університет “Одеська морська академія”
Технологічний інститут, Ванкувер, Канада

Підвищення ефективності суднових механізмів при використанні наноматеріалів

Збільшення ресурсу та коефіцієнта корисної дії суднових механізмів; і захист довкілля від викидів є основним завданням, які виникають при експлуатації суднових механізмів. Ці проблеми ефективно можуть вирішуватися шляхом використання унікальних властивостей [1] наноматеріалів (НМ).

Переваги при використанні наночастинок.

Завдяки малим розмірам наночастинок (НЧ) успішно диспергуються в різних розчинниках і не викликають утворення осаду, що характерне для присадок мікронних розмірів. Переваги застосування речовин у нанорозмірному стані пов'язані з особливостями їх поведінки [2] та наступними особливостями у порівнянні з частинками мікронних розмірів: значна доля поверхневих атомів та висока кривизна поверхні збільшують реакційну та хімічну здатність; внаслідок своїх малих розмірів НЧ можуть вбудовуватися у контактуючі матеріали і тим самим змінювати їх властивості.

Вважається, що оптимальна концентрація, при якій коефіцієнт тертя досягає мінімуму, виникає коли площа поверхні впроваджених НЧ покриває контактуючі поверхні. Оскільки площа поверхні одного граму частинок розміром 10-15 нм складає величину 100-200 м² в залежності від матеріалу наночастинок [2], то стає зрозумілим, чому маса присадки наночастинок на 1-2 порядки менші, ніж маса присадки мікронних матеріалів, що використовуються для аналогічних цілей.

Застосування наночастинок оксидів металів

Досліджені [3] трибологічні характеристики моторного мастила (Motul 5100 4T10 W-30) на кульках сталі з додаванням НЧ TiO_2 як мастильної присадки середнім розміром 18 – 21 нм. Коефіцієнт тертя (КФТ) з наномастилом знизився приблизно на 60 % від значення коефіцієнта тертя з базовим мастилом при кімнатній температурі і приблизно на 80 % при температурі 75 °С.

Суспензія мастильного матеріалу, яка містить наночастинок Al_2O_3 та TiO_2 , найбільш ефективно – до 50% знизил зношування у циліндрі двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ) в умовах граничного та змішаного змащування, тобто в області верхньої та нижньої мертвих точок, та до 30% знизил швидкість зношування поршневих кілець [4]. Дослідження виконані авторами встановили, що НЧ Al_2O_3 , та TiO_2 введені в систему змащення двигуна, збільшують термін служби мастила та зменшують швидкість зносу компонентів шляхом формування трибошару на поверхнях тертя.

Застосування шаруваних НЧ

Полікристали MoS_2 та WS_2 мікронного розміру широко використовувалися як тверде мастило і присадка до мастил завдяки своїй шаруватій струк-

турі. Присадки НЧ MoS_2 та WS_2 до мастил ефективно зменшують тертя у порівнянні з мікронними присадками. У наноструктурному виді MoS_2 , як і WS_2 , утворюють фулереноподібні структури та широко вивчалися як мастильні добавки [5] оскільки суттєво зменшують КФТ до 0,05-0,06 при високих контактних тисках, що пояснюється їх стабільністю.

Крім суттєвого зменшення КФТ НЧ MoS_2 можуть утворювати трибопокриття на взаємодіючих поверхнях [5]. Сформовані плівки виявляють високу еластичність і пластичність в зоні контакту та підвищують зносостійкість взаємодіючих поверхонь від 4 до 20 разів.

Властивості зменшення тертя, продемонстровані багатошаровим графеном [6], пояснюються наночастинами, які накладаються один на одного там, де відбулося зношування, щоб захистити ковзаючі контактні поверхні

Застосування HMNanoVitMotorRenovator

Продукт є сумішшю нанодисперсних порошків SiO_2 - 80%, Al_2O_3 - 10% та інтеркальованого графіту - 10%. Середня розмірність частинок композиції нанопорошків становить 14 нанометрів. Площа поверхні частинок велика і складає 156 м^2 на один грам нанопорошку [7].

При використанні NanoVit як присадки його нанорозмірні матеріали взаємодіють із поверхнями тертя та утворюють захисні плівки [8]. У фрикційній зоні відбувається розкладання молекул SiO_2 та Al_2O_3 , що супроводжується кремніюванням поверхні та заміщенням атомів заліза атомами алюмінію з утворенням плівки зі значною пластичністю та міцністю, а частинки графіту беруть участь у створенні зносостійкого шару на поверхні.

Розбирання двигунів показало, що в результаті використання NanoVit на стінках деталей в зонах тертя утворюються стійкі плівки, які утримують мастильний матеріал [9]. Діоксид кремнію і графіт створюють двовимірний шар, що різко знижує будь-які додаткові пошкодження фрикційних частин двигуна, а також протидіє процесу старіння мастила. Мастило не стікає з їх поверхонь, що додатково захищає пари тертя при холодному пуску від підвищеного зносу та відновлює дзеркало циліндра.

Застосування НМ ХАДО

Ревіталізатор ХАДО (Харків) розв'язує завдання безрозбірного ремонту, збільшення ресурсу та максимально незносної експлуатації машин і механізмів. НМ ХАДО складається з НЧ Al_2O_3 та SiO_2 (або MgO , або CaO , або Fe_2O_3) середня дисперсність яких менша 100 нм [10].

Процес формування захисного покриття [9] при використанні ХАДО як присадки до мастил, який називається ревіталізація, заснований на фізико-хімічній взаємодії поверхонь тертя у присутності ХАДО при граничному або змішаному режимах змащення. В результаті процесу утворюється металокерамічне градієнтне покриття [10]. Особливість процесу – це зміцнення покриття з одночасним зростанням покриття.

Використання ревіталізатору у ДВЗ [10]: усуває овальності та конусність на робочій поверхні циліндрів двигуна до 0,15 мм; повністю усуває виник-

нення подряпин на робочій поверхні циліндрів глибиною до 0,1 мм; економить до 10% палива; знижує СО і НС у викидних газах до 2 разів.

Застосування НМ Nanol

Добавка Nanol – це однорідна маса, яка містить зважені НЧ міді, дисперговані в стабільному колоїді [11]. Поверхнева активація в зоні тертя запускає окислювально-відновну реакцію, яка зменшує кількість іонів міді в добавці з відкладенням міді на поверхні металу, щостворює наноплівку, здатну до відновлення. Це зменшує знос і подовжує термін служби компонентів і мастильних матеріалів, зменшуючи використання палива.

У суднових натурних випробуваннях спостерігалось при використанні добавка Nanol [11] зниження витрати палива на 4% для дизельних двигунів середньої потужності до 10000 кВт), і на 2% для потужних 15600 кВт двигунів.

Застосування НЧ для зміни теплофізичних властивостей

У роботі [12] досліджено додавання НЧ Al_2O_3 до рідин (ізопропілового спирту) на питому теплоємність. Показано, що наявність наночастинок знижує теплоту плавлення та питому теплоємність ізопропілового спирту та сприяє поліпшенню теплопровідності та збільшує інтенсивності тепловіддачі.

Показано, що додавання 0,20 г/кг фулеренів C_{60} до компресорного масла впливає на теплофізичні властивості [13] і відображається на показниках енергетичної ефективності холодильної компресорної системи. Це приводить до зниження енергоспоживання [13] при практично незмінній холодопродуктивності компресорної системи без її модернізації за рахунок впровадження компресорних «наномасил».

Застосування НЧ для підвищення ефективності згоряння палива

Встановлено [14], що введення паливних присадок наночастинок металів та їх окислів у дизельне паливо підвищує теплофізичні властивості та покращує характеристики горіння. Додавання присадки до палива також призводить до раннього згоряння та скорочення затримки займання, збільшення повноти згоряння, а підвищення теплопровідності та зниження пікової температури циліндра зумовлюють зниження викидів NO_x .

У роботі [15] встановлено, що сферичні НЧ Al_2O_3 діаметром 10 нм при змішуванні з сирим дизелем сприятливо впливають на процес горіння дизельного палива. Дослідження проводилися на 4-х тактному двигуні DEUTZ F1L511. Було встановлено, що середнє зниження питомої витрати палива при повному навантаженні двигуна відносно чистого дизельного палива становило 3,5%, 4,5% і 5,5% при рівнях дозування 20, 30 і 40 ppm, відповідно. Додавання 40 ppm нанодобавки для дизельного двигуна призводить до підвищення ККД на 5,5% та приблизне зниження викидів димності, НС, СО та NO_x на 17%, 25%, 30% та 33% відповідно.

Концентрація наночастинок оксиду алюмінію 40 ppm рекомендована [15] для досягнення оптимального покращення характеристик згоряння, продуктивності та викидів двигуна.

Висновки

Присадки НЧ та НМ до мастильних матеріалів, рідин та палив дозволяють успішно вирішувати багато проблем:

- зменшення коефіцієнту тертя та зношування на порядки,
- самовідновлення утворених пошкоджень,
- зміну теплофізичних властивостей рідин та палив,
- збільшення ККД та зменшення питомі витрати палива у ДВЗ,
- зниження емісії шкідливих речовин при спалюванні пального у ДВЗ.

Список використаної літератури

1. Козицький С. В., Кіріян С. В. Властивості нанооструктурованих матеріалів / Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. – 2022 – №45. – Одеса: НУ “ОМА”. – С. 123-133
2. Kozytskyi S. V. Properties and behavior of nanoparticles / S. V. Kozytskyi, S. V. Kiriiian. // Фізика аеродисперсних систем. – 2022 – №60. – С. 17–30
3. Козицький С. В. Дем’яненко І. А. Використання наночастинок оксиду титану (IV) – TiO_2 для покращення трибологічних властивостей змащувального мастила / Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. – 2022 – №45. – Одеса: НУ “ОМА”. – С. 134-144
4. M.K.A. Ali, H. Xianjun, L. Mai, C. Qingping, R.F. Turkson, C. Bicheng, Improving the tribological characteristics of piston ring assembly in automotive engines using Al_2O_3 and TiO_2 nanomaterials as nano-lubricant additives // Tribol. Int. – 2016. – Vol.103. – P. 540–554
5. [Mohammad R. Vazirisereshk](https://doi.org/10.3390/lubricants7070057), Ashlie Martini, David A. Strubbe and Mehmet Z. Baykara. Solid Lubrication with MoS_2 : A Review // *Lubricants*. – 2019, 7(7), 57; <https://doi.org/10.3390/lubricants7070057>
6. E.D. Ramón-Raygoza, C.I. Rivera-Solorio, E. Giménez-Torres, D. Maldonado-Cortés, E. Cardenas Alemán, R. Cué-Sampedro. Development of nanolubricant-based on impregnated multilayer graphene for automotive applications: analysis of tribological properties // *Powder Technol.* – 2016 – Vol. 302. – P.363–371
7. NanoVit Research GmbH [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.nanovit-research.de/ueber-nanovit>.
8. Kozytskyi S.V., Kiriiian S.V. Self-organization of nano-sized metal-containing lubricant additives / Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. – 2022 – №44. – Одеса: НУ “ОМА”. – С.10-17
9. Kozytskyi S.V., Kiriiian S.V. Effectiveness of nanodispersed substances utilization in ship’s mechanisms / Суднові енергетичні установки: наук.-техн. зб. – 2019 – №39. – Одеса: НУ “ОМА”. – С.101-106
10. XADO Industrial: Revitalizants, oils, greases [Електронний ресурс]. https://xadoindustrial.com/image/data/download/XADO_Industry_book_eng.
- 9/ NanolPower+ [Electronic resource]. – Access mode: <https://www.nplube.com/nanol>.
10. Zhelezny V., Motovoy I., Khliyeva O., Lukianov N. An influence of Al_2O_3 nanoparticles on the calorific properties and parameters of the phase transition of iso propyl alcohol in solid phase // *Thermochimica Acta*. – 2019. – Vol. 671. P. 170-180

11. Zhelezny V., Khliyeva O., Lukianov M. Motovoy I., Ivchenko D.A., Faik A., Grosu Ya., Nikulin A., Moreira A.L.N. Thermodynamic properties of isobutane/mineral compressor oil and isobutane/mineral compressor oil/fullerenes C60 solutions // International Journal of Refrigeration. – 2019. – Vol. 106. – P. 153-162
14. Khan S. Nanoparticles as fuel additive for improving performance and reducing exhaust emissions of internal combustion engines /S. Khan, Y. Dewang // International Journal of Environmental Analytical Chemistry. – 2022 – Vol. – Issue 2. 102 DOI: 10.1080
15. Mu-Jung Kao Aqueous Aluminum Nanofluid Combustion in Diesel Fuel /Mu-Jung Kao, Chen-Ching Ting, Bai-Fu Lin, and Tsing-Tshih Tsung // Journal of Testing and Evaluation. – 2020 – Vol. 36 – No. 2. P. 1-5. ID JTE100579

Малахов О.В., Палагін О.М., Бондаренко А.В., Найдьонов А.І., Ліхогляд Н.Л.

Національний університет “Одеська морська академія”

Гідродинамічні особливості кавітаційної обробки суднових лляльних вод

При роботі суден суднові лляльні води (СЛВ) є найбільш багатотоннажним видом відходів і для їх обробки всі судна згідно з регламентуючими вимогами [1] повинні обладнуватися сепараторами СЛВ (BSW). СЛВ є технологічними стоками, які в умовах роботи судна виникають у машинному відділенні, у вантажних трюмах, а також під час експлуатації палуби та палубних механізмів.

Кількісні зміни сумарних обсягів СЛВ, що генеруються під час роботи засобів водного транспорту в основному визначаються сукупністю наступних причин: інтенсивністю роботи суднової енергетичної установки; потужністю та кількістю допоміжного котельного обладнання; нерівномірністю завантаження трюмів судна одним і тим же видом вантажу; якістю огляду та ремонту ємностей та систем подачі палива, олії тощо.

Якісний та кількісний склад СЛВ не універсальний і в кожному конкретному випадку є величиною змінною. Він визначається судновими технологічними процесами. До середньостатистичного переліку основних компонентів СЛВ можна віднести: розчинені гази; олії (індустріальні, відпрацьовані машинні тощо) з концентрацією до 1000 мг/л; відпрацьовані нафтопродукти та їх складові, а також нафтовий шлам (концентрація до 8000 мг/л); миючі речовини (концентрація до 5-10 мг/л); суспензії (концентрація до 300-500 мг/л); сульфати (концентрація до 200 мг/л); феноли (концентрація до 50 мг/л). Всі перераховані вище компоненти, крім газів, характеризуються великим значенням питомої ваги в порівнянні з аналогічним параметром для води, що є основою для подальшої необхідності їх виділення з потоку СЛВ.

Розглядаючи СЛВ як багатокомпонентний потік доцільно відзначити, що під час аналізу практики експлуатації сепараційних установок було встановлено, що висока ефективність очищення СЛВ має місце при концентрації шкідливих компонентів тільки до 100 мг/л [2]. Перевищення цієї величини призводить до ускладнення використовуваних методів їх сепарації.

Загальні принципи функціонування технологічних схем, призначених для сепарації СЛВ безпосередньо визначаються робочими процесами, які застосовуються для розподілу їх складових компонент. Принципово, в умовах експлуатації судна, можна виділити три основні напрямки очищення: фізичний, хімічний та біологічний.

В основі фізичного напрямку лежить використання масових та рідше поверхневих сил. До масових сил у цьому випадку відносять сили інерції, тяжкості, спливання тощо.

Реалізація хімічних процесів при сепарації СЛВ базується на використанні різних реагентів у комбінації з електрохімічним окисленням оброблюваного потоку.

Біологічний напрямок сепарації СЛВ базується на використанні мікроорганізмів, що забезпечують у процесі своєї життєдіяльності знищення складових компонентів продуктів нафтохімії.

Детальний аналіз всіх методів сепарації СЛВ дозволив зробити висновок, що вони характеризуються одним загальним недоліком – односпрямованим очищенням. У ході сепарації вихідним продуктом є лише одна компонентна складова – вода. З використанням цих методів очищення під час сепарування дуже складно отримати чистому вигляді вторинні продукти нафтохімії. З цієї причини при проведенні досліджень було зроблено висновок про необхідність зробити нового методу сепарації СЛВ та доцільності використання в цьому випадку гідродинамічного процесу суперкавітації зі штучною вентиляцією парової каверни.

При локальному зародженні в потоці суперкавітуючої каверни в середині неї завжди буде знаходитися лише насичена водяна пара. Процес безперервного відбору водяної пари з каверни сприятиме отриманню з рештою висококонцентрованої суміші тих нафтопродуктів, які становлять початкову основу СЛВ. Приклад суперкавітаційної каверни взятий з роботи [3] показаний на рисунку1.

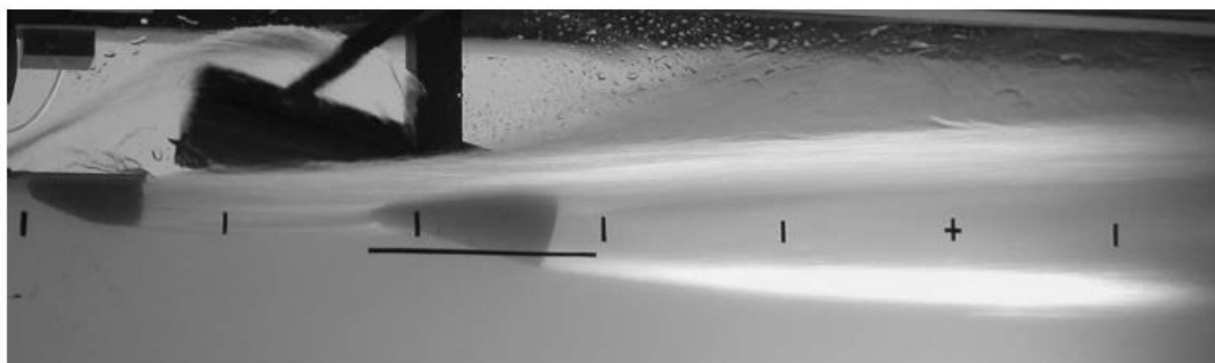


Рис. 1 Стаціонарна суперкавітаційна каверна [3]

До головної переваги запропонованого нового методу сепарації відноситься можливість очищення потоку з високою концентрацією шкідливих домішок. Такий метод може бути альтернативою електрохімічним методам сепарації, які в даний час вважаються практично єдиними ефективними методами, які можна застосовувати при концентрації домішок у воді, що перевищує 1 г/л [4].

Штучні кавітаційні суперкаверни спочатку застосовувалися при дослідженні явищ, пов'язаних з високо швидкісним рухом тіл у рідині. Штучні суперкаверни в порівнянні з кавернами, що виникають при природній кавітації мають відмінні риси: рух потоку, в якому штучно створюється кавітація

завжди характеризується меншими значеннями середньої швидкості; через розходження в щільності рідин і повітря, яке завжди набагато менше одиниці штучні суперкаверни завжди мають чітку межу розподілу між областями рухомого потоку; початок штучної суперкаверни завжди має однозначне просторово-фіксоване становище; рухом паро-газової суміші всередині штучної суперкаверни можна знехтувати і вважати, що обтіканняк аверси відбувається потенційним потоком.

Для випадку штучного подання повітря в кавітаційну суперкаверну в першому наближенні (без урахування розриву суцільності основного потоку СЛВ) була виконана оцінка залежності швидкості на межі суперкаверни від швидкості подання повітря. Якщо прийняти, що на вході до робочої камери кавітатора: значення швидкості та тиску потоку СЛВ складають P_{bsw} , V_{bsw} ; швидкість і тиск повітря, що вдується, складають P_a , V_a ; швидкість та тиск на межікаверни потоку СЛВ складають P_c , V_c , то швидкість потоку на кордоні каверни може бути знайдена як

$$V_c = V_{bsw} \sqrt{1 + \Omega} + \frac{P_a V_a^2}{2} \quad (1)$$

Оскільки високі швидкості руху відповідають малим числам кавітації [5], то приблизно можна записати, що $\sqrt{1 + \Omega} \approx 1 + \frac{\Omega}{2}$. У цьому випадку останній вираз можна спростити до наближеної формули виду

$$V_c \approx V_{bsw} \left(1 + \frac{\Omega}{2} \right) + \frac{P_a V_a^2}{2} \quad (2)$$

Аналіз (2) дозволяє зробити висновок, що швидкість яка викликається гідродинамічними особливостями всередині кавітаційного каналу, на межі каверни в основному визначатиметься горизонтальними складовими швидкостей повітря і потоку СЛВ, що подається на обробку. При цьому превалюючий внесок у величину V_c у формулі (1) дає доданок $V_{bsw} \frac{\Omega}{2}$.

Важливе значення під час штучної кавітаційної сепарації СЛВ також відіграє температурний фактор. Зі зростанням температури через зменшення розчинності газів їх процес виділення і перенесення в середину каверни відбуватиметься набагато інтенсивніше. Другим фактором, який впливатиме на збільшення розмірів кавітаційної суперкаверни при збільшенні температури потоку, є падіння величини коефіцієнта поверхневого натягу. При незмінній величині статичного тиску збільшення температури незмінно проявляється у збільшенні кавітаційної каверни.

При розгляді суперкавітації у звичайному однорідному потоці зростання температурного фактора призведе до негативних наслідків – руйнування кавітаційної порожнини внаслідок різкого збільшення маси водяної пари та падіння тиску в ній. Цей недолік з точки зору процесу сепарації СЛВ є перевагою, оскільки рівномірний відбір водяної пари призводитиме лише до стабілізації просторово-часових розмірів каверни і зростання продуктивності процесу сепарації за кількістю води, що відокремлюється.

При моделюванні процесу сепарації СЛВ була визначена залежність подовження каверни L по відношенню до ширини робочого каналу кавітаційного сепаратора СЛВ. Результати розрахунків показані на рисунку 1, де видно, що зниження швидкості потоку, яке відповідає зростанню числа кавітації, призводить до істотного скорочення розмірів каверни. Робочі розміри кавітаційної каверни лежать в діапазоні чисел кавітації від 0,1 до 0,15. В цьому випадку довжина каверни становила від 5 до 4 калібрів ширини робочої камери кавітатора.

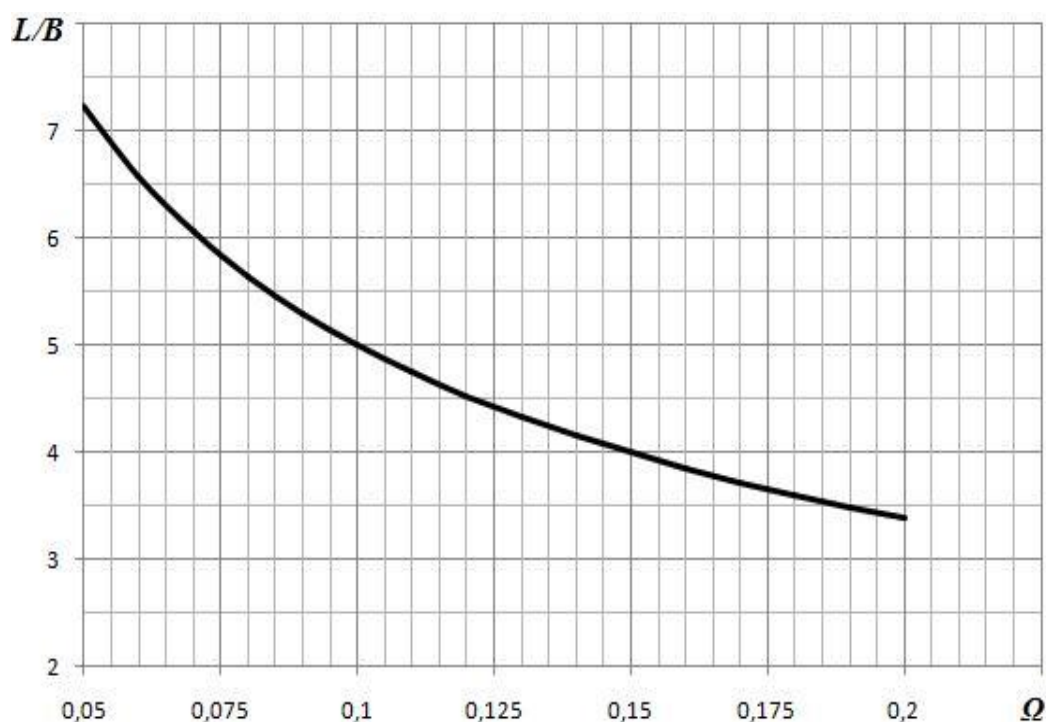


Рис. 1 Залежність довжини каверни від числа кавітації

При проведенні розрахунків було виконано оцінку ступеня впливу жорсткої горизонтальної межі робочої камери кавітаційного каналу на деформацію нижнього контуру кавітаційної каверни. Розрахунок ординат профілю каверни провадився для трьох значень відносної висоти входу потоку до робочої камери кавітатора. Ця величина розраховувалася як відношення висоти вхідної стінки h до висоти кавітаційного каналу H . Результати розрахунків показані на рисунку 2, де видно, що падіння величини $\bar{h}$ призводить до вирівнювання межі каверни до плескатої форми.

Горизонтальна вісь на рисунку 2 відповідає відносному подовженню каверни $\bar{x} = \frac{x}{L}$ а вертикальна вісь – зміні її відносної ординати $\bar{y} = \frac{y}{H}$.

Оскільки при створенні кавітації в потоці СЛВ каверна, що виникає, при гідромеханічному підході може розглядатися, як місцевий опір, то має певне значення оцінка величини коефіцієнта її опору. Цей параметр може розглядатися як сума індуктивного та двох профільних опорів

$$C_x = C_{xind} + C_{xt.w.} + C_{xb.l.} \quad (3)$$

де C_{xind} – індуктивний опір, що залежить від подовження каверни і кута атаки потоку, що набігає на каверну; $C_{xt.w.}$ – профільний кавітаційний опір, що викликається турбулентним слідом за каверною та нестационарним режимом

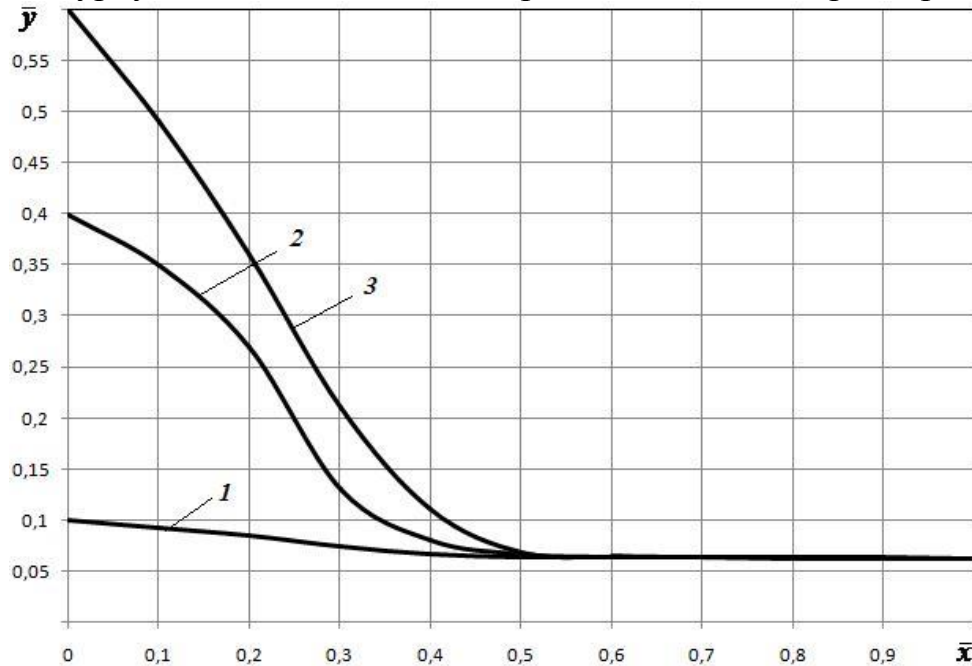


Рис. 2 Вплив геометрії течії на контур каверни

1 – $\bar{h}=0.1$; 2 – $\bar{h}=0.4$; 3 – $\bar{h}=0.6$

замикання її меж; $C_{xb.l.}$ – профільний грузькісний опір, який за наявності твердих перешкод, викликається прикордонним шаром, що на них виникає.

Усі складові виразу (3) безпосередньо визначаються процесами утворення вихорів на межі розділу кавітаційної каверни із загальним потоком. Індуктивний опір викликається переважно подовжніми вихорами на межах кавітаційної каверни, а профільний опір – поперечними вихорами на її межах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. MARPOL 73/78 - International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973.
2. Bashan, V., Demirel, H., Celik, E. 2022. Evaluation of critical problems of heavy fuel oil separators on ships by best-worst method, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part M Journal of Engineering for the Maritime Environment 236(3).
3. Nesteruk, I., 2012. Supercavitation: Advances and Perspectives A collection dedicated to the 70th jubilee of Yu.N. Savchenko, Springer.
4. Mutch, G. A., 2022. Electrochemical separation processes for future societal challenges. Cell Reports Physical Science. Volume 3, Issue 4.
5. Pellone, C. 1988. Effect of Separation on Partial Cavitation 1988, Journal of Fluid Eng. No 2. – P. 182.

Самонов С.Ф., Глазева О.В., Дубовик В.О., Тимошенко О.І.
Національний університет "Одеська морська академія"

Система управління рекуперацією відпрацьованого тепла контейнеровозу місткістю 8800 контейнерів

Суттєвим фактором в підвищенні екологічності та енергоефективності морських суден є вдосконалення систем рекуперації відпрацьованого тепла (WHRS). Технічні рішення в цьому напрямку забезпечують підвищення ККД суднової енергетичної системи та, як наслідок, зниження витрати палива і впливу на навколишнє середовище забруднюючими викидами [1]. Одним з таких рішень є використання тепла відпрацьованих вихлопних газів головного двигуна (ГД) для генерації електричної енергії живлення суднових споживачів. Серед декількох існуючих варіантів технічної реалізації процесу рекуперації найбільш прийнятним і ефективним є спрямування необхідного об'єму вихлопних газів ГД в силову турбіну, яка обертає окремий електричний генератор. Слід зазначити, що такий технічний об'єкт має бути повністю автоматизованим і нормально функціонувати без втручання оператора, тобто оснащеним відповідною системою управління з датчиками та регулюючими елементами.

Розглянемо варіант WHRS, впроваджені фірмою ABB, на прикладі електроенергетичної установки контейнеровозу Post-Panamax 8800 TEU.

Судно оснащено сучасними системами автоматизації та відповідає знаку А1. Головний двигун MAN B&W 9S90ME-C10.2 потужністю 47430 кВт при 78 об/хв. До складу електроенергетичної установки входять: чотири дизель-генератора (ДГ), один WHRS турбогенератор (ТГ) потужністю 3500 кВА, розподільчий щит напругою 450 В з системою управління електроенергією (PMS). ТГ може працювати як паралельно з дизель-генераторами, так і в ізолюваному режимі, коли решта джерел енергії на судні відключені [2]. Силова турбіна та генератор механічно з'єднані між собою через двоступінчастий редуктор та встановлені на загальній станині. Допоміжне обладнання агрегату складається з вбудованої системи змащування з насосом та охолоджувачем, регулятором подачі газу на силову турбіну, швидкодіючої запірної та перепускної арматури. Функціональна схема системи наведена на рис. 1.

Основними компонентами системи WHRS є: силова турбіна та генератор, які виробляють електроенергію для електромережі судна; панель керування системою; клапани керування, швидкого відключення та перепускні клапани для вихлопних газів; динамічний компенсатор (ДК) з гальмівним резистором. Призначенням ДК є обмеження підвищення частоти обертання ТГ в разі раптового падіння навантаження генератора. До складу ДК входять: діодний випрямляч, гальмівний переривач та гальмівний резистор. Регулювання частоти обертання силової турбіни здійснюється локальним регу-

лятором, який встановлений на агрегаті та забезпечує керування приводами регулюючих клапанів.

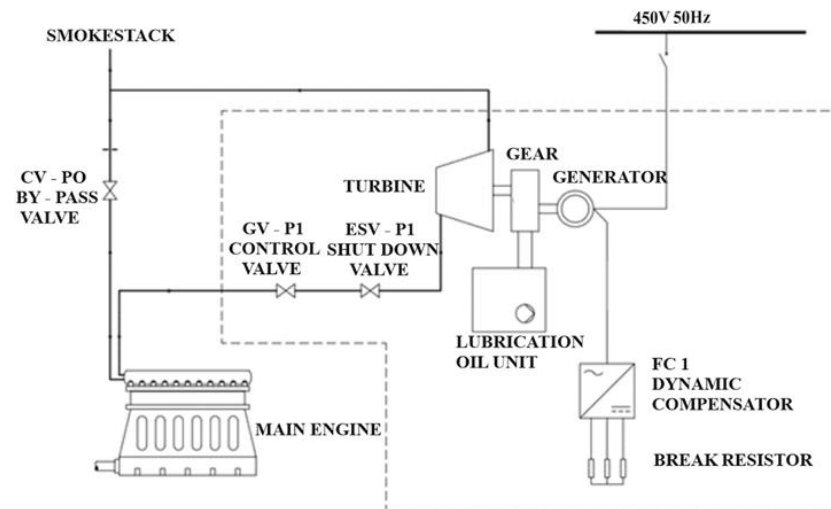


Рисунок 1 – Схема системи рекуперації відпрацьованого тепла вихлопних газів ГД

Система управління ТГ (рис. 2) побудована на базі програмованого логічного контролера ABB AC500M, встановленого в блок управління (WHRSLCU). До складу блоку входять: модуль центрального процесора (CPU) AC500 PM590-ETH, комунікаційний модуль Profibus CM572-DP, адаптери ABB ACS880, модулі цифрового та аналогового вводу-виводу, модуль живлення. Інтерфейс з оператором здійснюється через графічні дисплеї TFT з сенсорним екраном[3,4].

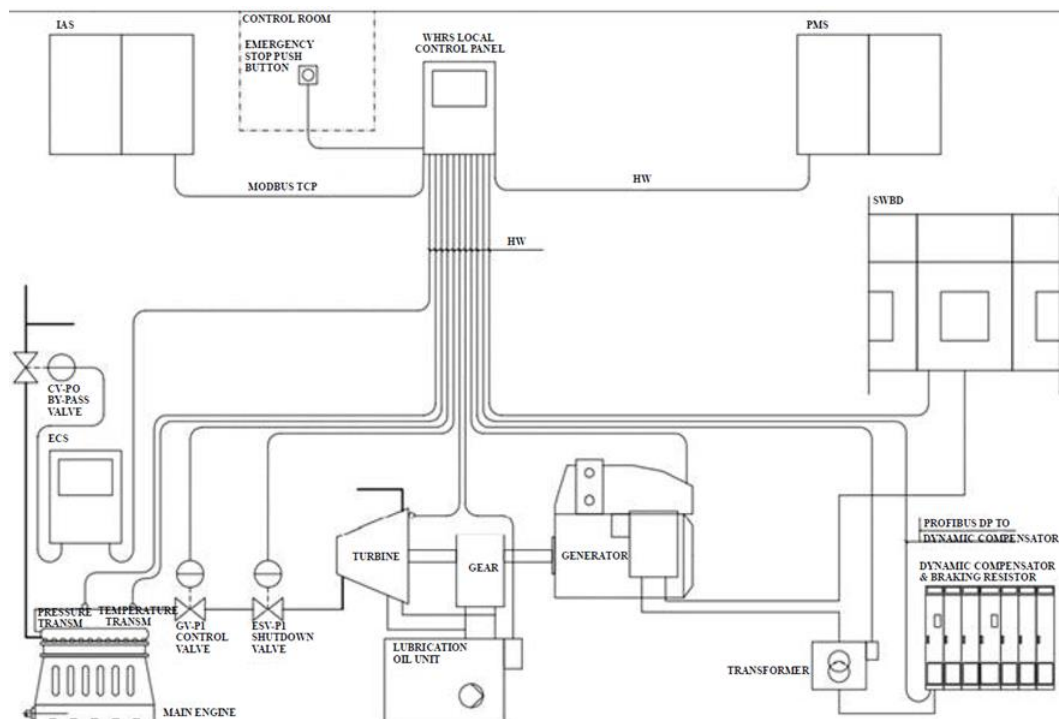


Рисунок 2 - Архітектура системи управління WHRS

Для здійснення управління WHRS LSU приєднана як до датчиків параметрів агрегату, так і до інших систем: головного розподільчого щита ГРЩ (SWBD), PMS, системи управління ГД (ECS) та інтегрованої системи моніторингу (IAS). Обмін даними з IAS (інформація про стан обладнання, аварійні сигнали тощо) здійснений за протоколом Modbus TCP; зв'язок з LCP -через канал Ethernet. Для зв'язку між системою управління WHRS та перетворювачем частоти, якщо він встановлений, існує шина Profibus DP. Робота контролера WHRS відбувається за наступним алгоритмом (рис. 3).

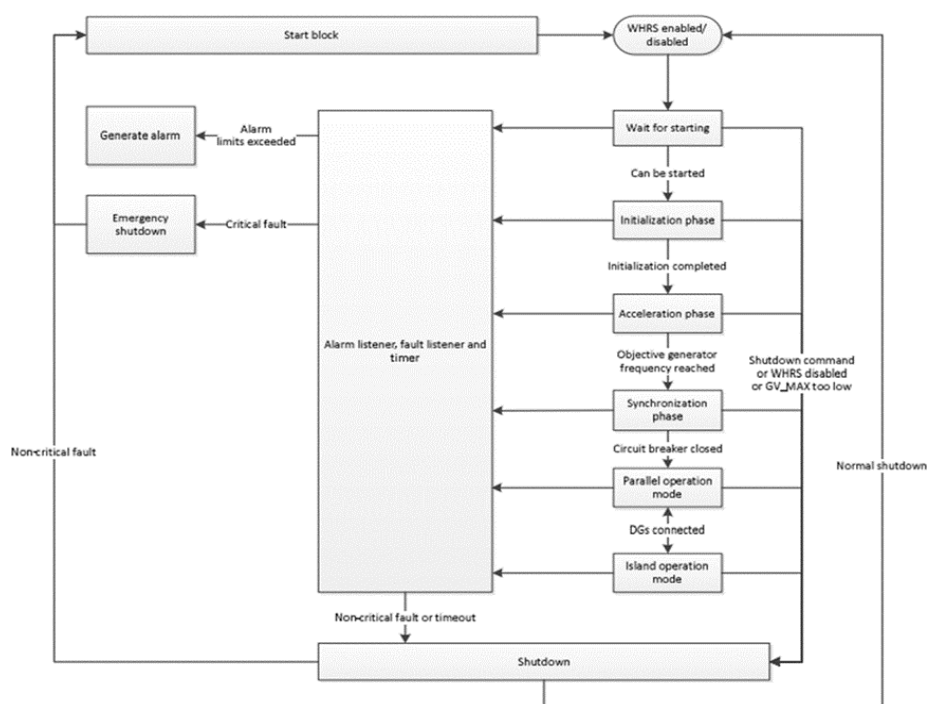


Рисунок 3 –Алгоритм функціонування контролера WHRS

Запуск WHRS не можливий при наявності сигналу блокування запуску. Якщо система знаходиться або переходить в стан блокування запуску, активується локальний сервісний режим. При цьому причина блокування запуску відображаються в LCP. Для зняття сигналу блокування запуску потрібно вручну з LCP перевірити працездатність системи, видалити причини несправностей і квітувати всі активні сигнали тривоги.

Після натискання кнопки автоматичного режиму система почне працювати відповідно до нормального циклу керування. При наявності сигналу від PMS "WHRs включений" в автоматичному режимі та якщо розрахункова доступна механічна потужність ГД перевищує завдану для запуску межу, система здійснює запуск WHRS, або зупинку, якщо відповідний сигнал відсутній. В ручному режимі система може бути запущена натисканням кнопки ручного режиму на LCP або на SWBD при відсутності стану блокування.

На етапі ініціалізації запускаються допоміжні пристрої WHRS та активується клапан аварійного відключення ESV-P1. Якщо процедури ініціалізації виконані, система WHRS переходить у фазу прискорення до початкової швидкості обертання генератора для подальшої синхронізації. При досяг-

ненні завданої початкової швидкості система WHRS переходить у режим синхронізації. Синхронізація генератора впливом на регулятор турбіни виконується за командами синхронізатора від SWBD, який наближує та зрівнює частоту і фазу напруги генератора з частотою і фазою напруги на шинах SWBD, після чого видає команду на включення автоматичного вимикача генератора. Тим WHRS електрично з'єднується з мережею, а система переходить в режим керування статизмом, при якому здійснюється розподіл активних навантажень поміж генераторами та підтримання частоти напруги на шинах SWBD. Система WHRS працює в режимі паралельної роботи доки якийсь із дизель-генераторів підключений до мережі. Якщо всі ДГ відключені від шин, WHRS переходить у режим ізольованої роботи як єдиний виробник електроенергії у мережі. В автоматичному режимі управління навантаженням здійснюється за командами від PMS на збільшення/зменшення швидкості обертання. Натискання кнопки зупинки у звичайному режимі керування статизмом активує звичайну послідовність автоматичного вимкнення.

При появі в системі будь якого аварійного сигналу відповідна інформація надходить в LCP та IAS. У випадку виявлення не критичних несправностей в будь-якому режимі або коли навантаження на ГД за сигналом від ECS стає нижчим встановленої мінімальної межі, система виконує звичайну послідовність відключення WHRS. Якщо несправність є критичною, система здійснює аварійне вимкнення. При запиті від PMS на підключення потужного споживача система під'єднує до WHRS через ДК гальмівний резистор в якості навантаження, що відповідає потужності такого споживача, і підтверджує зворотним сигналом до PMS готовність до підключення. Споживач вмикається до мережі одночасно з відключенням гальмівного резистора. Фази ініціалізації, прискорення та синхронізації, а також робота ДК мають обмеження часу очікування на випадок переривання запланованої операції при виникненні якоїсь з причин. Якщо час очікування завершення будь-якої із фаз вичерпано, а сигналу підтвердження виконання не надійшло, запускається звичайна процедура відключення. В разі зупинки WHRS через будь-яку несправність або аварійну ситуацію, система завжди переходить у режим блокування пуску.

Для керування WHRS в локальному режимі від SWBD він оснащений органами управління пуском та зупинкою, запитом на синхронізацію з включенням динамічного компенсатора та розмиканням/вмиканням вимикача генератора з відповідною індикацією. Коли автоматичний вимикач замкнено, WHRS перебуває у нормальному режимі керування статизмом, але завдання швидкості має здійснюватися оператором вручну з SWBD командами збільшення/зменшення. Оператор має можливість вручну зупинити WHRS після перерозподілу навантаження з ТГ на DG, маніпулюючи завданням швидкості, та відключення вимикача генератора. Розмикання автоматичного вимикача вище за певну межу навантаження завжди активує послідовність м'якого аварійного відключення. В екстреному випадку при роботі в ізольованому режимі оператор може примусово відімкнути вимикач генера-

тора та зупинити WRHS. У ручному режимі оператор повністю контролює систему, але несе повну відповідальність за безпечну роботу обладнання.

Локальний сервісний режим, який активується оператором або автоматично системою, є аналогічним режиму локального керування з SWBD. При цьому необхідні операції здійснюються з LCP за допомогою кнопок та індикаторів відносно всіх основних вище вказаних функцій WHRS.

Таким чином, рекуперація відпрацьованого тепла ГД дозволяє заощадити енергоресурси та забезпечити суднові споживачі електроенергією.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. С.Ф. Самонов, О.В. Глазева, В.О. Дубовик, В.Б. Власов Підвищення ефективності електрогенеруючих систем транспортних суден / Матеріали науково-методичної конференції «Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки» 12.12. 2012 – 13.12. 2012 – Одеса: НУ «ОМА». – 2012. – С. 34 - 37.
2. В.О. Дубовик, Є.Є. Борисенков Забезпечення надійності постачання споживачів електроенергією на судах. / Матеріали науково-методичної конференції «Актуальні питання суднової електротехніки і радіотехніки» 29.11. 2016 – 30.11. 2016 – Одеса: НУ «ОМА». – 2016. – С. 44 - 45.
3. <https://mandieselturbo.com/docs/librariesprovider6/technical-papers/waste-heat-recovery-system.pdf>.
4. https://library.e.abb.com/public/5f7cac28e876a9cbc1257a8a003cc6dc/ABB%20Generations_28%20Achieving%20improved%20fuel%20efficiency%20with%20waste%20heat%20recovery.pdf.

Пирисунько М.А., Свиридов В.І., Шалапко Д.О.

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Аналіз методів діагностування суднового двигуна

Постановка проблеми. Одним із основних обов'язків екіпажу є спостереження за технічним станом всіх елементів судна, в тому числі і суднового енергетичного устаткування (СЕУ). Згідно з практикою, до 50-% всіх відмов дизельних двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) пов'язане з втраченою працездатності паливної апаратури, насамперед більше половини відмов ДВЗ припадають на відмови форсунок. Причому, на економічні та екологічні показники роботи ДВЗ істотно впливає саме технічний стан форсунок.

Безпеку плавання судна та його економічну ефективність визначає своєчасне виявлення передумов до виникнення тих чи інших порушень в роботі СЕУ. Створення простих у застосуванні, ефективних і оперативних в отриманні достовірної інформації методів діагностування стану енергетичного обладнання при експлуатації судна є актуальним і важливим завданням [1].

Основна частина. Розвиток методів і засобів діагностування ДВЗ є одним з головних напрямків в забезпеченні надійності суднової техніки. Вибір ефективних засобів та розвиток методів теплового діагностування судових ДВЗ і їх систем газовідводу є актуальним завданням для водного транспорту, що відповідає вимогам ІМО (Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі, Міжнародний кодекс з управління безпечною експлуатацією суден і запобіганням забрудненню) [2].

Обов'язковою умовою для створюваних ДВЗ стало відповідність їх екологічним нормам. Вони повинні відповідати додатку VI Міжнародної конвенції MARPOL 73/78, яка спрямована на радикальне зниження SO_x та NO_x в відпрацьованих газах судових ДВЗ.

У даний час теплонапружений та теплової стан є одним з головних обмежень в забезпеченні надійності теплових двигунів і установок. Це пов'язано з тим, що він справляє визначальний вплив на утворення тріщини кришках і втулках циліндрів, деннях поршнів, руйнування прокладок між кришками і блоком циліндрів, швидкість газової корозії і довговічність клапанів, інтенсивність зношування в поєднанні «втулка циліндра - поршневий комплект», режим мастила і угар масла, та, в результаті - на економічність і ресурс судових ДВЗ.

Методи контролю за роботою ДВЗ працюють на оцінці теплового напруження по ряду непрямих показників: температури випускних газів, охолоджуючої води і масла, що виходить з головок поршнів, середнього індикаторного тиску, положення покажчика навантаження (паливної рейки) [3].

Індиціювання робочого процесу відноситься до числа найбільш поширених методів оцінки технічного стану ДВЗ. Однак воно дає недиференційо-

вану оцінку стану деталей циліндропоршневої групи (ЦПГ), механізму газорозподілу дизеля та ін., та вимагає подальшого вельми кваліфікованого аналізу результатів діагностування [4].

До найбільш поширеніших методів діагностування технічного стану ДВЗ на практиці стали параметричний метод, по герметичності робочих порожнин, віброакустичний, інструментальний, по тепловому стану, за складом продуктів зносу деталей, стробоскопічний і за складом відпрацьованих газів.

При застосуванні параметричного методу виконують безперервне або періодичне вимірювання одного або декількох діагностичних параметрів дизеля, серед яких: температура відпрацьованих газів по циліндрах; питома витрата палива; коефіцієнт надлишку повітря; температура втулок циліндрів, поршнів та інших деталей; максимальний тиск згоряння або середній індикаторний тиск; тиск стиснення; акустичні та вібраційні характеристики; витрата повітря або перепад тиску повітря на різних ділянках повітряного або впускного тракту.

Для оцінки технічного стану систем, деталей ЦПГ, гідро- і пневмоприводів ДВЗ зазвичай застосовують метод діагностування по герметичності робочих порожнин. При цьому виконується опресовування плунжерних пар паливних насосів контроль робочого тиску в системах і порівняння його з гранично допустимими значеннями; перевірка щільності систем, пристроїв деталей дизеля під час гідравлічних випробувань та ін. Даний метод досить простий, саме тому набув широкого поширення в практиці експлуатації ДВЗ.

Діагностування по тепловому стану, що оцінюється температурою і швидкістю нагріву певних деталей та вузлів, застосовується для виявлення технічного стану тертьових з'єднань, систем охолодження і змащення, редукторів і інших агрегатів і пристроїв ДВЗ.

Мета віброакустичного методу полягає у визначенні енергії акустичного сигналу, який зростає зі збільшенням зазору деталей, що вдаряються. Результуючий акустичний сигнал, що сприймається встановленими в певних місцях датчиками, розкладається на складові гармоніки по частоті. Далі проходить подальша оцінка енергії вібрації в кожній виділеній смузі. Даний метод відрізняється універсальністю і може бути використаний для великого числа сполучених деталей. До недоліків даного методу слід віднести труднощі надійного поділу корисних сигналів-перешкод.

Інструментальний методом діагностування застосовують на непрацюючому ДВЗ або без його розбирання, або з частковим розбиранням деяких його вузлів (наприклад, розкриття фільтрів, люків, для зняття форсунок та ін.). Технічний стан вузлів ДВЗ що перевіряється оцінюється безпосередньо за результатами контролю значень зносів основних деталей, які виміряні за допомогою простих приладів, пристосувань та інструментів. Використовуючи цей метод, можна діагностувати підшипники, приводи, передачі, механізм газорозподілу ДВЗ та ін. Метод інструментальної діагностики є найбільш

обмеженим у можливостях і трудомістким, тому що вироблені вимірювання неможливо автоматизувати.

Для визначення інтенсивності зносу основних деталей ДВЗ використовується метод діагностування по концентрації продуктів зносу деталей, що труться та змащуються маслом. Даний метод дозволяє також отримувати інформацію про необхідність зміни масла, справність дії засобів очищення масла тощо.

Для оцінки якості роботи і справності паливної апаратури, якості регулювання фаз газорозподілу, зносів в деталях механізму газорозподілу і деталях ЦПП застосовують діагностування по аналізах відпрацьованих газів ДВЗ.

Висновки. Сучасні системи діагностики технічного стану СЕУ енергетичного до яких, зокрема, відносяться суднові ДВЗ, служать для досягнення високих техніко-економічних показників експлуатації цих установок. У зв'язку з цим, удосконалення систем діагностики технічного стану судових ДВЗ є дуже актуальним завданням. Було проаналізовано різні методи діагностування судового теплоенергетичного обладнання, що визначає безпеку плавання судна і його економічну ефективність.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. *Наливайко, В.С.* Суднові двигуни внутрішнього згоряння [Текст] : підруч. / *В.С. Наливайко, Б.Г. Тимошевський, С.Г. Ткаченко.* – Миколаїв : Видавець Торубара В.В., 2015. – 332 с.
2. *Дяченко, В.Г.* Теорія двигунів внутрішнього згоряння [Текст]: навч. / *В.Г. Дяченко:* [пров. з укр.]. – Харків: ХНАДУ, 2009. – 500 с.
3. *Fisher, R.W., Brown, N.A.* (2005), Factors affecting the underwater noise of commercial vessels operating in environmentally sensitive areas. OCEANS.
4. *Попов, Г.С.* Регулювання та випробування паливної апаратури дизелів. Методичні посібники та вказівки до лабораторних робіт [Текст] / *Г.С. Попов.* – Миколаїв, 1973. – 36 с.

Пирисунько М.А., Андреев А.А., Андреева Н.Б.

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Ефективність використання теплоти рециркуляційних газів суднового двигуна тепловикористовуючими машинами

Постановка проблеми. Забруднення навколишнього середовища шкідливими викидами з двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) з водного транспорту в даний час є гострою проблемою у всьому світі, яка визнана багатьма експертами з різних галузей: екології, енергетики, економіки, медицина тощо. Незважаючи на різні заходи по всьому світі екологічна ситуація продовжує погіршуватися. [1, 2]. Це негативно впливає на екологічну ситуацію в районах водних районів, портів, ремонтних баз, на флорі та фауні водних басейнів та на здоров'я людини. На даний час були розроблені методи для зменшення вмісту NO_x у відпрацьованих газах до стандартів, встановлених у ІМО Tier III. [3].

Міжнародні конвенції встановлюють суворі вимоги щодо технічного стану суден та процесу їх експлуатації. Недотримання цих стандартів під час роботи судна може привести до його обмеження або заборони адміністративною процедурою [4, 5]. З 2016 року були введені нові стандарти ІМО Tier III. Відповідно до них, у регульованих районах (ЕСА) кількість шкідливих викидів повинна зменшуватися більш ніж на 3 рази.

Окрім оксидів азоту, правила ІМО також обмежують викиди оксидів сірки SO_x . Вся сірка потрапляє в камеру згоряння разом із паливом, тому викиди SO_x можна зменшити лише за допомогою використання палива з низьким рівнем сірки.

Основна частина. У технічній літературі розглядаються наступні методи зменшення шкідливих викидів: використання традиційного важкого палива та використання додаткового обладнання (скрубера) для нейтралізації та очищення відпрацьованих газів (серед цих методів відзначена рециркуляція відпрацьованих газів); використання альтернативних видів палива, що відповідають стандарту ІМО; використання двоступеневих котлів, що дозволяє зменшити споживання палива у випадку використання мазуту. Менше палива спалюється - менше відпрацьованих газів і відповідно менше шкідливих викидів потрапляють у навколишнє середовище.

Одним із перспективних напрямків у екологічності суднових двигунів є нейтралізація шкідливих речовин у відпрацьованих газах за допомогою їх рециркуляції. У цьому випадку відпрацьовані гази очищаються в скруберах, а їх тепло видаляється морською водою. Після цього очищені відпрацьовані гази подаються разом із надувним повітрям після турбокомпресора назад у циліндри двигуна (технологія EGR).

Однак використання таких технологій пов'язане з додатковими витратами на енергію для рециркуляції газів та втрат тепла з морською водою, що

призводить до збільшення споживання палива та зменшення потужності двигуна. У той же час, охолодження впускного повітря двигунів забезпечить зменшення споживання палива [6, 7].

У зв'язку з цим виправданим є використання технологій утилізації тепла відпрацьованих газів рециркуляції для охолодження повітря на вході в двигун для підвищення екологічності та паливної ефективності суднового дизеля з використанням систем EGR. Ці технології дозволяють підвищити економію дизельного палива за рахунок охолодження повітря для згорання відпрацьованим теплом за допомогою холодильних машин.

Ефективність застосування запропонованого технічного рішення проаналізовано на основі системи EGR, типової для малообертових двотактних дизельних двигунів MAN відповідно до норм Tier III. Рециркуляція забезпечується байпасом частини очищених від шкідливих газів відпрацьованих газів у скрубери після охолодження в теплообміннику-газоохолоджувачі.

Розглянуто рішення з використанням тепловикористовувального контуру абсорбційної холодильної машини (АБХМ) для двотактного двигуна 6G50ME-C9.6. Для аналізу системних параметрів і характеристик дизеля використовувався пакет програм CEAS [8]. Для розрахунку використано наступні вихідні дані: потужність – $N_e = 9288$ кВт; навантаження двигуна – $NMCR = 90\%$; питома витрата палива (SFC) – $g_e = 166,0$ г/(кВт·год); частота обертання – $n_e = 96,5$ об/хв; система EGR.

Розрахунок характеристик двигуна проводився на робочому режимі під час рейсу судна Одеса – Шанхай. На рис. 1 показано зміни кліматичних умов під час плавання (температура морської води t_w , температура навколишнього повітря t_a , відносна вологість φ_a та абсолютна вологість d_a).

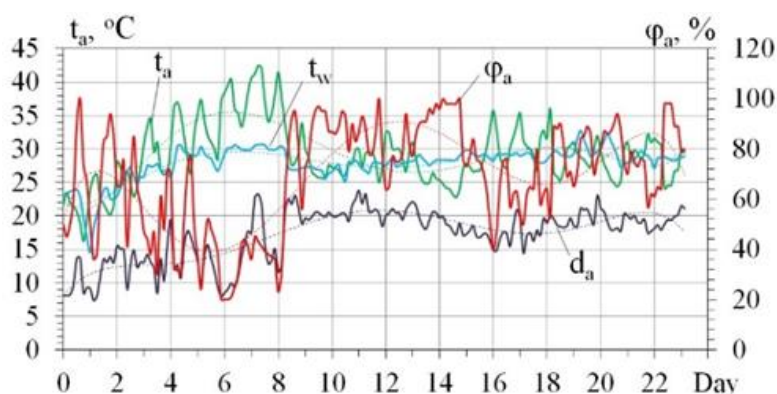


Рисунок 1. Зміна кліматичних умов (температура морської води t_w , температура навколишнього повітря t_a , відносна вологість φ_a та абсолютна вологість d_a) під час рейсу судна Одеса-Шанхай

Під час використання системи рециркуляції відпрацьованих газів частина відпрацьованих газів (10-40%) надходить у скрубер системи рециркуляції (SRS). У ньому вони очищаються шляхом розпилення води через форсунки. Потім відпрацьовані гази охолоджуються в теплообміннику - газоохолоджувачі (нагрівачі води для генератора холодоагенту АБХМ), конденсована пара з відпрацьованих газів відводиться через конденсатоуловлювач і

охолоджені гази подаються вентилятором в ресивер продувного повітря, де гази змішуються з продувним повітрям, що надходить з турбокомпресора [4].

SFC з системою EGR на рейсі становить 168-170 г/(кВт·год). В цьому випадку коефіцієнт рециркуляції становить $K_r = 13-15\%$. Загальна масова витрата відпрацьованих газів $G_g = 18-20$ кг/с, а витрата рециркуляційних газів $G_{g,r} = 2,8-2,9$ кг/с. Масова витрата «свіжого» повітря до турбокомпресора двигуна становить $G_a = 16-17$ кг/с без системи EGR, а із системою EGR $G_{a,egr} = 13-14$ кг/с. Для двигуна 6G50ME-C9.6 за розрахунками з використанням програмного комплексу CEAS при охолодженні всмоктуваного повітря на кожні 10 °С зниження питомої витрати палива становить 0,109 г/(кВт·год·К) на кожні 1 °С зниження температури повітря.

Результати аналізу ефективності роботи рециркуляційних газових теплоутилізаторів АБХМ з ККД $\zeta = 0,7$ свідчать про отриману холодопродуктивність: $Q_{0,rg(0,7)} = 690-750$ кВт ($\zeta = 0,7$). Цей спосіб дозволяє знизити температуру повітря, що надходить у турбокомпресор двигуна: $\Delta t_{a(0,7)} = 9,3-21,5$ °С ($\zeta = 0,7$). У свою чергу, це призводить до зниження питомої витрати палива. Питомавитратапалива становить (рис. 2): $\Delta g_{e,pr(0,7)} = 163,0-167,3$ г/(кВт·год) ($\zeta = 0,7$).

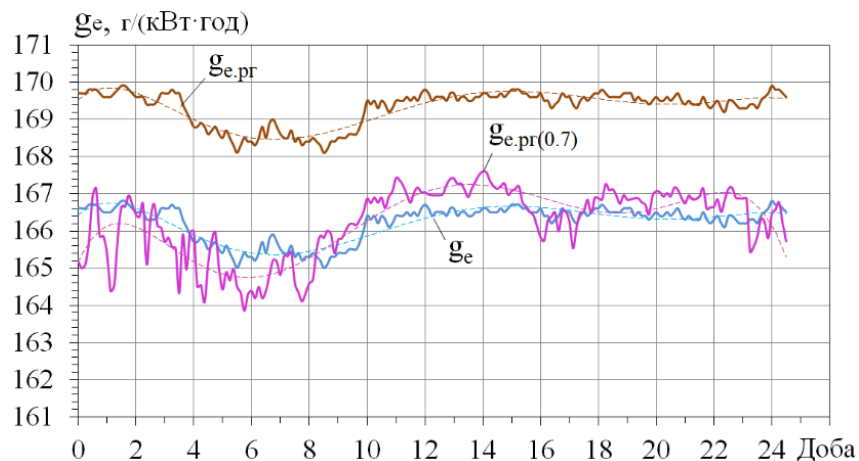


Рисунок 2. Поточні значення питомої витрати палива базового двигуна з рециркуляцією газів $g_{e,pr}$ та без неї g_e , питомої витрати палива двигуна $g_{e,rg(0,7)}$ з охолодженням повітря на вході в АБХМ ($\zeta = 0,7$) протягом рейсу судна

Зниження викидів за рахунок зниження температури повітря на вході при використанні теплоти рециркуляційних (екологічних) газів складає: $\Delta g_{SOx} = 2,2-2,4$ г/(кВт год) і $\Delta g_{NOx} = 10,2-10,6$ г/(кВт год). Коефіцієнт рециркуляції відпрацьованих газів при цьому становить $K_r = 30\%$.

Висновки. Був виконаний аналіз підвищення екологічної безпеки СЕУ за рахунок охолодження повітря на вході у двигун шляхом утилізації скидної теплоти випускних і рециркуляційних (екологічних) газів. Це забезпечує компенсацію тих витрат палива, що зумовлені як очищенням відхідних газів зі скиданням їх теплоти забортною водою, так і рециркуляцією. Також має мі-

ще додаткове скорочення витрати палива на 2-3 % та викидів шкідливих NO_x і SO_x .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Kumar J.Thirumala Sai, et al.: Effect of reformed EGR on the performance and emissions of a diesel engine: A numerical study. Alexandria Engineering Journal 57, 517-525 (2018)<https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.01.008>
2. Roh H. G., Park S., Lee C. S.: Effect of exhaust gas recirculation on the combustion and emissions of dimethyl ether in a passenger vehicle diesel engine. Journal of Energy Engineering 144(5) (2018)
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EY.1943-7897.0000575](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EY.1943-7897.0000575)
3. Azzara A., Rutherford D., Wang H.: Feasibility of IMO annex VI Tier III implementation using selective catalytic reduction. Int. Counc. Clean Transp. T. 4. pp. 1-9. (2014), available at:
https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_MarineSCR_Mar2014.pdf
4. MAN Energy Solutions (December 2022), MAN B&W Two-stroke Marine Engines. Emission Project Guide for MARPOL Annex VI Regulations[Online], available at:
https://man-es.com/applications/projectguides/2stroke/content/special_pg/PG_7020-0145.pdf
5. Influence of Ambient Temperature Conditions. Main engine operation of MAN B&W two-stroke engines. MAN Diesel & Turbo. Copenhagen, Denmark: MAN Diesel. 17 p. (2010). available at:
<http://www.mandieselturbo.com>. Solstice® ze Refrigerant (HFO-1234ze). The Environmental Alternative to Traditional Refrigerants / Solstice. 8 p. (2015).
6. Kornienko V., Radchenko M., Radchenko R., Konovalov D., Andreev A., Pyrysunko M.: Improving the efficiency of heat recovery circuits of cogeneration plants with combustion of water-fuel emulsions. Thermal Science 25(1, Part B), 791-800 (2021), doi: 10.2298/TSCI200116154K.
7. Radchenko R., Pyrysunko M., Radchenko A., Andreev A., Kornienko V.: Ship engine intake air cooling by ejector chiller using recirculation gas. In: Tonkonogyi V. et al. (eds.) Advanced Manufacturing Processes II. InterPartner-2020. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp. 734-743. Springer, Cham (2021)https://doi.org/10.1007/978-3-030-68014-5_71
8. MAN Diesel Turbo.: CEAS Engine Calculations,
<https://marine.man-es.com/two-stroke/ceas>, last accessed 2019/06/22

Швидкісна характеристика системи паливоподачі common rail двигунів rt-flex

Загальноприйнятими для галузі паливної апаратури суднових дизелів є представлення робочих процесів у формі навантажувальної та швидкісної характеристик.

У цій роботі представлені результати дослідження параметрів паливоподачі акумуляторної системи Common Rail при зміні частоти обертання та незмінним керуванням тривалості впорскування по куту повороту колінчастого валу, що відповідає швидкісній характеристиці.

Особливе значення при дослідженні процесів паливоподачі має властивість системи - акумуляторна технологія Common Rail з використанням додаткового пристрою ICU (Injection Control Unit).

Імітаційне моделювання в середовищі GT-Power забезпечило детальне уявлення про гідродинамічні процеси в пристроях системи та переміщення її механічних елементів.

Функціональна схема системи паливоподачі RT-flex, що отримала в технічній літературі найменування Common Rail, представлена на рис. 1. Досить детально показаний основний функціональний блок управління впорскуванням (БУВ) - Injection Control Unit (ICU). БУВ здійснює подачу палива в циліндр протягом фази впорскування при повідомленні робочої порожнини 2 і форсунок через клапани 6. Останні, своєю чергою, відкриваються сервісним маслом від клапанів 7. Електричний сигнал клапани 7 надходить від загальної комп'ютерної системи управління двигуном WECS-9520.

Буферна порожнина 3 БВВ залишається постійно повідомленою з паливним акумулятором. В результаті переміщення дозуючого поршня 4 визначається співвідношенням зусиль, створюваних тиском палива в робочій та буферній порожнинах. Крім того, має значення ефективна площа ДП. З боку буферної порожнини вона менша за рахунок штока.

Зовнішній вигляд та монтаж БУВ на двигуні RT-flex50 зображено на рис. 2. Як зазначено вище, блок клапанів розміщений на корпусі БУВ. При цьому клапани розташовані 6 горизонтально і мають теплову ізоляцію.

Переходячи до організації дослідження для побудови швидкісної характеристики, зупинимося на розрахунковій схемі. При її розробці ставилося завдання створення моделі, що досить повно описує функції окремих елементів системи з урахуванням їх реальних параметрів.

Імітаційне моделювання процесів паливоподачі проведено при незмін

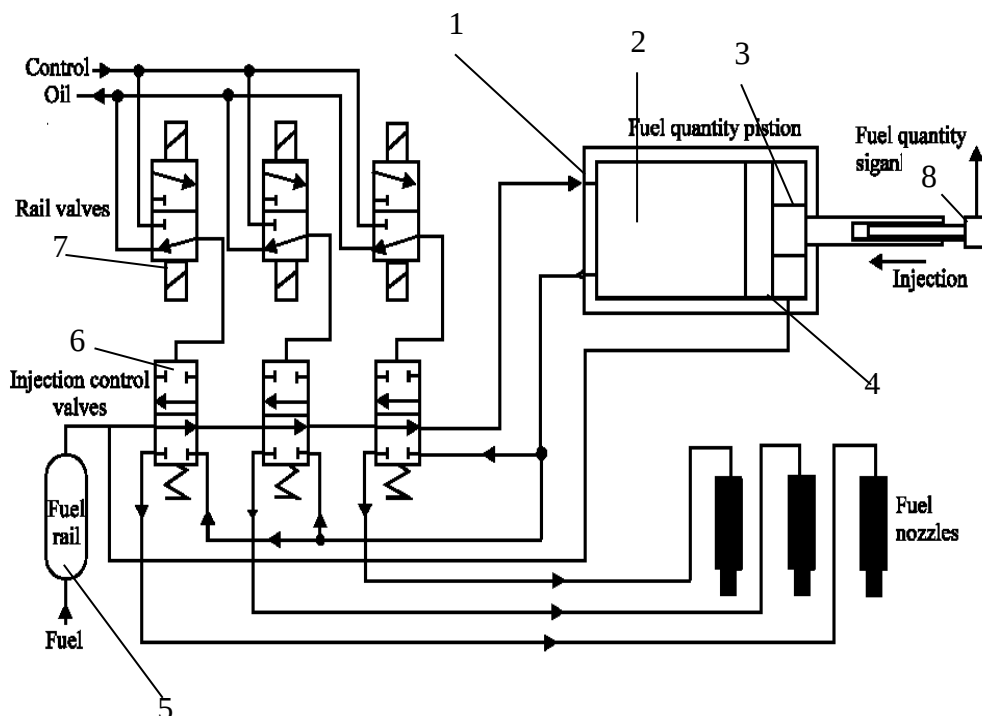


Рис. 1. Акумуляторна система впорскування палива ACBT (CR-Common Rail) двигунів RT-flex:

1 - блок управління впорскуванням (БУВ) - Injection Control Unit - ICU; 2- Робоча порожнина РП БУВ; 3-буферна порожнина БП БУВ; 4- дозуючий поршень ДП БУВ (QP-Quantity Piston); 5 - паливний акумулятор ТАК (Fuel Rail); 6- клапани управління впорскуванням (Injection control valves); 7- клапани акумулятора; 8- датчик циклової подачі (Fuel quantity signal)

ній тривалості відкриття клапана управління в 12 ° ПКВ на шести режимах за частотою обертання двигуна в діапазоні $n=68-149$ об/хв. Результати проведеного дослідження представлені у таблиці. Узагальнене подання табличних даних, що представляє швидкісну характеристику системи подачі, оформлено на рис. 3.

Для аналізу узагальнених залежностей розглянемо розвиток процесів у окремих пристроях системи.

На рис. 4 дано запис гідродинамічних явищ в БУВ, що визначає перебіг впорскування.

Як параметри, що формують функцію блоку – переміщення дозуючого

Швидкісна характеристика акумуляторної системи паливоподачі Common Rail

n , об/мин	$\varphi_{п\ max}$, °ПКВ	$x_{п}$, мм	$h_{п}$, мм	$\varphi_{п}$, °ПКВ	$v_{п\ max}$, м/с	$g_{ф}$, кг/сек	$p_{р.п}$, бар	$p_{б.п}$, бар	$q_{ц}$, Г
68	134.77	287	13.5	30	0.49	0.507	633	763	30.9
87	135.5	289.9	10.6	29.9	0.49	0.507	633	769	23.86
105	135.5	291.7	8.85	29.9	0.49	0.507	633	767	19.54

124	136.2	292.9	7.56	30.6	0.49	0.507	633	767	16.36
136	136.9	293.6	6.92	32.1	0.49	0.507	633	767	14.8
149	136.9	294.2	6.36	33.5	0.49	0.507	633	764	13.39

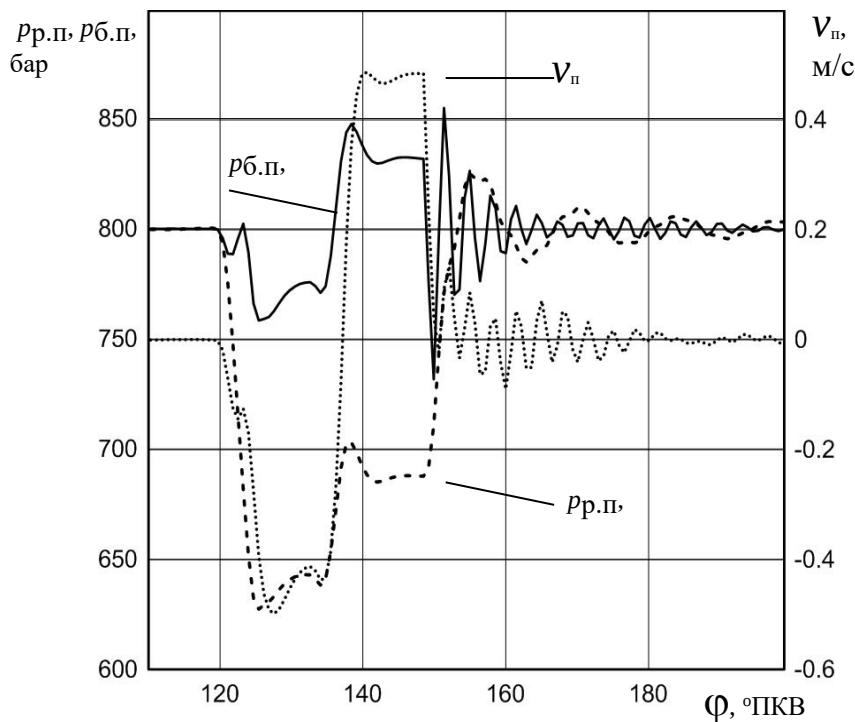


Рис.4. Осцилограми процесів у БУВ при $n=149$ об/хв: $p_{р.п}$ – тиск у робочій порожнині, $p_{б.п}$ – тиск у буферній порожнині, $v_{п}$ – швидкість поршня

поршня - представлені тиску палива в двох порожнинах: робочій та буферній - $p_{р.п}$, $p_{б.п}$.

Стан кінцевої фази заповнення робочої порожнини паливом, що характеризується рівністю тисків у РП та БП, що становить 800 бар. Це відповідає поверненню ДП у вихідний стан при з'єднанні обох порожнин з паливним акумулятором.

Фаза впорскування починається при з'єднанні РП із форсунками через клапани 6 (рис.1). На ділянці $\varphi = 120 - 127^\circ$ ПКВ ДП розганяється до максимальної швидкості $v_{п\max} = 0,49$ м/с. Решта подачі палива здійснюється при незначній зміні швидкості ДП.

Зниження швидкості починається при $\varphi = 136^\circ$ ПКВ, а зворотний рух поршня - з $\varphi = 136,9^\circ$ ПКВ, відразу після зупинки. Кінематика зворотного ходу ДП симетрична робочій фазі з тією же швидкістю.

Наведені характеристики визначаються конструктивними параметрами

системи, що задають зміну тиску в порожнинах БУВ. Тиск у робочій порожнині при підключенні форсунок падає з 800 до 633 бар, зберігаючись у діапазоні 633 - 640 бар протягом основного періоду упорскування палива. Заклучна фаза паливоподачі супроводжується підвищенням $p_{р.п}$ до 700 бар. На ділянці зворотного ходу ДП і заповнення РП $p_{р.п}$ змінюється незначно, залишаючись на рівні 680 бар.

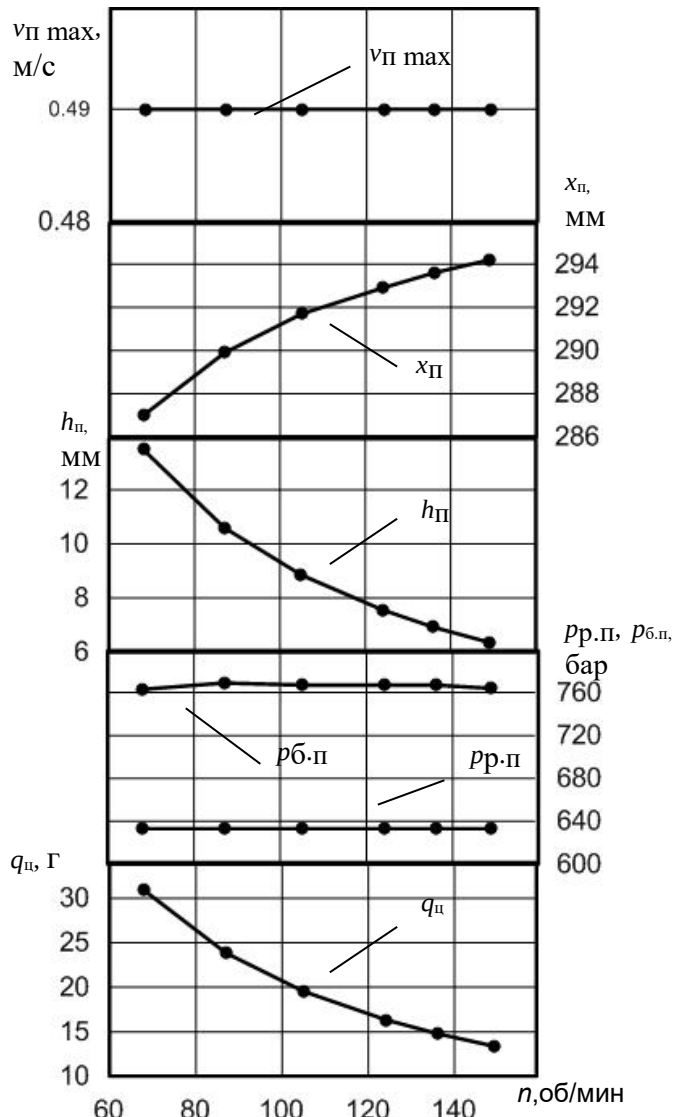


Рис. 3. Швидкісна характеристика акумуляторної системи впорскування палива Common Rail

Іншим істотним параметром для БУВ є тиск у буферній порожнині. Вихідне значення $p_{б.п} = 800$ бар. Подальша зміна $p_{б.п}$ є результатом взаємодії елементів складної гідродинамічної системи: форсунки – РП – ДП – БП – ТА з керуючими пристроями та сполучними ділянками каналів та трубопроводів.

Розгін ДП супроводжується падінням тиску в буферній порожнині БУВ з 800 до 764 бар. Протягом основного упорскування $p_{б.п}$ повторює форму $p_{р.п}$, залишаючись у діапазоні 764- 775 бар. При реверсі ДП спостерігається

підйом $p_{б.п}$ до 848 бар. Зворотний хід ДП іде з $p_{б.п}$ рівному 848-830 бар. При зупинці ДП генеруються загасаючі коливання $p_{б.п}$ з первісним розмахом 735 -855 бар, тривалістю 150-170°ПКВ із сімома коливаннями.

Переміщення ДП визначає формування циклової подачі, процес якого представлений на мал. 5. Графік побудований у вигляді поточної сумарної кількості палива, впорснутого до поточного значення кута повороту. Зі збільшенням частоти обертання циклова подача скорочується відповідно до зменшення часу упорскування й ходи ДП. Горизонтальні ділянки кривих ставляться до проміжку між упорскуванням палива.

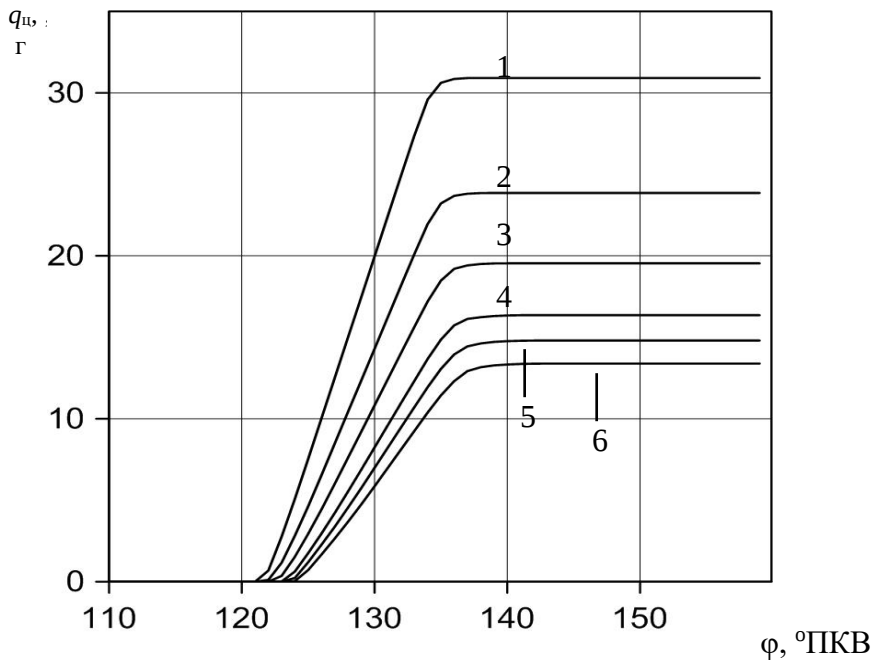


Рис.5. Залежність циклової подачі палива від кута повороту колінчастого валу при різних швидкостях n [об/хв]: 1-68; 2 – 87; 3 -105; 4 – 124; 5 – 136; 6 – 149

Діапазон зміни $q_{ц}$ склав 30,9 - 13,39 г. .

Висновки

Проведено імітаційне моделювання паливоподачі акумуляторною системою Common Rail суднового малооборотного двигуна типу RT-Flex на 6 режимах швидкісної характеристики в діапазоні частоти обертання $n = 68-149$ об/хв, достатніх для побудови відповідних залежностей.

Швидкісна характеристика представлена у формі узагальнених залежностей та детального опису процесів в елементах системи.

Процеси в БУВ, що надає визначальний вплив на характеристики паливоподачі, описані зміною тиску палива в робочій та буферній порожнинах, а також динамікою переміщення поршня, що дозує.

Умовні позначення:

n – частота обертання;	$\varphi_{п}$ - кут подачі ДП;
$\varphi_{п\max}$ - кут максимального переміщення ДП;	$v_{п\max}$ - швидкість ДП максимальна;
$x_{п}$ - координата ДП;	$g_{ф}$ - інтенсивність упорскування;
$h_{п}$ - перебіг ДП;	$p_{р.п}$ - тиск у робочій порожнині БУВ;
	$q_{ц}$ - циклова подача.

Петрожицький Н. М., Половинка Е.М.
Національного Університету «Одеська Морська Академія»

Технология приготовления водотопливных эмульсий и анализ их применения в дизелях

Ідея використання емульсії «вода в дизелі» (W/D) в останніх дослідженнях як паливо для дизельних двигунів полягає в зменшенні викидів. Введення води в дизельний двигун з використанням W/D емульсії має ряд потенційних переваг і може використовуватися як альтернативне паливо. Одним із важливих факторів використання цього палива був розподіл крапель води в емульсії та стабільність емульгатора.

У даній роботі було досліджено вплив дозування емульгатора (співвідношення вода/дизель) і нагрівання емульсії W/D на період стабільності за допомогою оптичного методу. Досліджували 5 зразків В/Д емульсії при різних дозах емульгатора (5%, 10%, 15%, 20% і 25%) вмісту води, при цьому нагрівання емульсій проводили при 40 °С, 60 °С, та 80 °С. Результати, отримані в ході поточної роботи, показали, що збільшення дози води до W/D емульсії мало негативний вплив на період стабільності, також підвищення температури нагрівання W/D емульсії показало негативний вплив на стійкість емульсії.

В останніх дослідженнях ідея використання емульсій: вода в дизелі або дизель у воді як паливо для дизельних двигунів полягає в тому, щоб збільшити вміст кисню в суміші згоряння та зменшити викиди. Декілька дослідників Чен і Тао (2005), Каннан і Удайкумар (2009) дійшли висновку, що емульсії водно-дизельного (W/D) зменшують викиди NO_x, CO₂ і незгорілих вуглеводнів (НС). Крім того, дослідження показали, що він може ефективно знижувати максимальну температуру полум'я та підвищувати ефективність згоряння, таким чином зменшуючи як незгорілі вуглеводні, так і викиди, Park et al. (2000), Андреа та ін. (2003), Таузія та ін. (2010) і Субраманян (2011). Отже, є багато переваг використання W/D емульсії як палива для дизельних двигунів, таких як більш повне згоряння, що призводить до кращої економії палива та чистішого спалювання палива з меншими викидами. До теперішнього часу тривають нові дослідження емульсії W/D, і навіть її порівняльна перевага порівняно з базовим паливом не є загальновідомою. Крім того, незвичайна фізична поведінка емульсії щодо змішування та випаровування в камері згоряння та відсутність розуміння явища горіння та складу сажі всередині камери згоряння були однією з найважливіших причин для вивчення властивостей емульсії.

Кілька дослідницьких методологій було використано для вивчення емульсії W/D як палива для дизельних двигунів як усередині, так і поза камерою згоряння двигуна. Абу Заїд (2004), Аламер та ін. 2010, Селім та ін. 2001, Танака та ін. (2005) і (2007) використовували горизонтальні поверхні з нержавіючої сталі та алюмінію для дослідження випаровування W/D емульсії шляхом зміни температури поверхні від 200 до 550 °С при атмосферному тиску. Тоді як Цуе та ін. (1996) використовували гарячу поверхню, ізольовану від атмосфери циліндричною камерою високого тиску, цю поверхню виготовляли

з дюралюмінію. Таким чином, застосування окремої краплі суспензії та гарячої поверхні як засобу для дослідження обох явищ мікрровибуху для дизельної емульсії є дуже важливим для прогнозування процесу змішування повітря та палива. Результати можуть бути неточними порівняно з основними припущеннями. Проте емпіричне дослідження впливу цих явищ на склад горіння та викидів усередині камери згоряння залишається найскладнішим завданням.

Експерименти з нагрівання W/D емульсії

Відсоток води в емульсії, температура емульгування та робочий тиск є основними параметрами, які впливають на стабільність емульсії. Стабільність емульсії W/D досліджували під впливом нагрівання емульсії для визначення часу розділення компонентів емульсії. Емульсію W/D, підготовлену для поточного дослідження, спостерігали протягом більше 90 днів при нагріванні в діапазоні температур від 28 °C до 80 °C, щоб дізнатися, чи була вона емульгованою (виявлено стабільною протягом цього періоду) чи ні. 500 мл трьох емульсій з дозуванням води 5%, 10% і 15% визначали при температурах в діапазоні від 28 до 80 °C. Для нагрівання зразків до необхідної температури використовували духовку з електричним нагріванням 127°C, чисту кімнату, у стабільний стан ці зразки були перевірені періодично.



Рисунок 1 W/D зразки емульсії з 5%, 10%, 15%,

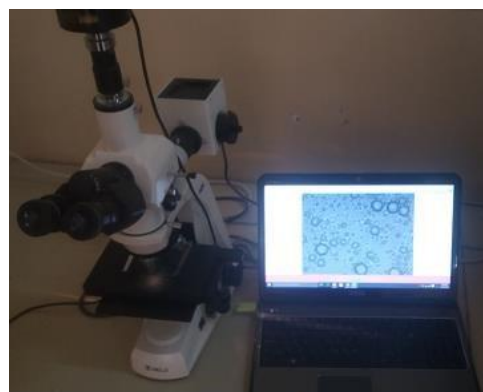
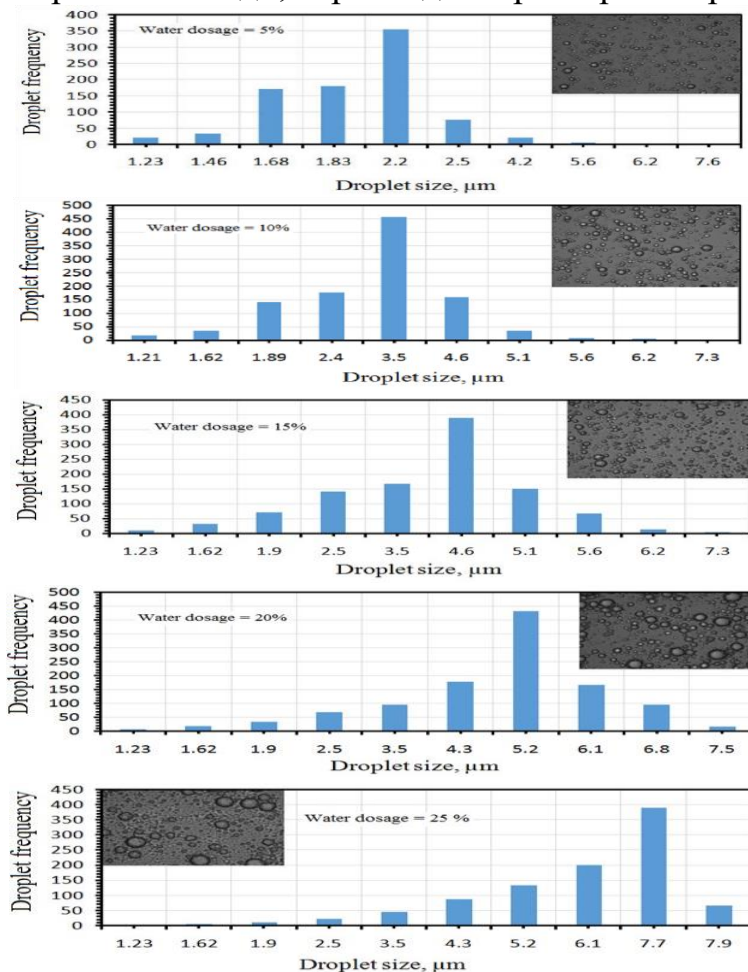


Рисунок2 Фото для оптического микроскопа типа MeijiTechno

Розподіл крапель за розміром

Щоб з'ясувати, чи вплинуло збільшення дози води в емульсії на кількість і розмір крапель води, розподіл розмірів крапель води дисперсної



З'являється гістограма для емульсій з вмістом води 5%, 10%, 15%, 20% і 25%.

Вплив нагрівання емульсії на розподіл крапель за розміром

було вивчено вплив нагрівання на стабільність емульсії при різних температурах 28 о С, 40 о С, 60 о С і 80 о С, а потім був використаний аналіз мікроскопічних зображень для обчисліть межі водовідділення для кожного зразка 5%, 10% і 15% відповідно. На рисунку 5 представлені межі розділення для емульсії W/D з різними температурами від 28 о С до 80 о С при дозуванні води 5%, 10% і 15%. З цього малюнка видно, що зміна поверхнево-активної речовини внаслідок збільшення швидкості нагрівання була найважливішим фактором, який впливає на стабільність емульсії. На рис. 5(a) при 5% дозуванні води та швидкості нагрівання 28-80 о С діаметр краплі збільшився з 98 до 115 мкм до межі розділення, тоді як період змішування зменшився з 93 до 47 днів. На рис. 5(b) при 10% дозуванні води та швидкості нагрівання 28-80 о С діаметр краплі збільшився від 110 до 123 мкм до межі поділу, тоді як період змішування зменшився з 76 до 34 днів. На рис. 5(c) при 15% дозуванні води та швидкості нагрівання 28-80 о С діаметр краплі збільшився з 122 до 131 мкм до межі поділу, тоді як період змішування зменшився з 58 до 19 днів. Нарешті, експерименти показали, що збільшення швидкості нагрівання для W/D емульсії

призвело до скорочення періоду стабільності. Крім того, це пов'язано з тим, що вода і дизель мають різні теплові властивості: температуру кипіння і швидкість випаровування. Таким чином, молекули води розширюються на стадії нагрівання швидше, ніж дизель, створюючи прискорення до фази поділу.

Введення водяної пари прямо чи опосередковано в камеру згоряння є одним із ефективних і найбільш економічних інструментів зменшення оксидів азоту (NO_x) і твердих частинок (PM) у вихлопних газах дизельних двигунів. Багато дослідників розробили різні системи для введення води в камеру згоряння, такі як пряме впорскування води, фумігація та водно-паливна емульсія. Усі різні системи почали створюватися на початку розробки авіаційних поршневих двигунів, і з тих пір було досягнуто значного прогресу в розробці оптимальної системи для зменшення забруднюючих речовин у вихлопних газах. У цьому оглядовому документі представлені як переваги, так і недоліки різних систем введення води, досягнуті в останніх дослідженнях. Також він охоплює різні особливості, основні висновки та теоретичні та експериментальні підходи до водно-дизельної емульсії та прямого вприскування води для дизельного двигуна на внутрішньому введенні для подальшого скорочення викидів.

Метод прямого впорскування води в циліндр також привертає увагу через використання водно-дизельної емульсії та фумігації з метою зменшення NO_x і PM.

Одним із недоліків технології водно-дизельної емульсії є те, що відсоток води не може бути змінений у перехідних умовах двигуна (наприклад, при холодному запуску або зміні навантаження) порівняно з фумігацією та системою прямого впорскування води. Так само недоліком техніки фумігації перед системою прямого впорскування є те, що воду неможливо впорснути в кінці такту стиснення вздовж палива. Таким чином, система прямого впорскування води матиме більший ступінь свободи порівняно з системами емульсії та фумігації. Додаткові витрати на модифікацію інжектора роблять цю систему менш популярною порівняно з двома іншими системами. Ключем до системи прямого вприскування води є подвійний розпилювальний сопло з відповідною системою подачі води. Тут система водопостачання не підтримує високий тиск, як система впорскування палива. Вода і дизельне паливо змішувалися в наконечнику інжектора таким чином, що початкова частина вприснутого дизельного палива містила переважно дизель. Однак наявність води в передній частині ін'єкції може спричинити затримку займання.

Найважливішим фактором у приготуванні емульсій є вибір відповідної дози води або суміші поверхнево-активних речовин, які можуть задовільно емульгувати вибрані інгредієнти при певній температурі. У даній роботі досліджено вплив емульгатора шавлії (співвідношення вода/дизель) і нагрівання емульсії В/Д на період стабільності за допомогою оптичного методу. Випробовували п'ять зразків емульсії W/D з різним дозуванням емульгатора 5%, 10%, 15%, 20% і 25% вмістом води, а нагрівання емульсії проводили при 40 °C, 60 °C і 80 °C. Емульсію W/D, приготовлену для поточного дослідження, спостерігали протягом більше 90 днів. Було відмічено, що чим більший вміст води в емульсії, тим яскравіша молочна емульсія. Експерименти показали, що збільшення

дозування води в W/D емульсії негативно впливає на період стабілізації емульсії; де виявилося, що можливість отримати стабільну емульсію з дозуванням води 25% призвела до скорочення періоду стабілізації приблизно на 1/4, ніж раніше для дозування води 5%. Крім того, виявилося, що збільшення швидкості нагрівання для W/D емульсії зменшує період стабілізації для W/D емульсії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. <https://www.iso.org/standard/42714.html>
Henningsen, S. (1994). Influence of the fuel injection equipment on NO_x emissions and particulates on a large heavy-duty two-stroke diesel engine operating on water-in-fuel emulsion. SAE paper 941783 .
2. <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2011/08/978-87-92779-30-4.pdf>
ISO. (2006). Reciprocating internal combustion engines – Exhaust emission measurement – Part 1. International Organization for Standardization.
3. <https://www.semanticscholar.org>
Dürnholz, M., Eifler, G., & Endres, H. (1992). Exhaust-Gas Recirculation - A Measure to Reduce Exhaust Emissions of DI Diesel Engines. SAE Technical Paper Series , 920725.
4. <https://www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/air-pollution.aspx>
Andreasen, A., & Mayer, S. (2007). Use of seawater scrubbing for SO₂ removal from marine engine exhaust gas. Energy & Fuels , 21, 3274–3279.
5. https://manes.com/applications/projectguides/2stroke/content/special_pg/PG_70_20-0145.pdf
Andreasen, A., & Mayer, S. (2007). Use of seawater scrubbing for SO₂ removal from marine engine exhaust gas. Energy & Fuels , 21, 3274–3279.

Чорний Є.І., Петрожицький Н.Н., Огурцов Д.В., Половинка Е.М.
Національного Університету «Одеська Морська Академія»

Ефективність застосування та характеристики водотопливних емульсій

Судноплавство споживає близько п'яти відсотків світового споживання нафти, що призводить до глобальних викидів NOX на рівні близько 12,57 мільйонів тонн на рік і призвело до глобальних викидів SOX на рівні близько 10,54 мільйонів тонн на рік. Повідомляється, що світове судноплавство генерує близько 438 мільйонів тонн CO₂ на рік, що еквівалентно приблизно 1,8 відсотку глобальних викидів CO₂.

На викиди шкідливих речовин від спалювання суднових палив існують обмеження відповідно до міжнародних програм захисту атмосфери та вимог Міжнародної морської організації (International Maritime Organization - IMO)

У липні 2010 р. набула чинності редакція Додатка VI Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню (MARPOL 73/78. Convention Annex VI), яка передбачає більш жорсткі вимоги до судів. Нові вимоги торкнулися практично всіх груп шкідливих викидів, включаючи NO_x (рис. 1).

Застосування паливно-водної емульсії є добре відомим методом зменшення викидів NO_x. Робота двигуна на паливно-водній емульсії теоретично

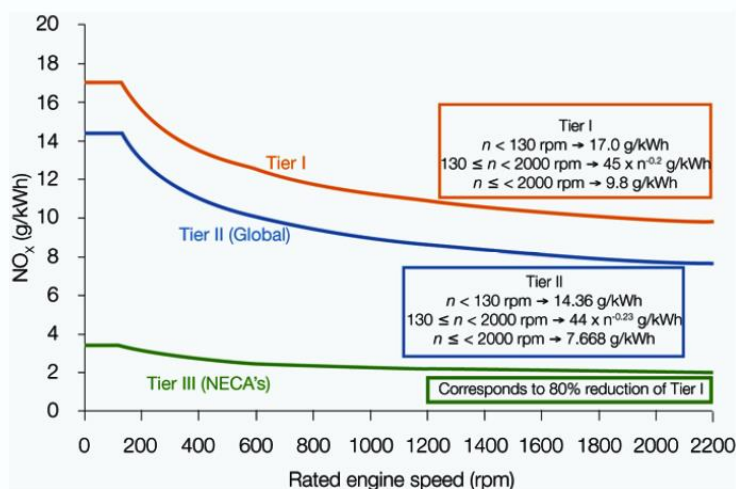


Figure 9 IMO NO_x limits. Figure adapted from (MAN Diesel & Turbo, 2008).

Рис. 1. Вимоги до вмісту оксидів азоту NO_x у відпрацьованих газах

дозволяє скоротити викиди NO_x до 50 відсотків. Було встановлено, що використання емульсованого палива може покращити процес згоряння та зменшити споживання палива. За певних умов у краплях палива відбуваються «мікровибухи», коли тиск водяної пари долає сили поверхневого натягу, що призводить до покращеного розпилення палива. Wärtsilä NSD визнає, що «мікроевипаровування»

крапель палива позитивно впливає на процес згоряння, утворюючи більш однорідну повітряно-паливну суміш.

MAN B&W віддає перевагу паливно-водним емульсіям. Стандартна конструкція двигуна MAN B&W допускає приблизно 20% води в емульсії з паливом за повного навантаження без модифікації форсунок або паливних насосів. Зниження викидів NO_x (у г/кВт-год) наближається до 60% при найвищому вмісті води, що застосовується при навантаженні 50% (рис.2). На рисунку наведено результати випробувань малообертного тестовому двигуна 4T50ME-X.

Дистилятне паливо має нижчу щільність, ніж вода, тобто краплі води матимуть

набагато вищу тенденцію до осідання, а також менша в'язкість дистилятного палива не підтримує розсіювання крапель води.

Метод додавання води до палива є ефективним способом зниження температури полум'я, тим самим пригнічуючи утворення NOx. У минулому був випробуваний на великих двотактних дизельних двигунах, але більшість досвіду обмежено використанням залишкового палива, яке за своєю суттю емульгує, принаймні, помірну кількість води, завдяки своїм відмінним фізичним властивостям. З іншого боку дистилятні палива будуть використовуватися більш ши-

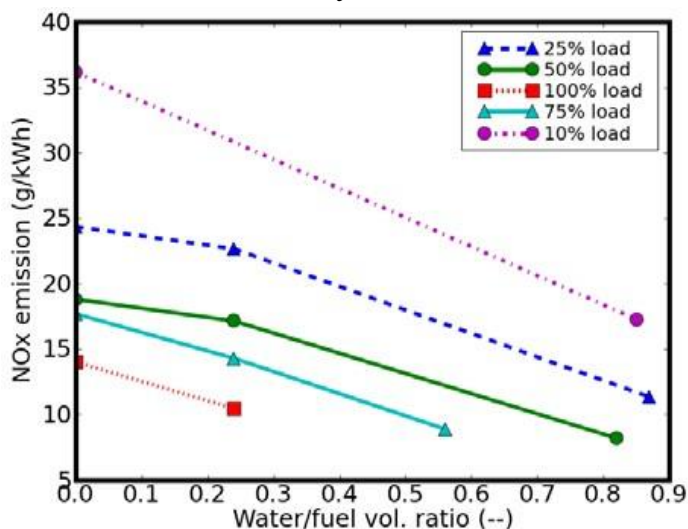


Рис.2. Викиди NOx як функція вмісту води в па-

додовіді проведено лабораторні дослідження.

У ході підготовки досліджень було проведено роботи з налаштування лабораторного обладнання, засобів реєстрації та обробки даних випробувань. Загальний вигляд лабораторної установки подано на рис.3.

Робочий варіант ВТЕ з компонентами 1 становить набір дослідів з дистилятним (дизельним) паливом. Для аналізу дисперсного складу випробуваних об'єктів використано мікроскоп 2 зі збільшенням 20x-400x з трьома об'єктивами (4x/10x/40x) та виходом USB. Реєстрація зразків ВТЕ у цифровій формі, що приймається з мікроскопа, здійснювалася ПК 3. Обробка вихідних компонентів ВТЕ проводилася у двох диспергаторах: ультразвуковому 4 та електромеханічному 5.

У процесі відпрацювання методики експерименту виконано калібрування вимірювальної системи та організовано попередню підготовку мікрофотографій для дисперсійного аналізу. Комп'ютерна підтримка була забезпечена пакетом Image-ProPlus 6.0. Використані знімки зі збільшенням x10.

Мета першого етапу експерименту була визначити як впливає швидкість та тривалість обробки водо паливної емульсії у електромеханічному диспергаторі (ЕМД) на характеристики ВПЕ.

Досліди проведені при напрузі на електродвигуні диспергатора 6,5-9,6В 6 етапів тривалістю по 20-120 с. Короткочасна зупинка використовувалася для відбору краплинної проби.

роко, особливо в IMO SECA, через обмежену доступність мазуту, що відповідає строгим вимогам до вмісту сірки всередині цих територій.

При використанні в ЕСА дистилятних палив ULSFO існує проблема низької змащувальної здатності цих палив[1].

Для оцінки характеристик водопаливних емульсій (ВПЕ) на основі дистилятних (дизельних) палив на кафедрі СЕУ авторами

Дані першого етапу експерименту представлені у табл. 1.

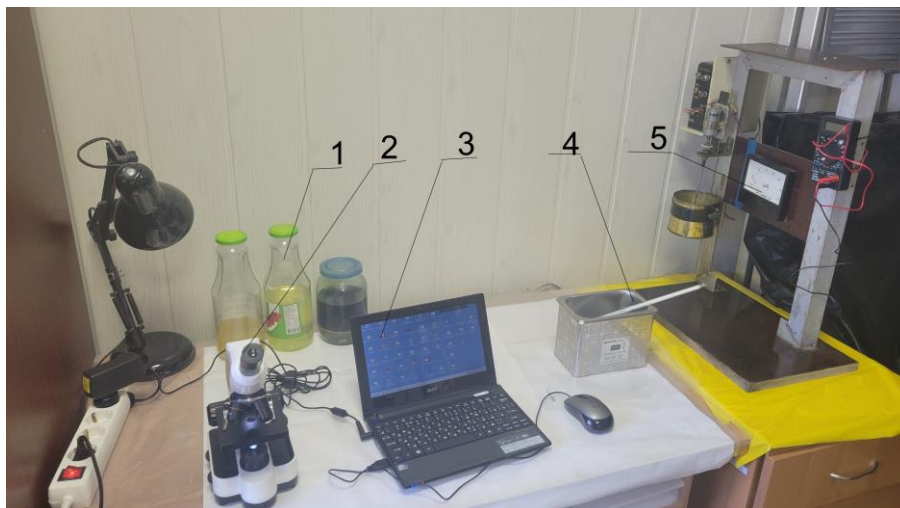


Рис.3.Загальний вигляд лабораторної установки:

- 1 - Водно-паливна емульсія,
- 2 - мікроскоп Bresser Biolux Advance
- 3 - нетбук Acer aspire one,
- 4 - ультразвуковий диспергатор Baku ВК-3050,
- 5 - електромеханічний диспергатор

Табл.1 Розмір крапель в залежності від тривалості обробки

Тип обробки	Номер режиму	Час, сек	Середній діаметр, мкм	Максимальний діаметр, мкм
Диспергування	1	20	3,4	4,6
	2	40	4,1	4,9
	3	90	3,9	5,4
	4	120	3,4	4,3
	5	240	9,6	10,99
	6	360	6,1	8,3

Приклад мікрофотографії зразка ВТЕ першого режиму даних обробки на ПК наведено на рис. 4.

Виконано кольорове виділення дисперсної фази (води), побудовано гістограму

гранулометричного складу зразка, наведено статистичні параметри масиву даних.

Аналогічно оброблено матеріали інших п'яти режимів першого етапу випробувань.

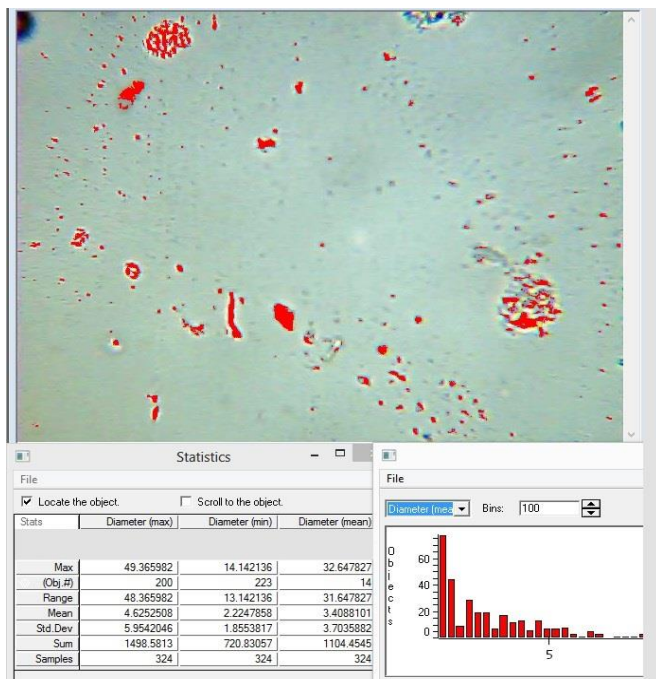


Рис.4. Мікрофотографія ВПЕ після першого етапу обробки в електромеханічному диспергаторі

За отриманими даними побудовано графік (рис. 5) залежності середнього діаметра крапель води ВТЕ від часу обробки.

Другий етап досліджень полягав у отриманні та обробці ВТЕ ультразвуком. Використано ультразвуковий диспергатор (УЗД) (рис. 3, поз. 4). Дані, отримані в результаті дослідів, включені до табл.2.

Табл.2 Розмір крапель в залежності від тривалості обробки в УЗД

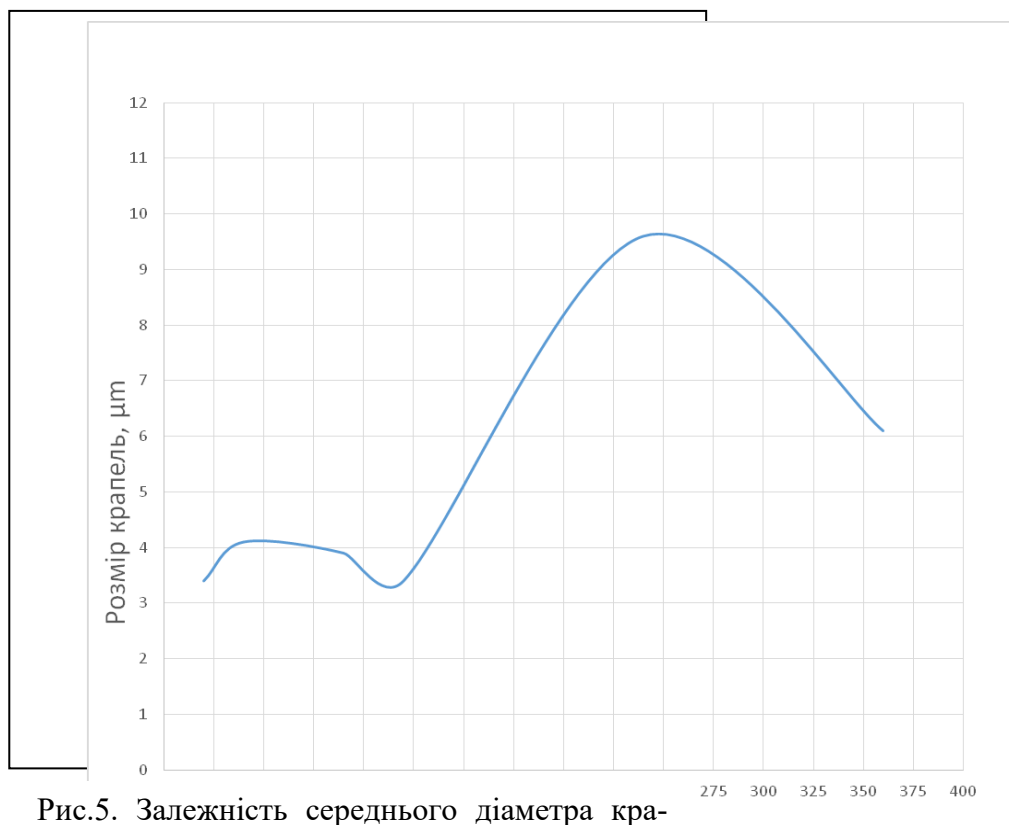


Рис.5. Залежність середнього діаметра крапель води ВПЕ від

Тип обробки	Но- мер ре- жиму	Час, сек	Се- редній діаметр, мкм	Максимальний діаметр, мкм
Ультразвук	1	20	4,0	5,2
	2	40	7,5	8,7
	3	90	8,4	10,1
	4	120	7,2	9,2
	5	240	4,6	6,3
	6	360	3,4	4,7

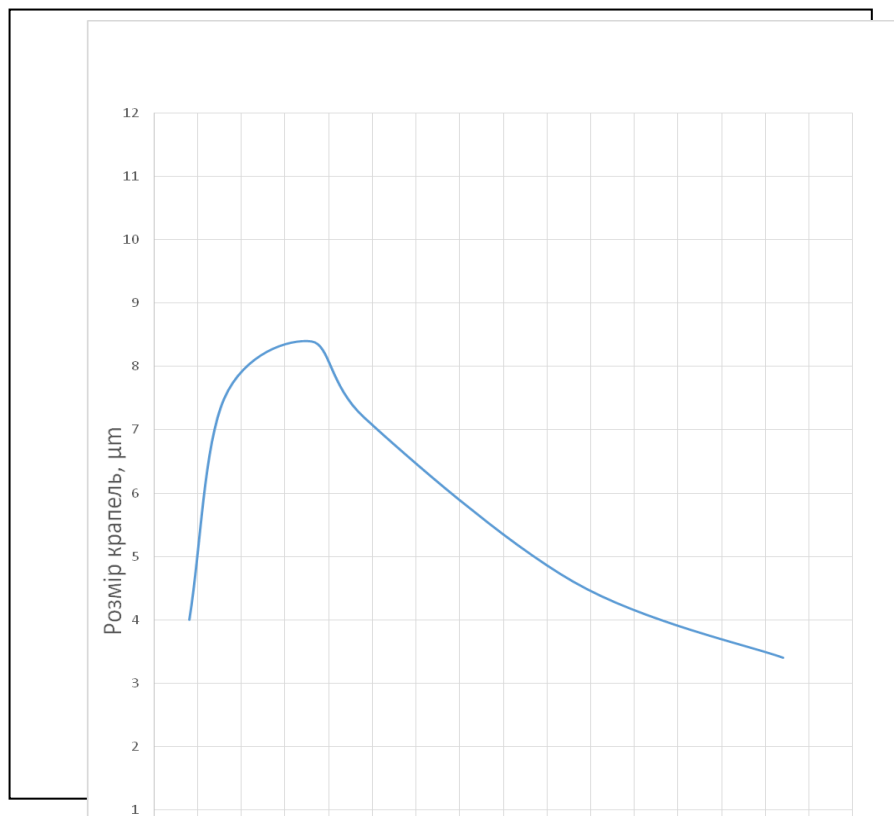


Рис.6. Залежність розміру крапель ВПЕ від часу обробки в УЗД

Висновки

Показано ефективність використання ВТЕ для покращення екологічних характеристик суднових дизелів.

Наведено результати початкового етапу експериментальних досліджень з приготування ВТЕ із застосування дистилятних палив.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Nitrogen Oxides (NOx) – Regulation 13-
[https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-\(NOx\)-%E2%80%93Regulation-13.aspx](https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/Pages/Nitrogen-oxides-(NOx)-%E2%80%93Regulation-13.aspx)

Чорний Є.І., Половинка Е.М.
Національного Університету «Одеська Морська Академія»

Водно-паливна емульсія як паливо для суднових двигунів для зниження викидів NO_x і твердих часток

За оцінками, морська промисловість відповідає за транспортування близько 90% усіх товарів у світі. Незважаючи на те, що міжнародні перевезення є найбільш безпечним для викидів вуглецю та енергією способом транспортування, доступним сьогодні, міжнародне судноплавство сприяє приблизно 2,7% світових викидів вуглецю (від людських джерел). Однак через дуже високу температуру згоряння та тиск усередині сучасних суднових двигунів, а також загальну відсутність застосовуваних методів обробки вихлопних газів, таких як каталітичні методи, відомі від автомобільної та вантажної промисловості, наприклад, трикомпонентний каталітичний нейтралізатор і селективне каталітичне відновлення (SCR), внесок у глобальні викиди оксидів азоту (NO_x) від судноплавства відносно великий, фактично порівнянний за величиною з дорожнім рухом.

З посиленням регулювання всередині SECA, особливо після 2015 року, попит на паливо з низьким вмістом сірки значно збільшився. Додаток VI MARPOL також включає значно посилені обмеження на викиди оксидів сірки (SO_x) і твердих частинок (PM). Викиди регулюються обмеженням вмісту сірки в паливі. Однак, оскільки дозволено виконувати норми сірки альтернативними засобами, розробникам двигуна все одно необхідно враховувати безпечну роботу двигуна при роботі на паливі з вмістом сірки вище граничних значень. Альтернативним засобом зменшення викидів SO_x і PM може бути скруббер після очищення вихлопних газів [1].

Найважливішими первинними методами зменшення викидів NO_x, які досліджує та розробляє MAN Diesel & Turbo, є:

Налаштування/оптимізація продуктивності

Зволоження продувального повітря (SAM)

Водно-паливна емульсія (WIF)

Рециркуляція вихлопних газів (EGR) [2].

Основною метою є уможливлення емульгування води в дистилатне паливо, яке також називають судновим газойлем і судновим дизелем. Вважається, що ці види палива досить поширені в теперішніх і майбутніх зонах контролю викидів (ECA). Шляхом емульгування води в паливо можна різко зменшити викиди NO_x. Емульгування води дистилатним паливом неможливо без використання емульгатора.

Додаючи воду до мазуту для утворення емульсії вода в маслі (WIF), викиди NO_x можна значно зменшити. Принцип роботи полягає в тому, що вода, завдяки необхідній теплоті випаровування, знижує температуру в полум'ї дизельного палива і тим самим зменшує утворення NO_x (який в основному утворюється при високих температурах).

Лабораторні дослідження та розробка емульгатора

Лабораторні випробування проводилися з метою з'ясування різних властивостей емульсій, найважливішими з яких є стабільність у часі, включаючи спостереження за можливим розділенням фаз, а також в'язкість.

На рисунку 1 показано кількість випробуваних емульгаторів і кількість випробуваних емульсій, отриманих з окремим емульгатором. Для кожної досліджуваної емульсії було проведено велику кількість аналізів, таких як статичний і динамічний міжфазний натяг, розподіл крапель води за розміром, конфокальна лазерна скануюча мікроскопія (CLSM) для спостереження за розподілом крапель води в емульсії, моніторинг візуальної стабільності та реологічні дослідження. Рисунок також дає зображення процесу відбору, що розглядається як кількість емульсій і тестів, проведених на окремому емульгаторі. Якщо емульгатор описується на основі невеликої кількості емульсій і аналізів, це означає, що він не пройшов поточні випробування і тому був відсортований.

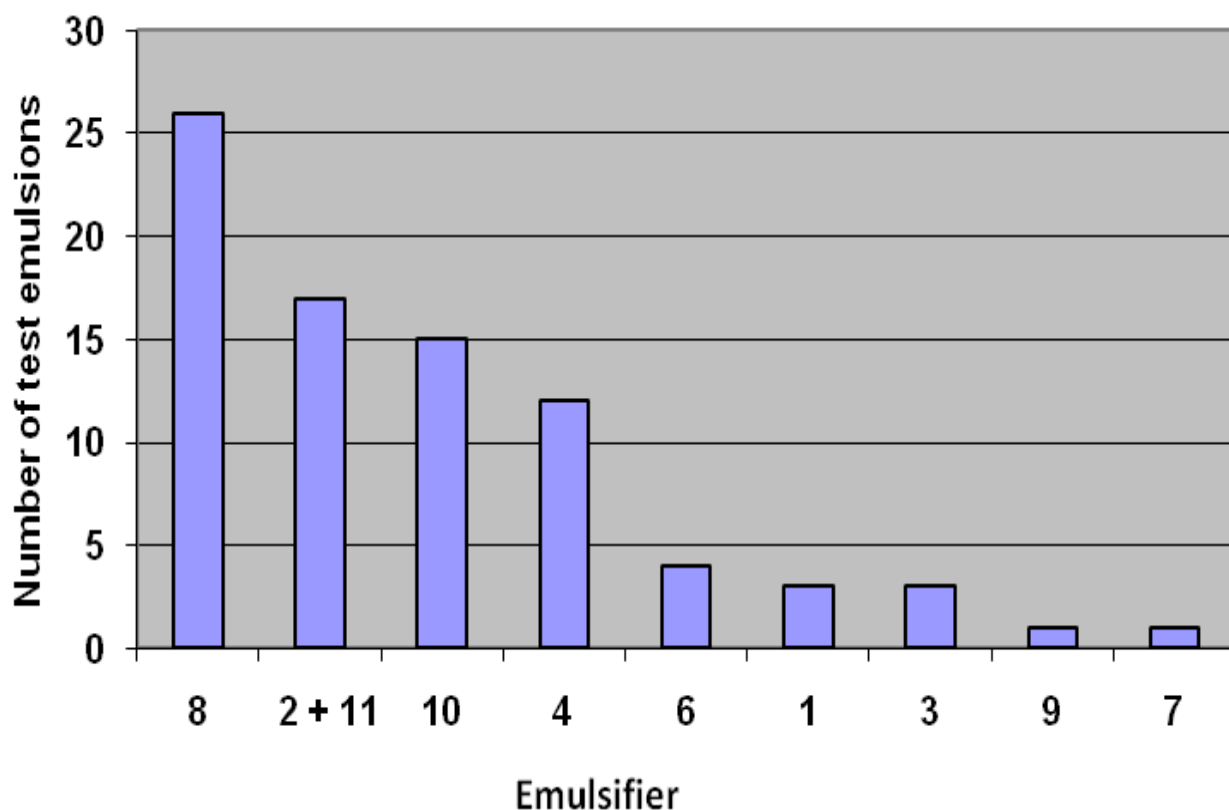


Рис.1 Гістограма різних емульгаторів із кількістю емульсій, виготовлених з кожним емульгатором



Рис.2 Емульсії: ліворуч – стійка емульсія, посередині – емульсія з осадженням, праворуч - емульсія з поділом фаз

Одним із найважливіших критеріїв вибору емульгаторів є їх здатність стабілізувати емульсію з часом. Емульсія не повинна розділятися на фази, з роздільними водною та дизельною фазами. Крім того, бажано звести до мінімуму осідання диспергованих крапель води в дизельному маслі. На рисунку 2 наведено приклади стабільної емульсії (зліва) з гомогенно диспергованими краплями води, що призводить до отримання однорідної білої емульсії, емульсії з осадом (посередині), а також емульсії, розділеної на фази, яка містить вільну воду при дно пляшки (праворуч).

Дистилятне паливо має нижчу щільність, ніж вода, тобто краплі води матимуть набагато вищу тенденцію до осідання, а також менша в'язкість дистилятного палива не підтримує розсіювання крапель води. Збільшення в'язкості (охолодження або перехід з MGO до MDO), здається, дещо перешкоджає седиментації, хоча недостатньо. Це чітко підкреслює потребу у відповідному емульгаторі, якщо легкі/дистилятні фракції паливного мазуту мають забезпечити WIF для зниження NO_x .

WIF призначений головним чином для залишкового палива, яке також називають мазутом. Висока в'язкість (зазвичай близько 10-15 сСт в робочих умовах), а також близька відповідність щільності між водою та паливом сприяє стабілізації крапель води всередині паливної матриці. Крім того, і, можливо, більш важливо, важкі мазути можуть містити природні поверхнево-активні речовини, наприклад асфальтени, які стабілізують поверхню палива/води та запобігають коалесценції[3]. WIF неможливий для дистилятного палива, наприклад суднового газойлю (MGO) або суднового дизельного палива (MDO), без використання відповідного емульгатора.

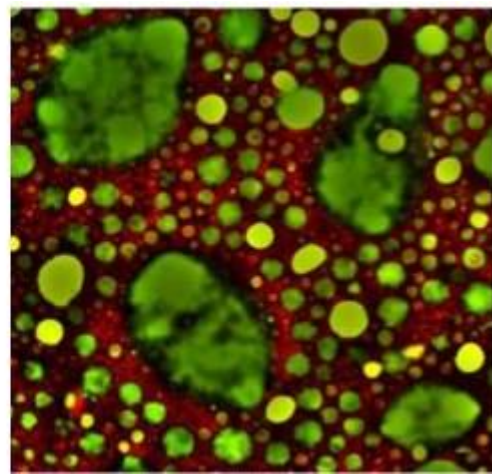
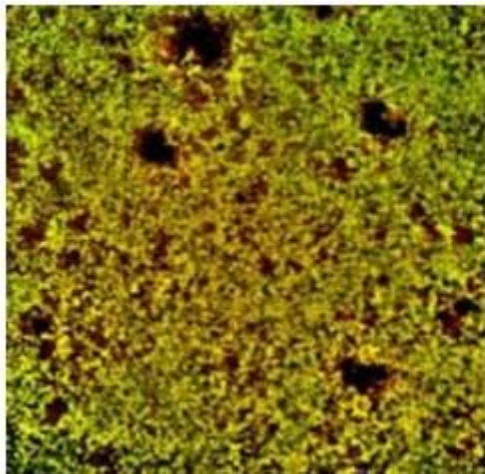


Рис.3 Конфокальна лазерна скануюча мікроскопія (CLSM) Emul 2 (ліворуч) і Emul 1 (праворуч). Червоний барвник додається до фази паливного золю, а зелений барвник додається до водної фази. Emul 2 демонструє хороші емульгуючі властивості, тоді як Emul 1 демонструє погані емульгуючі властивості

В'язкість також є дуже важливим параметром при виборі емульгаторів. На рисунку 4 показано приклад вимірювання в'язкості як функції типу емульгатора та концентрації, а також кількості води та температури. Можна побачити, що вміст води має більший вплив на в'язкість, ніж температура.

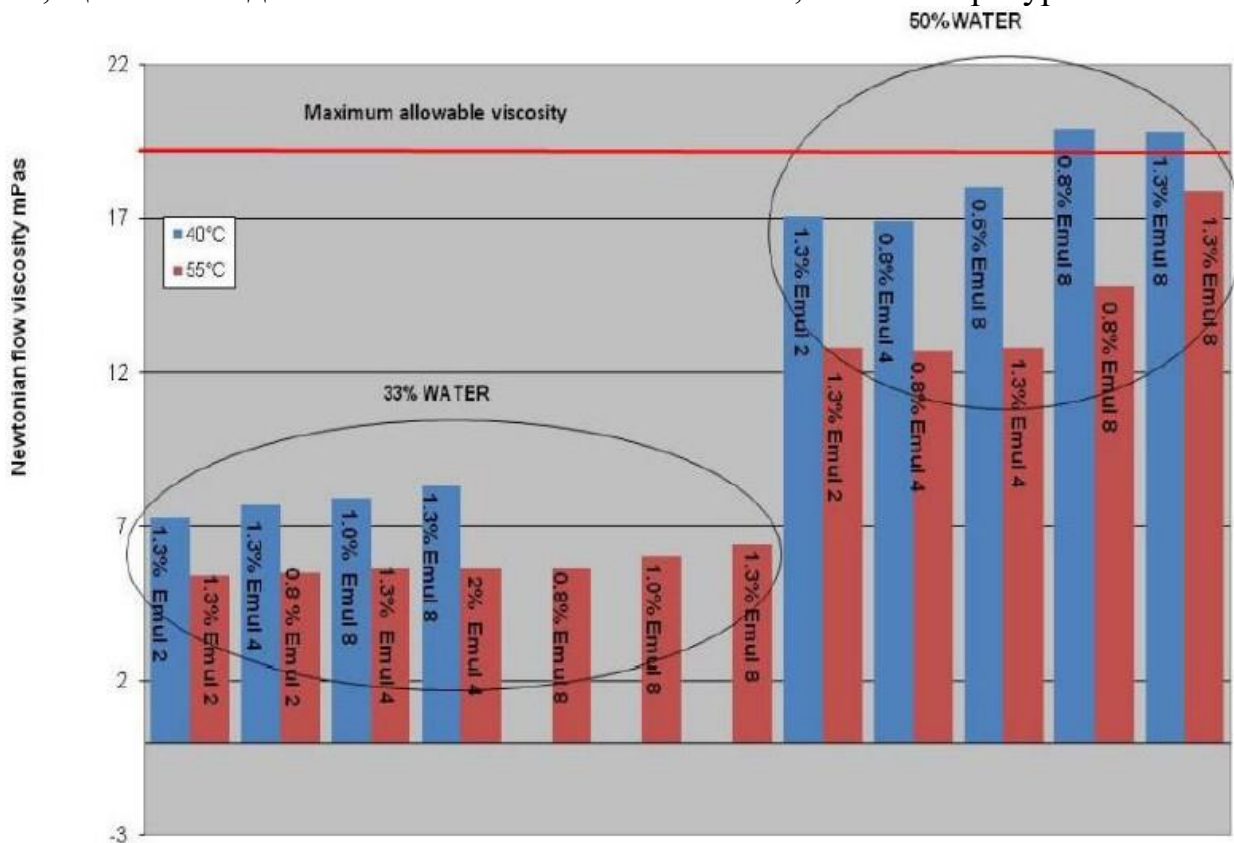


Рис.4 Дані для в'язкості, згруповані за температурою та вмістом води.

Як видно з рисунка 5, відбуваються значні зміни виміряного тиску в циліндрі, коли вода у великих кількостях додається до палива. Помічено, що швидкість підвищення тиску на початку процесу згоряння (підвищення тиску відразу після верхньої мертвої точки (ВМТ)) є вищою, а підвищення тиску відбувається більш різко. Попередні випробування показали збільшення за-

тримок займання зі збільшенням вмісту води. Більша затримка займання дозволяє утворювати більшу порцію попередньо змішаної суміші, тобто коли відбувається займання, виділяється більша кількість палива.

Спостережувані коливання менш виражені при більшому навантаженні двигуна. При більшому навантаженні двигуна затримка запалювання, як правило, менша через більшу щільність стисненого газу, і, отже, перед запалюванням утворюється менша попередньо змішана суміш [4].

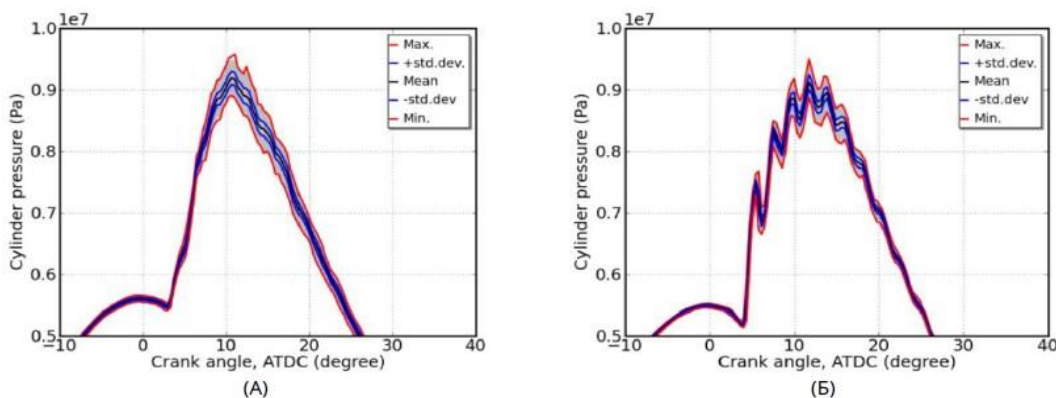


Рис.5 Вимірний тиск у циліндрі на циліндрі при 25% навантаженні при нульовій кількості води (А) і доданої води (Б)

Метод додавання води до палива, перед вприскуванням у камеру згорання дизельних двигунів із прямим уприскуванням є ефективним способом зниження температури полум'я, тим самим пригнічуючи утворення NO_x . Для створення стабільної емульсії вода в паливі з дистильованим паливом потрібен відповідний емульгатор. Таким чином, головна мета полягає в тому, щоб знайти емульгатор, який дає змогу емульгувати велику кількість води (до 50%) у дистильоване паливо, забезпечуючи при цьому безпечну та надійну роботу двигуна та без будь-якого значного погіршення стабільності двигуна. Подальшими цілями є потенціал скорочення викидів WIF, що використовує дистильоване паливо, а також дослідження потенційних синергічних ефектів за рахунок поєднання WIF з рециркуляцією вихлопних газів (EGR), ще одним ефективним методом зниження NO_x .

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Prevention of Air Pollution from Ships - www.imo.org/en/ourwork/environment/pages/air-pollution.aspx
- 2.MAN B&W Two-stroke Marine Engines Emission Project Guide for Marpol Annex VI Regulations - man-es.com/applications/projectguides/2stroke/content/special_pg/PG_7020-0145.pdf
- 3.Water-in-fuel emulsion as marine engine fuel for reduced NO_x and particulate emissions Anders Andreassen MAN Diesel & Turbo Kirsten Bräuner - www2.mst.dk/udgiv/publications/2011/08/978-87-92779-30-4.pdf
- 4.Dürnholz, M., Eifler, G., & Endres, H. (1992). Exhaust-Gas Recirculation

Оптимізація процесу упорскування системами топливоподачі сучасних суднових дизелів

Розробка сучасних дизельних двигунів базується на наступних завданнях:

- зниження викидів забруднюючих речовин у вихлопних газах до світових норм;
- зниження витрати палива;
- зниження зовнішнього шуму;
- поліпшення динамічних характеристик.

Відповідно до поставлених завдань сучасні системи паливного забезпечення дизельних двигунів базуються на використанні прямого впорскування палива під високим тиском. Важлива увага приділяється розробці закону подачі.

Оптимальний закон впорскування. Відповідно до К.Нwangта S.Kohketsu [1,2] рекомендується обмежене впорскування невеликої порції палива на початку процесу впорскування, щоб підготувати повітряно-паливну суміш для попереднього згоряння. Крім того, слід дотримувати впорскування основної частини палива в цю підготовлену повітряно-паливну суміш, що робить можливим повністю контрольований процес згоряння. Оптимальний закон впорскування показаний на рис.1.

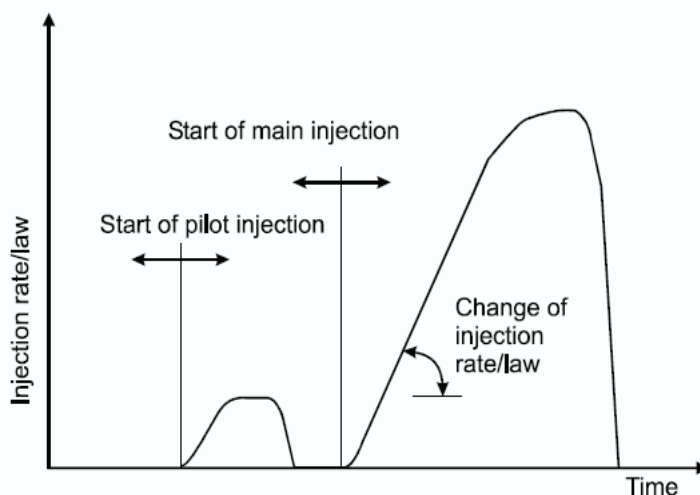


Рис. 1. Оптимальний закон впорскування.

Оптимальний закон впорскування може бути досягнутий різними способами, що безпосередньо залежить від контролю процесу впорскування. Відомими контролями процесу впорскування в системах впорскування палива є: звичайні системи впорскування палива без електронного контролю; сучасні системи впорскування палива з електронним управлінням.

Звичайні системи впорскування палива без електронного управління. Звичайні системи впорскування палива без електронного контролю процесу-

впорскування дуже часто представлено у високооберткових дизелях. Таким чином, з відносно невеликими витратами можна зменшити викиди забруднюючих речовин, випромінювання шуму та навантаження поршня, з'єднувального шатуна та колінчастого вала з більш-меншим успіхом. Було зроблено кілька різних звичайних систем впорскування палива з можливістю двофазного впорскування. Деякі з них представлені на рис. 2.

Системи впорскування палива з можливістю двофазного впорскування, засновані на: плунжерах і втулках

• введення додаткового переливного каналу насоса високого тиску [3], рис. 2.a;

• введення двох пружин у форсунці, [4], рис. 2.b);

• введення спліттеру [5], рис. 2.c).

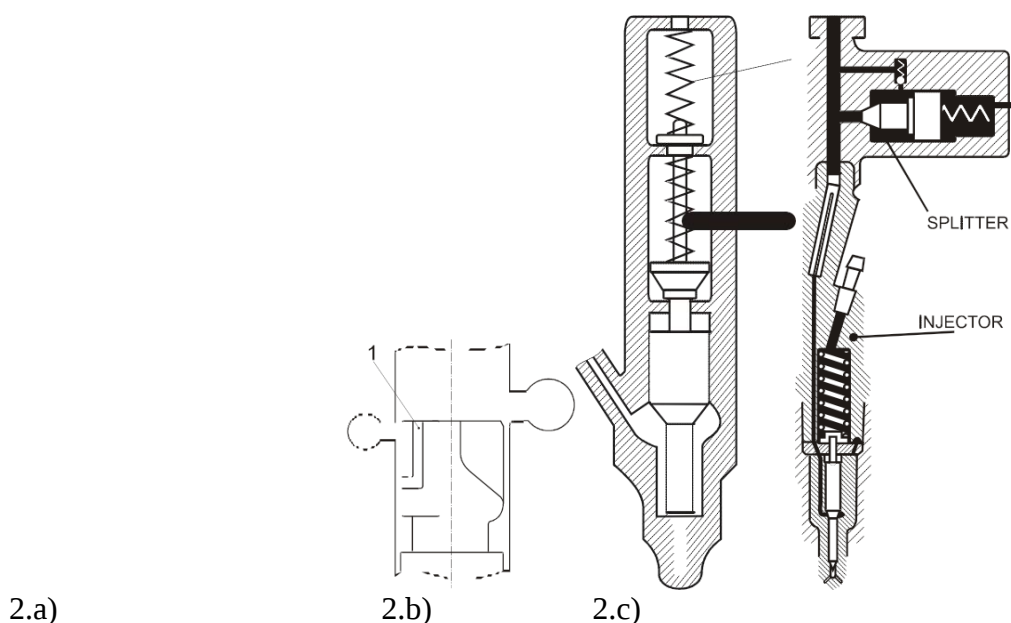


Рис. 2. Конструкція систем для двофазного впорскування.

Принцип роботи ґрунтується на наступному: на початку підвищення тиску у форсунці, викликаному дією насоса високого тиску, голка інжектора починає підніматися з сидіння і робить можливим початок впорскування, однак, коли тиск у форсунці піднімається достатньо, щоб подолати силу пружини в спліттері, клапан у спліттері починає відкриватися і паливо починає текти через переливний канал. Цей потік палива через переливний канал спричиняє зниження тиску палива, і голка починає спускатися на сидіння. Таким чином закінчується фаза пілотного впорскування. Подальше підвищення тиску, викликане насосом високого тиску, призводить до початку основного впорскування, тривалість якого визначається тиском палива в інжекторі.

За допомогою розробленої комп'ютерної програми було проведено моделювання процесів у форсунці. Безумовно, найцікавішим є закон впорскування для різних швидкостей двигуна, а деякі з них показані на рис. 3. На основі результатів, представлених на рис. 3, можна помітити різне двофазне впорскування. Крім того, під час кожного пілотного впорскування введеного палива

становить приблизно 10% від загальної кількості введеного палива за цикл. Кількість введеного палива під час пілотного впорскування відмічається $q^*_{\text{с}}$.

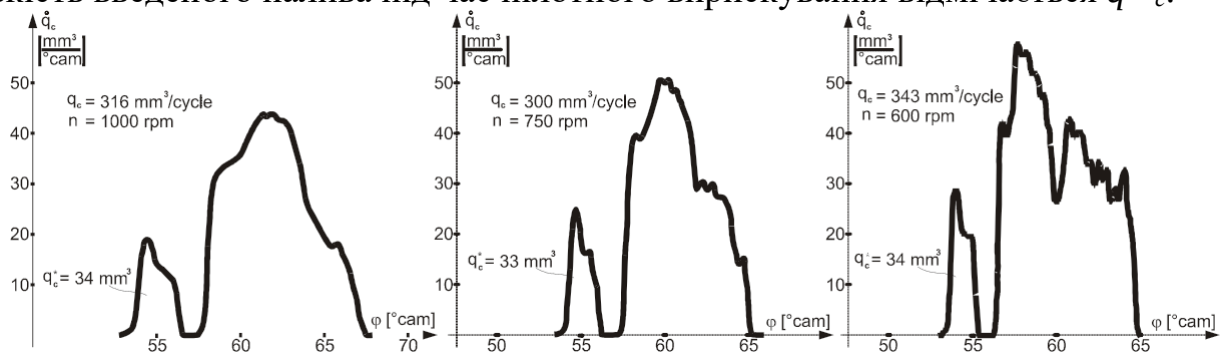


Рисунок 3. Закон про впорскування для різних режимів швидкості.

Пілотне впорскування було реалізовано за допомогою представленого простого способу контролю процесів впорскування. Кількість впорскуваного палива під час фази пілот-впорскування залежить від характеристик насоса високого тиску та конструкції спліттера, а також від робочого режиму системи впорскування палива.

Сучасні системи з електронним керуванням. Сучасні системи впорскування палива для дизельних двигунів здебільшого базуються на різних конструкцій систем впорскувальних пристроїв та акумуляторних систем із загальним акумулятором. Усі згадані системи мають електронний контроль процесу впорскування. Контроль процесу впорскування означає все-таки наявність якогось «спліттера», який активізується, визначається швидкістю двигуна та режимами навантаження. Таким чином можлива повна гнучкість проектування закону впорскування, незалежно від швидкості двигуна та режиму навантаження, що показано на рисунку 4.

Для того, щоб зрозуміти проблемну зону двофазного впорскування в сучасних системах впорскування палива, вибирається система впорскування палива, представлена на рисунку 5.а).

Принцип роботи цієї системи впорскування базується на наступному: Загальний акумулятор палива під низьким тиском (до 200 бар) подає паливо до основного соленоїдного клапана, а також до зворотного клапана підсилювача. Таким чином, можна зробити доповнення робочого простору, розміщеного внизу підсилювача, паливом. Коли активований клапан золотника, залежно від швидкості двигуна та режиму навантаження, паливо натискає на верхню сторону підсилювача, викликаючи рух підсилювача та стиснення палива. Стиснення палива проводиться під час активації основного соленоїдного клапана, тоді як максимально можливий коефіцієнт стиснення може бути 16: 1. Стиснене паливо протікає через трубу високого тиску, і воно переміщує кулю зворотного клапана акумулятора, що спричиняє подачу акумулятором палива під високим тиском, розміщеним в форсунці. Процес подачі акумулятором палива під високим тиском має таку ж тривалість, що і тривалість активації основного клапана золотника. Під час процесу подачі акумулятором палива під високим тиском голка форсунки залишається на її сидінні, впорскування може досягти палива в

робочу камеру дизельних двигунів контролюється шляхом активації перемикачання клапана котушки, розміщеного в форсунці. Таким чином, прямий контроль при розробці закону про впорскування може досягти того, що дуже важливо для сучасних дизельних двигунів. Приклад характерних параметрів процесу впорскування показаний на тому ж малюнку (мал. 5.b). Особлива увага приділяється двофазному впорскуванню, де під час пілотного впорскування вводять близько 16% палива за обсягом. Ці результати отримують шляхом моделювання процесу впорскування за допомогою власної розробленої комп'ютерної програми. Відповідно до цього факту, оптимізація кількості введенного палива під час пілотового впорскування вимагає дуже короткої тривалості пілотної фази впорскування та дуже невеликого ходу перемикаючого клапана, розміщеного в форсунці.

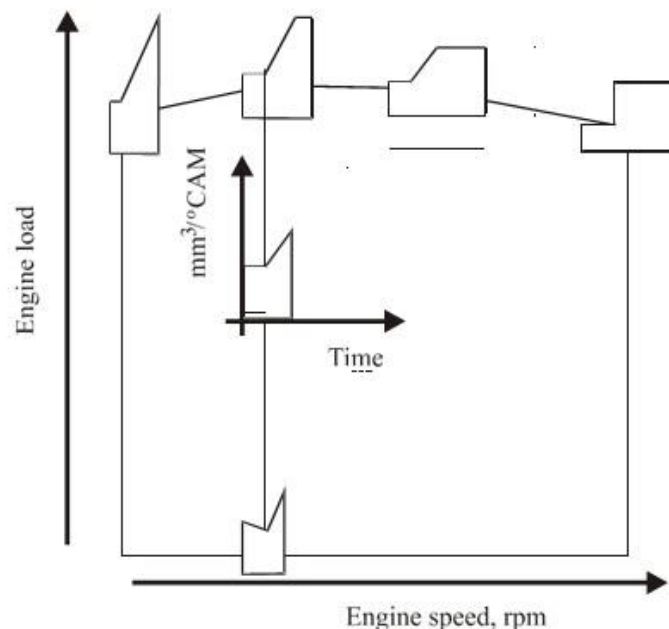
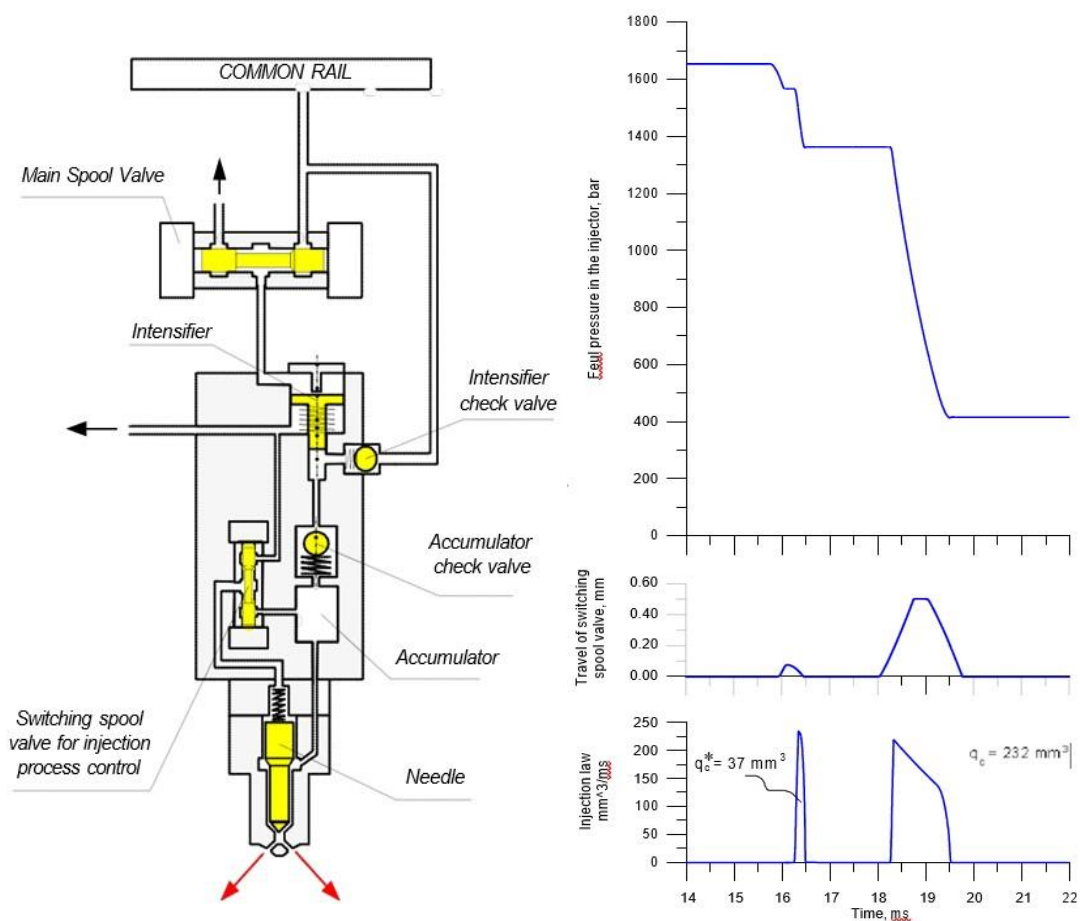


Рисунок 4. Оптимальний закон про впорскування сучасних систем впорскування дизельного палива для різних режимів навантаження та швидкості.



5.a)

5.b)

Рис. 5. Сучасна система впорскування палива та відповідний закон про впорскування.

Висновки. Окрім прямого впорскування палива під високим тиском у робочу камеру дизельних двигунів, спеціальна увага присвячена розробці закону про впорскування. Можливості проектування закону про впорскування в звичайних та сучасних системах впорскування палива представлені у докладі. Маючи на увазі повну гнучкість управління процесами впорскування, цілком розуміється, чому сучасні системи впорскування палива мають важливу частку на світовому ринку.

Враховуючи той факт, що акумуляторні системи мають велику частку на цьому ринку, додаткова увага повинна бути присвячена контролю процесу впорскування та правильному підбору елементів, важливих для якісного контролю. При виборі відповідних параметрів контрольних елементів для двофазного впорскування важливе місце займає математичне моделювання процесів в системах впорскування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Hwang J., Kal K., Park J., Shenghua L., Martychenko A., Chae J.: "Effect of Fuel Injection Rate on Pollutant Emissions in DI Diesel Engines", Technical paper SAE 1999-01-0195, 1999.
2. Kohketsu S., Tanabe K., Mori K.: "Flexibly Controlled Injection Rate Shape with Next Generation"

nCommonRailSystemforHeavyDutyDIDieselEngines”, TechnicalpaperSAE2000-01-0705,2000.

3. LiševskiA.:“Sistempitanijadizelej”,Mašinostrienie,Moskva,1981.
4. YamauchiH.,SakuraiS.,TakamoriY.:“Astudyofexhaustandnoiseemissions reductionona singlespray directinjectiondieselengine”,SAE890467,1989.
5. MonaghanM.L.:“Awallwettingdirectinjectiondieselforpassengercars”,XXFISITAcongress,SAE-P143, Vienna,1984.

Огурцов Д.В., Половинка Е.М.
Національного Університету «Одеська Морська Академія»

Удоосконалення систем впорскування палива судових середньооборотних дизелів

У найближчі роки ми побачимо різке зростання екологічних та економічних вимог до двигунів внутрішнього згоряння. Свідченням цієї тенденції є подальше посилення стандартів викидів у всьому світі, яке спрямоване не лише на покращення паливної економічності, але, перш за все, на досягнення чистого згоряння палива з низьким рівнем викидів.

Відповідність існуючим і майбутнім нормам викидів при оптимальному споживанні палива стає все більш важливим фактором успіху для судових і силових дизельних двигунів. Особлива увага приділяється роботі на малих навантаженнях, де традиційне впорскування залишає мало можливостей для оптимізації, оскільки процес впорскування, керований розподільчим валом, пов'язаний зі швидкістю обертання двигуна.

Таким чином, можливості для розробки незалежного від навантаження підходу до процесу згоряння сильно обмежені. Технологія common rail (CR) компанії "MAN Дизель і Турбо" розриває цей зв'язок у середньо-оборотних чотиритактних двигунах. CR дозволяє безперервно і незалежно від навантаження контролювати час впорскування і тиск впорскування.

Це означає, що технологія common rail забезпечує для даного двигуна найвищий рівень гнучкості для всіх діапазонів навантаження і дає значно кращі результати, ніж будь-яка інша традиційна система впорскування. Розроблено надійну та ефективну систему CR для широкого спектру судових палив, яка також здатна працювати із залишковим паливом (HFO).[2]

Опис системи

Система MAN Diesel & Turbo CR була розроблена для роботи з HFO відповідно до специфікації DIN ISO 8217 (в'язкість до 700 сСт при 50°C) і температурою палива до 150°C (для досягнення необхідної в'язкості впорскування).

Крім високої в'язкості, таке паливо, як правило, має високий вміст абразивних частинок і дуже агресивних хімічних компонентів. Система впорскування повинна бути здатна безвідмовно витримувати ці умови, включаючи запуск і зупинку двигуна під час роботи на HFO.[1]

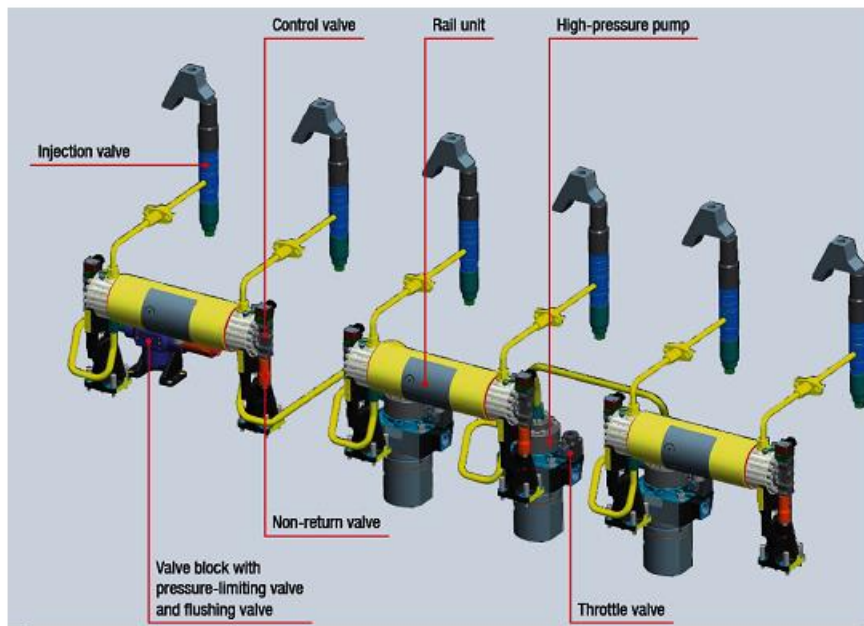


Рис.1 Система впорскування CR MAN 32/44CR

Використання лише одного акумулятора тиску (common rail) для великорозмірних дизельних двигунів, розташованого по всій довжині двигуна, є проблематичним з наступних причин:

- Різні види палива, на яких може працювати двигун, відображаються на необхідній температурі палива (від 25°C до 150°C), а це, в свою чергу, викликає значні відмінності в лінійному тепловому розширенні рейки.
- Довгий аккумулятор вимагає радіального свердління для з'єднання з кожним блоком циліндрів. Дуже високі напруження матеріалу, спричинені цими отворами, неминучі. Тому проблеми і обсяг контрзаходів зростають пропорційно збільшенню внутрішнього діаметру шини у великих двигунах.
- У разі зменшення об'єму акумулятора навряд чи вдасться досягти однакових співвідношень впорскування для всіх циліндрів двигуна, і не можна виключити надмірні коливання тиску в системі.
- Різна кількість циліндрів також призвела б до різної кількості спільних рейок.
- Підключення акумулятора тиску надмірної довжини до насоса високого тиску лише в одній точці призведе до погіршення якості впорскування.

Тому доцільно розділити акумулятор на кілька аккумуляторних блоків відповідного об'єму (рис. 1) і розділити подачу як мінімум на два насоси високого тиску для шестициліндрового двигуна.

Макет і функціональність

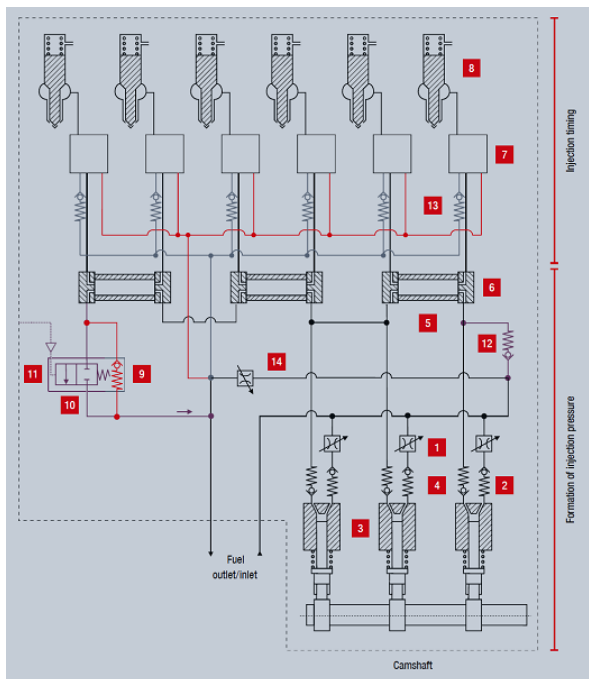


Рис. 2 Система впорскування CR - загальна схема та функціональність

люючого клапана 6. На кронштейні закріплені регулюючі клапани 7. На тримачі клапанів радіально розташовані з'єднання для труб високого тиску, які ведуть до впорскувальних клапанів 8, а також до наступного рейкового блоку.

Переваги

Основна перевага впорскування CR - це легкість, що досягається завдяки роздільному створенню номінального тиску та контролю впорскування.

Компанія "МАН Дизель і Турбо" максимально спростила свою технологію CR. Наприклад, немає окремого сервоконтуру для активації клапанів впорскування. Використовуються клапани впорскування, керовані тиском, а клапани управління інтегровані в аккумуляторні блоки подалі від нагрівання головок циліндрів, що підвищує надійність системи і спрощує технічне обслуговування.

Двигуни, оснащені цією технологією CR, а отже, оптимізованим процесом згоряння, мають найкращий потенціал для дотримання більш суворих норм щодо викидів, які можуть бути встановлені при найкращому споживанні палива. Конструкція гарантує, що викиди диму залишаються нижче межі видимості навіть у випадках екстремально низького навантаження.[2]

Концепція безпеки

На основі FMEA (аналіз режимів і наслідків відмов) були розроблені та інтегровані в систему заходи з виявлення відмов і запобігання помилкам, але тільки після успішного завершення обширних валідаційних випробувань на випробувальному стенді, які є життєво важливими для

будь-якої нової технологічної концепції.

Система CR та її концепція безпеки, як показано нижче, є максимально простими:

- Клапани впорскування знаходяться під тиском лише під час впорскування - немає небезпеки неконтрольованого впорскування, навіть якщо регулюючий клапан або клапан впорскування негерметичний.
- Компоненти високого тиску мають подвійні стінки - немає небезпеки витоку палива в разі протікання або розриву труб.

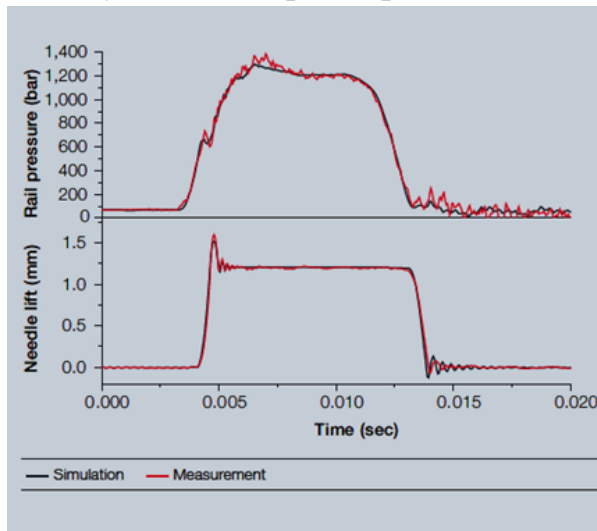


Рис. 3 Поєднання, моделювання та вимірювання

Гідравлічна оптимізація та випробування на витривалість на інжекційних випробувальних стендах

Як зазначалося вище, робота на важкому паливі є серйозним викликом для всіх систем впорскування з електронним управлінням. Тому компанія "МАН Дизель і Турбо" використовує випробувальні стенди, на яких гідравлічна оптимізація і випробування на витривалість систем впорскування CR проводяться в майже реалістичних умовах. Ці випробувальні стенди характеризуються наступними основними особливостями:"

- "Можливе встановлення комплектних систем впорскування до 10 циліндрів;"

(Рис.3): Поєднання моделювання та вимірювання

-Повністю комп'ютеризоване управління та вимірювання з можливістю проведення безпілотних випробувань на витривалість;

- "Робота з різними випробувальними паливами, особливо з реальним НФО до температури палива 150°C для випробувань на витривалість гідравлічні випробування.

Рис. 3 ілюструє порівняння між моделюванням і результатами випробувань, щоб продемонструвати і результатами випробувань, щоб продемонструвати надійну кореляцію між моделюванням і вимірюваннями. Однак моделювання не обмежувало-

ся одноциліндровими блоками. Щоб дослідити вплив різної кількості циліндрів, були створені імітаційні моделі повної CR для 10 циліндрів були підготовлені імітаційні моделі повної системи, які також варіювалися за допомогою вимірювань.

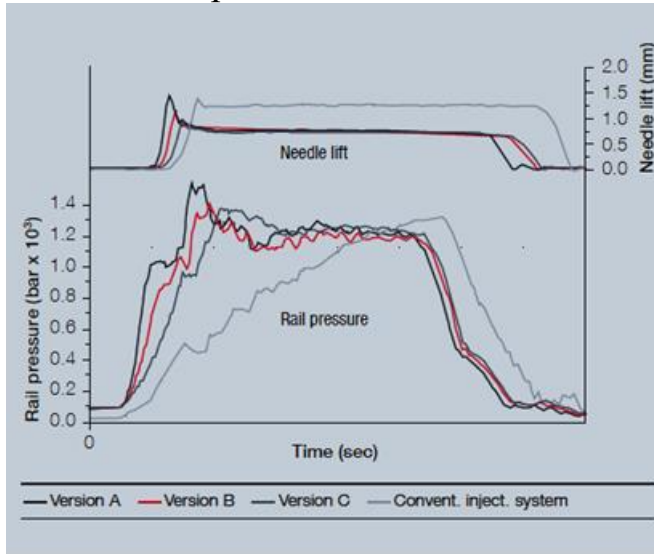


Рис.4 Підбір швидкості впорскування

На рис. 4 показано вимірний тиск перед впорскувальним клапаном для трьох різних версій регулюючого клапана в порівнянні з кривою тиску впорскування звичайної системи впорскування.

Легко помітити, що швидкість впорскування на початку впорскування, яка є найбільш важливою для утворення NOX і диму в системі MAN Diesel & Turbo CR, можна оптимізувати в широкому діапазоні, щоб привести систему впорскування у відповідність до вимог двигуна.[1]

Висновок

У доповіді було представлено перевагу системи впорскування CR, що полягає у вільному регулюванні параметрів впорскування. Конструкція системи CR з її широкими функціональними можливостями, керуючою електронікою та пристроями безпеки забезпечила продукт потенціалом для задоволення майбутніх екологічних та економічних вимог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Domenico Fratangelo. Common Rail Design & Field Experience.- MAN Diesel & Turbo86224 Augsburg.
2. <https://www.academia.edu/37244837/>

**Метрологічні характеристики вимірювальної системи на базі
комбінованого датчика тиску**

Однією із суттєвих характеристик вимірювальних систем є частотні параметри запису фіксованого процесу.

З метою визначення таких показників комбінованого датчика тиску палива на кафедрі СЕУ ОНМА розроблено методику, алгоритм та програму гармонійного аналізу за методом Фур'є.

У випадку завданням гармонійного аналізу є уявлення складного негармонічного коливання як суми гармонійних коливання, що утворюють спектр коливання. Якщо складне коливання – періодична функція із частотою $\nu = 1/T$ і з періодом T , його спектр дискретний чи лінійчастий складається з гармонійних коливань із частотами, кратними ν . Лінійчастий спектр із некрatними частотами мають майже періодичні коливання. Неперіодичні коливання мають суцільний спектр, який містить складові з різними частотами, що безперервно заповнюють деяку область частот.

Далі розглядається аналіз лише періодичних функцій.

Якщо аналізована функція є періодичною функцією $x(t)$ з періодом T , її можна подати як

$$x(t) = a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} (a_k \cos(k\omega_1 t) + b_k \sin(k\omega_1 t)) \quad (1)$$

$$\text{або } x(t) = c_0 + \sum_{k=1}^{\infty} c_k \cos(k\omega_1 t - \varphi_k), \quad (2)$$

$$\text{де } c_k = \sqrt{a_k^2 + b_k^2}, \quad \operatorname{tg} \varphi_k = \frac{a_k^2}{b_k^2}, \quad \omega_1 = \frac{2\pi}{T},$$

t -час, T -період, k - номер гармоніки,

a_k, b_k - коефіцієнти Фур'є.

Сенс формули (2) полягає в тому, що періодична функція може бути представлена сумою синусоїдальних коливань з частотами, кратними основної частоти і належним чином підібраними амплітудами c_k і початковими фазами φ_k . Формули (1) і (2) еквівалентні, відмінність лише у зручності подання та подальшого аналізу.

Знаходження коефіцієнтів a_k, b_k або c_k, φ_k є прямим перетворенням Фур'є, операція обчислення функції за відомими коефіцієнтами - зворотним перетворенням Фур'є.

Окремі складові (2) складають гармоніки. Коливання основної частоти $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$ є першою гармонікою, коливання із частотою $2\omega_1$ - другою гармонікою, і так далі. Постійні складові a_0, c_0 є середнє значення

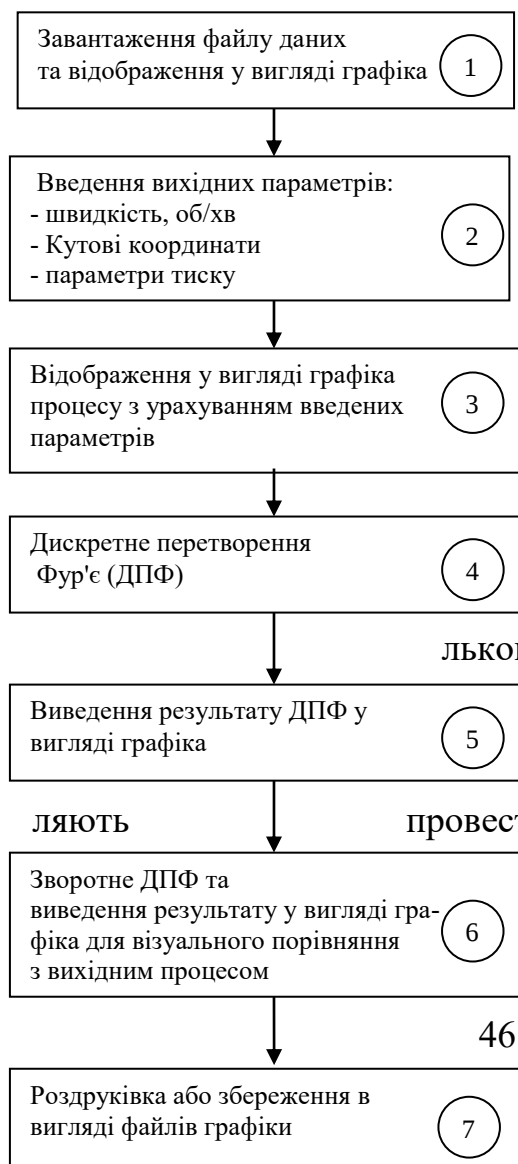
функції.

Залежність значень амплітуд s_k від частоти чи номера гармоніки називається амплітудним спектром функції, а залежність значень початкових фаз φ_k від частоти чи то від номера гармоніки називається фазовим спектром функції.

У багатьох випадках, які на практиці, вихідна функція $f(x)$ задається у вигляді таблиці або у вигляді графічної кривої. У цих випадках застосовується наближене уявлення періодичної функції $f(x)$ тригонометричними багаточленами виду

$$s_n = a_0 + \sum_{k=1}^n (a_k \cos(kx) + b_k \sin(kx)) , (3).$$

Рис.1. Блок-схема програми гармонійного аналізу



а коефіцієнти Фур'є обчислюються за допомогою наближених методів інтегрування, наприклад, з використанням формул прямокутників.

Як зазначено вище, у цій роботі ставилося завдання створення алгоритму та програми, що забезпечують обробку дослідних даних, представлених у вигляді осцилограм. Тиск палива в ТНВД записувався двома датчиками: базовим традиційної конструкції та досвідченим. Останній був поєднаний із шпилькою кріплення ТНВД.

Блок-схема програми, що реалізує описаний алгоритм, наведено на рис.1. Розроблені програмні засоби гармонійного аналізу дозволяють провести порівняння частотних характеристик у графічній формі. Таке уявлення інформації наведено на рис.2,3,4.

Розглядаються такі режими:

мінімальної частоти обертання $n = 33$ та 46 об/хв, а також $n = 248$ об/хв, близькі до номінальних оборотів.

На кожному графіку показано три криві. Дві відносяться до амплітуд частот для різних датчиків (P_n і $P_{ш}$), а третя відповідає їх різниці - $P_n - P_{ш}$.

Найбільш істотною є відмінність у параметрах на частоті обертання, що дорівнює 33 об/хв. Максимальна розбіжність відноситься до 2Гц, що відповідає гармоніці першого порядку. Починаючи з частоти $f = 10$ Гц, амплітудні значення гармонік обох датчиків незначні.

Зі збільшенням частоти обертання частотні параметри датчиків зближуються.

На наступній частоті обертання ($n = 46$ об/хв, рис.3) значної різниці немає (різниця амплітуд майже в 5 разів менша порівняно з попереднім режи-

мом). Що ж до частотного діапазону аналізованих гармонік, він розширюється зі зростанням частоти обертання. Так, якщо в першому випадку він укладається у 10 Гц, то при $n = 46$ об/хв це вже 20 Гц.

Якісно ця тенденція справедлива і третьому з аналізованих режимів ($n = 248$ об/хв, рис.4). Криві P_H та P_{SH} відрізняються незначно, змінюється

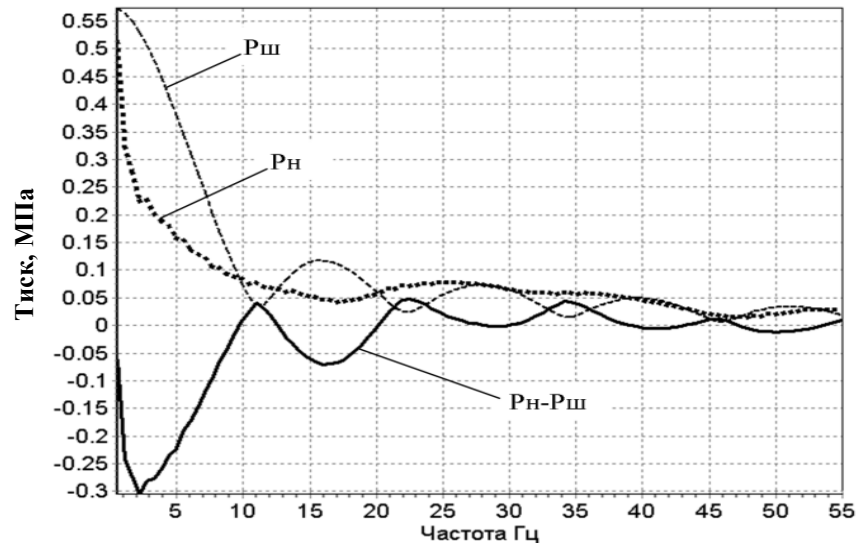


Рис.2. Порівняння частотних характеристик P_H та P_{SH} при $n=33$ об/хв

лише знак різниці. Діапазон суттєвих частот продовжує розширюватись і становить 70 Гц.

Для аналізу метрологічних особливостей запису тиску за допомогою

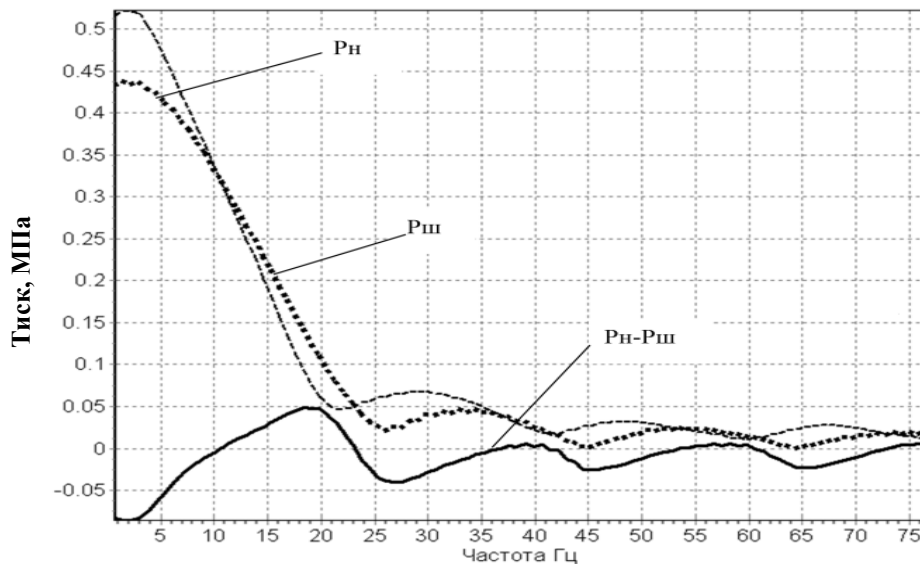


Рис.3. Порівняння частотних характеристик P_H та P_{SH} при $n=46$ об/хв

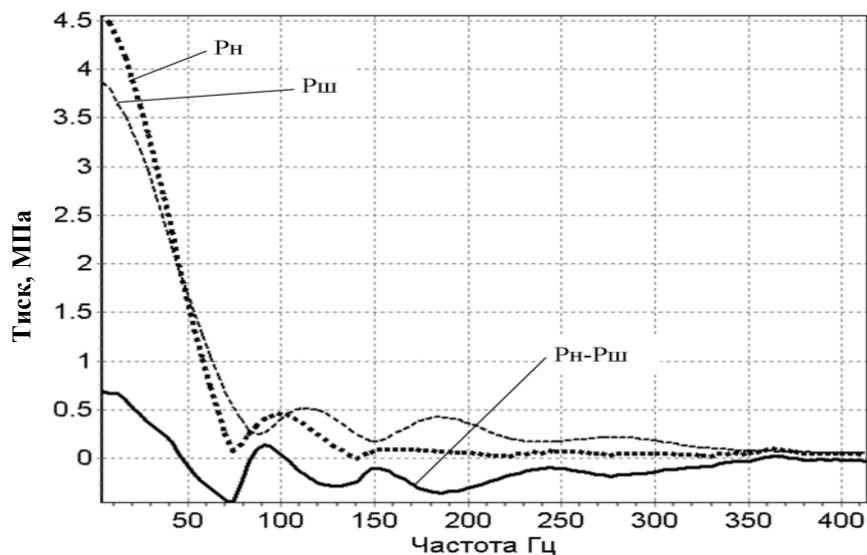


Рис.4. Порівняння частотних характеристик P_n та $P_{ш}$ при $n = 248$ об/хв

"Ш-Д" необхідно провести оцінку впливу власних коливань елементів, що беруть участь у передачі зусилля від тиску палива в ТНВД до "Ш-Д".

Логічним є викликати ці коливання незалежним джерелом за допомогою ударного навантаження.

Такий експеримент було проведено, а запис деформацій датчика подано на рис. 5.

Звертаючись до графіка своїх коливань зазначимо, що, очевидно, запис на рис. 5 є сумарною від дії тиску палива та впливу власних коливань. Характер останніх зрозумілий з рис.6.

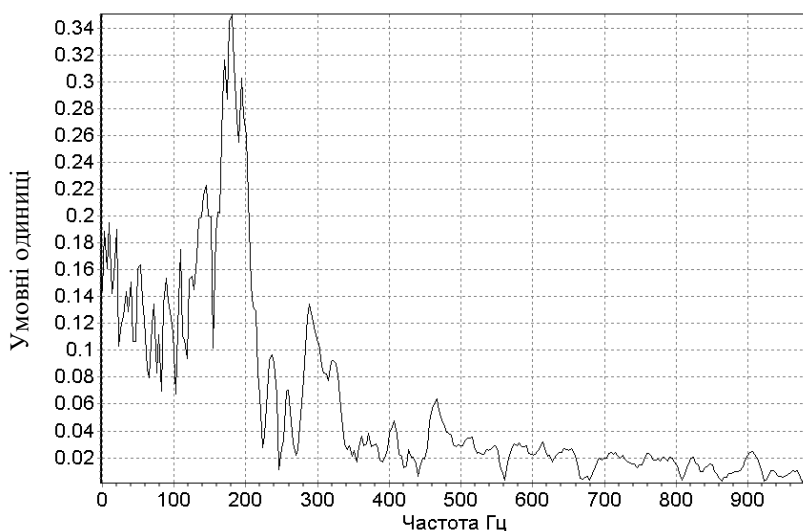


Рис.5. Частотні параметри запису своїх коливань стенду

У робочому записі не проглядається їхнього впливу, що свідчить про незначну амплітуду гармонік власних коливань.

Що стосується більш високих частот, то, крім їх незначної участі у формуванні робочого вихідного сигналу $P_{ш}$ тиску палива, слід зазначити відсут-

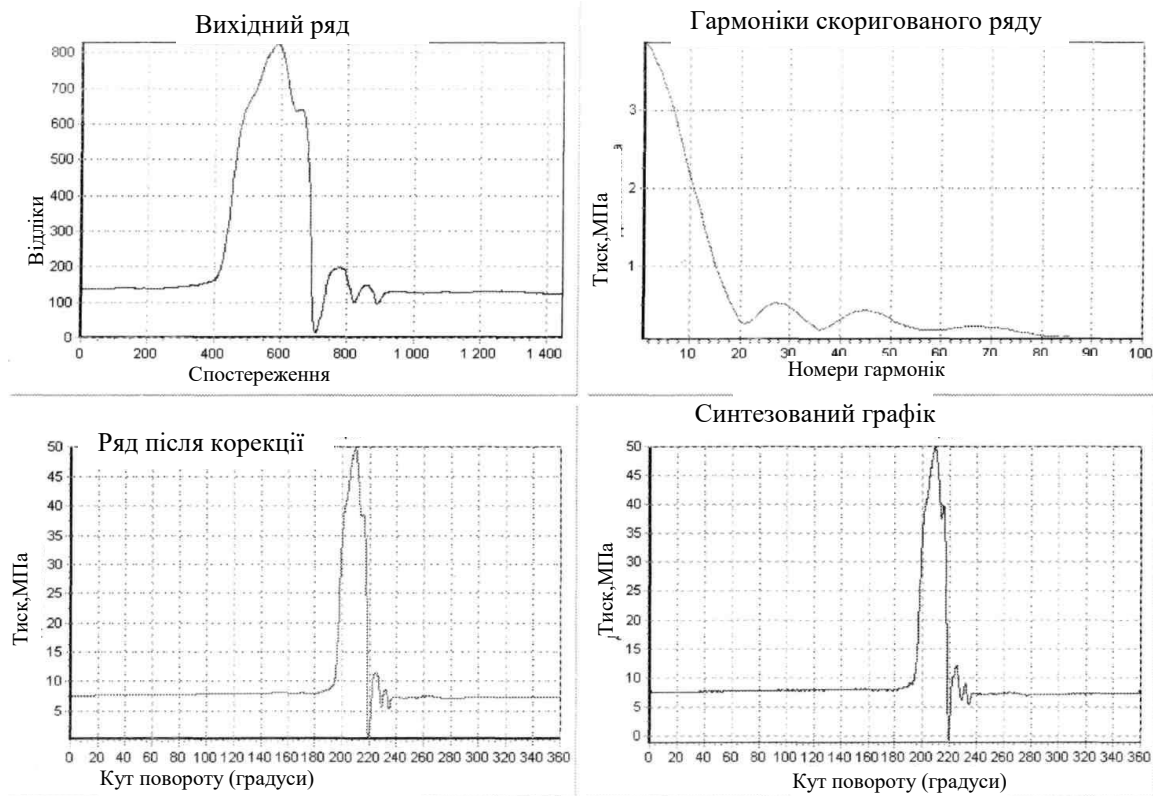


Рис.6. Гармонічний аналіз запису Рш комбінованим датчиком "Ш-Д": $n = 248$ об/хв, $m = 32$ мм

ність видимого впливу власних коливань вимірювальної системи. Це справедливо, зокрема, й у дільниці з максимальними амплітудами власних коливань $f \approx 150\text{-}200$ Гц.

Висновки

Складено методику гармонійного аналізу параметрів реєстрації процесів паливоподачі суднових дизелів системою на базі комбінованого вимірювального перетворювача.

Розроблено алгоритм та програму, що реалізують методику аналізу, проведено імітаційне моделювання метрологічних характеристик системи.

Отримано близькі частотні параметри реєстрації процесів паливоподачі базовим та комбінованим вимірювальними перетворювачами на всіх експлуатаційних режимах. Виняток становив режим дробового впорскування за межами мінімальних оборотів двигуна.

Черемісін В.І, Сапіга В.В.
Інститут Військово-Морських Сил
Національного Університету «Одеська Морська Академія»

Особливості розрахунку газообміну у суднових дизелях

Актуальність теми. Загальноновизнаним методом розрахунку основних параметрів газообміну є метод А. С. Орліна. Протягом тривалого періода його практичного використання метод не удосконалювався і, більш того, поступово спотворювався. Зараз розрахунок газообміну по цьому методу зводиться до вибору перепадів тиску у впускних та випускних органах, за якими визначаються необхідні час-перерізи та порівнюються з відповідними наявними. Ці відношення розташовані у межах 1,0-1,7 [1] чи 1,1-1,4 [2], то результати розрахунку визнають задовільними.

Ціллю роботи є знаходження перепадів тисків в органах газообміну при заданих наявних час-перерізах. У дійсності, в результаті розрахунку мають бути визначені p_n , p_r , тиск у момент відкриття впускних органів p_d , дійсний початок продувки за відомими наявними час-перерізами, чи за заданими p_n , p_r мають бути визначені необхідні час-перерізи та дорівняні до наявних. У протилежному разі розрахунок втрачає смисл. Тільки у випадку грубої помилки у призначенні p_n та p_r результат розрахунку не потрапить у діапазон, рекомендований в [1,2].

Виклад основного матеріалу. При розв'язуванні рівнянь витікання у період *випередження випуску* А. С. Орлін з метою упрощення кінцевих розрахункових формул приймає показник політропи τ розширення газу у цей період однаковим з показником адіабати k , тобто $\tau = k = 1,3$. Але ще в [3] з експериментальних даних показник τ був одержан у межах 1,36-1,65. У пізніших роботах величина τ уточнювалася та за даними А. С. Орліна [4] складала $\tau = 1,5$, в двигуні 74VTBF160 [5] $\tau = 1,36$, а за балансовим аналізом газообміну, виконаному в [6] на підставі експериментів на інших малооберткових двигунах $\tau = 1,45-1,5$.

У зв'язку з цим доцільно у розрахункові формули час-перерізу випередження випуску внести уточнення, прийнявши $\tau = 1,5$.

Час-переріз випередження випуску складається з трьох складових
- час-переріз надкритичної фази витікання

$$A_1' = - \frac{1}{m \cdot \mu_{e1} \cdot \psi_{\max} \cdot \sqrt{R \cdot T_b}} \cdot \int_1^{p_{kp}/p_b} \left(\frac{p}{p_b} \right)^{\frac{1}{2 \cdot m} - \frac{3}{2}} d \left(\frac{p}{p_b} \right) \quad (1)$$

- час-переріз подкритичної фази витікання

$$A_1'' = - \frac{1}{m \cdot \mu_{e1} \cdot \sqrt{R \cdot T_{kp}}} \int_1^{p_d/p_{kp}} \frac{1}{\psi} \cdot \left(\frac{p}{p_{kp}} \right)^{\frac{1}{2 \cdot m} - \frac{3}{2}} \cdot d \left(\frac{p}{p_{kp}} \right) \quad (2)$$

$$A_2 = - \frac{1}{\mu_{\epsilon 1} \cdot \psi_{\max} \cdot \sqrt{R \cdot T_b}} \cdot \int_{V_b}^{V_d} \frac{1}{\left(\frac{p}{p_b}\right)^{\frac{m-1}{2 \cdot m}}} \cdot \frac{dV}{V} = - \frac{1,04}{\mu_{\epsilon 1} \cdot \psi_{\max} \cdot \sqrt{R \cdot T_b}} \cdot \ln \frac{V_d}{V_b} \quad (3)$$

$$\text{У цих формулах функція витікання } \psi = \sqrt{2 \cdot \frac{k}{k-1} \cdot \left[\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k+1}{k}} \right]}$$

має максимальне значення

$$\psi_{\max} = \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot k}{k+1}}$$

де p_b, T_b - тиск та температура газу у момент відкриття випускних органів;

$p_{кр}$ - критичний тиск газу;

p_r - тиск газу за випускним клапаном;

p_d - тиск газу у циліндрі в момент відкриття випускних органів;

V_d, V_b - об'єми циліндра у момент відкриття відповідно випускних та випускних органів;

$\mu_{\epsilon 1}$ - коефіцієнт витрати випускних органів у період випередження випуску.

Підставляючи чисельні значення відомих величин в вище наведені вирази (1), (2), (3) отримуємо

$$\begin{aligned} A_1' &= \frac{V_{cp}}{\mu_{\epsilon 1} \cdot \sqrt{T_b}} \cdot \left[0,3296 \cdot \left(\frac{p_b}{p_r}\right)^{0,166} - 0,3535 \right] \\ A_1'' &= \frac{V_{cp}}{\mu_{\epsilon 1} \cdot \sqrt{T_b}} \cdot 0,0392 \cdot \left(\frac{p_b}{p_r}\right)^{0,166} \cdot \left(2,258 \cdot \frac{p_b}{p_r}\right)^{0,166} \cdot \left(2,258 \cdot \frac{p_r}{p_d} - 1,2\right) \\ A_2 &= - \frac{V_{cp}}{\mu_{\epsilon 1} \cdot \sqrt{T_b}} \cdot 0,091 \cdot \ln \frac{V_d}{V_b} \end{aligned}$$

Сумуючи всі складові, знаходимо необхідний час-переріз випередження випуску

$$A_{np} = \frac{V_{cp}}{\mu_{\epsilon 1} \cdot \sqrt{T_b}} \cdot \left[\left(0,282 + 0,088 \cdot \frac{p_r}{p_d}\right) \cdot \left(\frac{p_b}{p_r}\right)^{0,166} - 0,3535 - 0,091 \cdot \ln \frac{V_d}{V_b} \right] \quad (4)$$

Якщо виконується перевірочний розрахунок, то за відомих наявним час-перерізом випередження випуску A_{np}^p визначають тиск у циліндрі p_d ,

розв'язуючи рівняння (4) відносно $\frac{p_d}{p_r}$

$$p_d = \frac{0,088 \cdot p_r}{\left(\frac{\mu_{\epsilon 1} \cdot \sqrt{T_b}}{V_{cp}} \cdot A_{np}^p + 0,3535 + 0,091 \cdot \ln \frac{V_d}{V_b} \right) \cdot \left(\frac{p_r}{p_b}\right)^{0,166} - 0,282}$$

При трапецієподібному законі відкриття випускного клапана

$$A_{np}^p = F_{\max} \cdot \left[\frac{(\varphi_{1'} - \varphi_b)}{2} + (\varphi_d - \varphi_{1'}) \right] \cdot \frac{1}{6 \cdot n}$$

$$F_{\max} = \pi \cdot d_{кл} \cdot h'_{кл} \cdot \cos \alpha_{кл} \cdot 10^{-4}$$

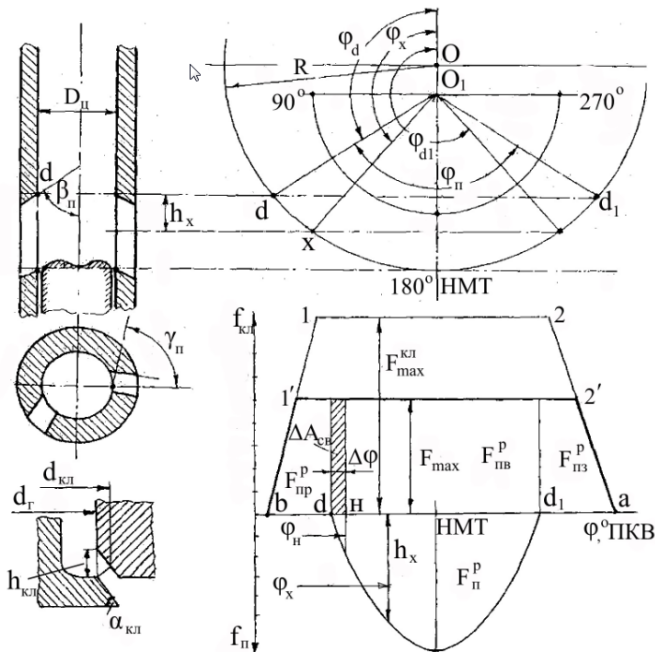


Рис. 1. Діаграма «час-переріз» ділнноходового двотактного дизеля

де $F_{\max}$ - прохідний переріз корпусу випускного клапана,
 $h'_{кл}$ - частка ходу випускного клапана, що відповідає $F_{\max}$;
 n - частота обертання колінчастого вала.

За А. С. Орліним верхня межа допустимого p_d визначається за формулою

$$\frac{p_d}{p_r} = 2,16 - \frac{0,068}{p_s} \quad (5)$$

Після відкриття впускних органів настає фаза закінчення вільного випуску.

Час-переріз закінчення вільного випуску визначається з (4) як різниця двох значень час-перерізу - одного, розрахованого при p_d , а другого, де замість p_d підставляється значення p_n .

Тоді маємо

$$\Delta A_{св} = \frac{V_d}{\mu_{с1} \cdot \sqrt{T_b}} \cdot \left[0,088 \cdot \left(\frac{p_b}{p_r} \right)^{0,166} \cdot \left(\frac{p_r}{p_n} - \frac{p_r}{p_d} \right) \right]$$

Отримане $\Delta A_{св}$ з урахуванням масштабу відкладаємо на діаграмі «час-переріз» та знаходимо кут початку продувки φ_n .

Процес продувки припускається відбуваючим при постійному перепаді тисків.

Маса повітря G_n , яка пройшла через переріз продувних вікон за цикл

$$G_n = \varphi_g \cdot G_s \cdot \eta_n$$

де φ_g - дійсний коефіцієнт надлишку продувного повітря;

G_s - маса повітря, яка могла би розміститися в об'ємі V_s при параметрах p_s, T_s ;

η_n - коефіцієнт наповнення циліндра, віднесений до повного ходу поршня.

Після простих перетворень отримуємо необхідний час-переріз продувки

$$A_n = \frac{\varphi_g \cdot V_s \cdot \eta_n}{\mu_n \cdot \psi_n \cdot \sqrt{R \cdot T_s}} \quad (6)$$

Повний наявний час-переріз продувки можна визначити аналітично

$$A_n^p = \frac{30 \cdot \beta \cdot D_y \cdot S}{n} \left[\left(2 \cdot \psi_s + \frac{\lambda_{uu}}{4} - 1 \right) \cdot \left(\pi - \frac{\varphi_d}{57,3} \right) + \sin \varphi_d + \frac{\lambda_{uu}}{8} \cdot \sin 2\varphi_d \right]$$

Втрату наявного час-перерізу продувки з-за закінчення вільного випуску знайдемо за формулою

$$\Delta A_n = \frac{30 \cdot \beta \cdot D_y \cdot S}{2 \cdot n} \times \left[\left(2 \cdot \psi_s + \frac{\lambda_{uu}}{4} - 1 \right) \cdot \frac{\Delta \varphi}{57,3} + (\sin \varphi_d - \sin \varphi_n) + \frac{\lambda_{uu}}{8} \cdot (\sin 2\varphi_d - \sin 2\varphi_n) \right]$$

Виправлений час-переріз продувки

$$A_{n1}^p = 0,5 \cdot \left(A_n^p + \frac{30 \cdot \beta \cdot D_y \cdot S}{n} \cdot \left[\left(2 \cdot \psi_s + \frac{\lambda_{uu}}{4} - 1 \right) \cdot \left(\pi - \frac{\varphi_n}{57,3} \right) + \sin \varphi_n + \frac{\lambda_{uu}}{8} \cdot \sin 2\varphi_n \right] \right)$$

Маючи A_{n1}^p , дорівнюємо його до A_n в формулі (6) та розв'язуємо її відносно ψ_n

$$\psi_n = \frac{\varphi_g \cdot V_s \cdot \eta_n}{\mu_n \cdot A_{n1}^p \cdot \sqrt{R \cdot T_s}}$$

За значенням ψ_n за допомогою графіків функції витікання знаходимо перепад тиску $\beta_n = \frac{p_n}{p_s}$ звідки знаходимо тиск p_n .

Велика перевага прямого методу визначення перепаду тисків за відношенням β_n складається в тому, що у великому інтервалі $\Delta \varphi$ з-за помилок у заданні коефіцієнту витрат μ_n чи коефіцієнту надлишку повітря на продувку φ_g інтервал β_n виявляється у багато разів менше та рішення буде достатньо сталим у всім можливим діапазоні зміни ψ_n .

Примушений випуск визначається за тим же диференціальним рівнянням, що і процес продувки, тому необхідний час-переріз примушеного випуску

$$A_{n\epsilon} = \frac{G_{n\epsilon}}{\mu_\epsilon \cdot \psi_\epsilon \cdot \sqrt{\frac{p_n}{V_n}}} \quad (7)$$

де $G_{n\epsilon}$ - маса газу, яка проходить крізь переріз випускних органів від моменту початку продувки до закриття продувних вікон;

ψ_ϵ - функція витікання газу з циліндра за той же час;

p_n, V_n - тиск та об'єм газу у циліндрі за період примушеного випуску

$$G_{n\epsilon} = G_n - G_0 = \frac{3484 \cdot p_s \cdot V_s \cdot \phi_g \cdot \eta_n}{T_s} - G_0$$

У процесі примушеного випуску температура суміші у циліндрі падає та її середнє значення А. С. Орлін пропонував визначити за формулою

$$T_{cp} = \frac{T_n - T_a}{\ln \frac{T_n}{T_a}}$$

Замінюючи у (7) V_n з рівняння стану, дістанемо

$$A_{n\epsilon} = \frac{G_{n\epsilon} \cdot \sqrt{R \cdot T_{cp}} \cdot 10^{-6}}{\mu_{\epsilon} \cdot \psi_{\epsilon} \cdot p_n} \quad (8)$$

Наявний час-переріз примушеного випуску з врахуванням втрати на вільний випуск та фазу втрати заряду визначається за діаграмою «час-переріз» двигуна, а для сучасних двигунів з трапецієподібною формою діаграми відкриття випускного клапана $A_{n\epsilon}^p$ можна обчислювати за формулою

$$A_{n\epsilon}^p = F_{\max} \cdot (\phi_{d1} - \phi_n) \cdot \frac{1}{6 \cdot n}$$

Розв'язуючи (8) відносно ψ_{ϵ} знаходимо β_{ϵ} , звідки тиск газу за циліндром

$$p_r = \beta_{\epsilon} \cdot p_n$$

Для розрахунку фази *втрати заряду* необхідно за діаграмою «час-переріз» знайти наявний час-переріз втрати заряду A_{n3}^p

$$A_{n3}^p = F_{\max} \cdot [\phi_{2'} - \phi_{d1} + 0,5 \cdot (\phi_a - \phi_{2'})] \cdot \frac{1}{6 \cdot n}$$

тоді втрата заряду

$$G_{n3} = \mu_{\epsilon1} \cdot \psi_{\epsilon} \cdot A_{n3}^p \cdot \frac{p_n \cdot 10^6}{\sqrt{287 \cdot T_a}}$$

Маса заряду у момент закриття випускних органів

$$G_a = G_{d1} - G_{n3} = \frac{p_n \cdot V_{d1}}{R \cdot T_a} - G_{n3}$$

а частка втраченого заряду

$$\delta G_{n3} = \frac{G_{n3} \cdot 10^{-6}}{p_n \cdot V_d} \cdot R \cdot T_a = \frac{G_{n3}}{G_{d1}}$$

Коефіцієнт наповнення циліндра, віднесений до повного ходу поршня

$$\eta_n = \frac{G_a}{G_s} = \frac{G_a \cdot 10^{-6}}{p_s \cdot V_s} \cdot R \cdot T_s$$

где G_s - маса можливого заряду повітря в об'ємі V_s .

Висновки. У запропанованому методі *розрахунку газообміну* остаточними результатами є не тільки тиск в циліндрі в період змушеного випуску і продування але і тиск за циліндром, визначення втрати заряду повітря в двотактних двигунах і дозарядки циліндра повітрям - в чотиритактних, а також визначення якісних показників газообміну - коефіцієнта залишкових газів при продуванні камери згоряння чотиритактних двигунів і коефіцієнта наповнення

циліндра повітрям з врахуванням втрати ходу поршня на лінії стискування по балансу маси газу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Петровский Н.В. Судовые ДВС и их эксплуатация. - М.: Транспорт, 1966, 504 с.
2. Танатар Д.Б. Современные мощные судовые дизели. - Л.: Морской транспорт, 1958, 184 с.
3. Глаголев Н.М. Рабочие процессы двигателей внутреннего сгорания. - К.-М.: Машгиз, 1950. - 480 с.
4. Орлин А. С. Процессы выхлопа и продувки в двухтактных быстроходных двигателях. — М.: Оборонгиз, 1940, 98 с.
5. Судовые малооборотные дизели с турбонаддувом/ Под ред. Н.Н. Иванченко. - Л.: Судостроение, 1967, 408 с.
6. Камкин С.В. Газообмен и наддув судовых дизелей. - Л.: Судостроение, 1972. - 200 с.

ІНЖЕНЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА ПРОФЕСІЙНОЇ БЕЗПЕКИ НА МОРІ

УДК 621.43.068.4 (045)

Парменова Д. Г., Колегаєв М. О., Кулешов І. М.
Національний університет «Одеська морська академія»

Особливості впровадження заходів щодо скорочення викидів парникових газів з суден

Зменшення викидів діоксиду вуглецю на даний час є одним з найважливіших питань Міжнародної морської організації. Стратегічний план, складений у 2018 році, передбачає скорочення викидів з суден CO₂ до 2030 року не менш ніж на 40% порівняно з 2008 роком [1]. Для досягнення цієї мети, Початковою стратегією заплановані короткострокові заходи з 2018 по 2023 роки були втілені у вигляді посилення вимог до суден в Главі 4 Додатку VI Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню з суден 1973 року, зміненої протоколом 1978 року до неї (МАРПОЛ 73/78). Після перегляду ця глава змінила назву на «Правила з вуглецевої місткості міжнародного судноплавства» замість попередньої – «Правила енергоефективності для суден» [2].

Внесені до Додатку VI зміни, набули чинності 01.11.2022 року та суттєво вплинули на підходи щодо звітності та контролю всіх суден 400 рег. тонн та більше відносно викидів діоксиду вуглецю, тобто такі судна тепер мають у судовій документації надавати результати розрахунків фактичного коефіцієнту енергоефективності існуючого судна (Attained EEXI), який порівнюється із потрібним значенням (Required EEXI), та, для виконання вимог, має бути меншим за нього. Крім того, судна 5000 рег. тонн, до яких застосовується Правило 28 Додатку VI, починаючи з 01.01.2023 року мають щорічно розраховувати значення фактичного річного експлуатаційного показника експлуатаційної вуглецевої місткості (CII) за календарний рік [2], значення якого слугує мірою оцінювання судна для визначення його рейтингу експлуатаційної вуглецевої місткості (Operational Carbon Intensity Rating).

Серед п'яти рейтингових рівнів, найгіршим для судна є набуття рейтингу E в одному календарному році або рейтингу D протягом трьох років поспіль [3], що свідчить про те, що для судна мають бути заплановані та запроваджені дієві технічні та / або експлуатаційні заходи, які дозволять покращити його рейтинг. План таких заходів відображується у Плані управління енергоефективністю судна (ПУЕС) в Частині III – Судновий план щодо експлуатаційної вуглецевої місткості судна. Серед найкращих та дієвих заходів, які пропонуються в [4]:

- перехід судна на низьковуглецеві / альтернативні види палива;
- очищення підводної частини корпусу судна для зменшення його опору;
- оптимізація швидкості та прокладання маршруту;
- економія електричної енергії на судні;
- використання на судні допоміжних відновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова тощо).

Всі з вищезазначених заходів мають на меті зменшити або виключити витрату високо вуглецевих видів палива, оскільки розрахункове значення фактичного річного експлуатаційного показника експлуатаційної вуглецевої місткості (CII) безпосередньо залежить від кількості витраченого палива (FC_j), виду палива (CF_j), пройденої відстані (D_t), вантажомісткості та типу судна ($Capacity$) [5]:

$$Attained\ CII_{ship} = \frac{\sum_{j=1}^n (FC_j \times CF_j)}{Capacity \times D_t}$$

Можна передбачити, що для достатньо великої кількості суден, визначення рейтингу будуть мати рівні D або E, особливо це стосується суден, які не є новими за визначенням для цілей глави 4 Додатку VI (нове судно – контракт на будівництво / киль якого було укладено / закладено 01.01.2013 року або пізніше; або постачання якого було здійснюється 01.07.2015 року або після цієї дати) [2]. Для деяких суден, на яких неможливо уникнути витрати великої кількості електричної енергії, вже передбачені тимчасові заходи у вигляді застосування рейсових коригувань, які полягають в тому, що при розрахунку значення фактичного CII віднімається частина витраченого палива та частина пройденої відстані, яка їй відповідає, за певний період за умови додержання певних граничних критеріїв [6].

Таке коригування при розрахунку фактичного річного показника експлуатаційної вуглецевої місткості (CII_{ship}) можуть використовуватися судна, що перевозять рефрижераторні контейнери; газозовози та судна для перевезення зрідженого природного газу, що обладнані електричними системами охолодження вантажу або установками повторного зрідження; танкери, оскільки на них йде витрата електричної енергії на роботу вантажних насосів та підігрів вантажу.

Для власників інших суден, що мають низький рейтинг, до яких такі поправки незастосовні, не будуть мати можливості зменшити свої показники витрати палива за рахунок рейсових коригувань. І для них буде дуже важливим запланувати оптимально ефективні заходи для своїх суден, щоб протягом року (трьох) покращити свій рейтинг. Виникає питання щодо того, яким чином можна визначити, що на конкретному судні найбільш суттєво впливає на витрату палива та які заходи в кожному конкретному випадку будуть більш ефективними.

Враховуючи, що ефективність, запроваджених до 2023 року включно, заходів по декарбонізації морського судноплавства, має бути оцінена к 01.01.2026 року, і кожне судно 5000 рег. тонн має бути проконтрольоване державою прапору та отримати «Акт про відповідність – надання даних щодо витрати суднового палива та рейтинг експлуатаційної вуглецевої місткості» відповідно **правилу 8.3** Додатку VI МАРПОЛ 73/78 [2,7], то зрозуміло, що попереду будуть передбачені заходи, які призведуть до негативних наслідків для суден тих держав, які не зможуть забезпечити виконання вимог щодо зниження викидів діоксиду вуглецю. Таким чином, для суден, які не мають можливості перейти на низьковуглецеві види палива, потребують певних рекомендацій щодо підбору ефективних заходів для підвищення рейтингу експлуатаційної вуглецевої місткості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Резолюція МЕРС.304(72) Початкова стратегія ІМО щодо скорочення викидів парникових газів з суден (прийнята 13 квітня 2018 року).
2. Resolution МЕРС.328(76) Amendments to the Annex of the Protocol of 1997 to amend the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as Modified by the Protocol of 1978 Relating Thereto. 2021 Revised MARPOL Annex VI (adopted on 17 June 2021).
3. Resolution МЕРС.354(78) 2022 Guidelines on the operational carbon intensity rating of ships (CII rating guidelines, G4) (adopted on 10 June 2022).
4. Resolution МЕРС.346(78) 2022 Guidelines for the development of a ship energy efficiency management plan (SEEMP) (adopted on 10 June 2022)
5. Resolution МЕРС.352(78) 2022 Guidelines on operational carbon intensity indicators and the calculation methods (CII guidelines, G1) (adopted on 10 June 2022).
6. Resolution МЕРС.355(78) 2022 Interim guidelines on correction factors and voyage adjustments for CII calculations (CII rating guidelines, G5) (adopted on 10 June 2022).
7. Resolution МЕРС.348(78) 2022 Guidelines for administration verification of ship fuel oil consumption data and operational carbon intensity (adopted on 10 June 2022).

Парменова¹Д.Г., Бондар²С.А.

¹Національний університет «Одеська морська академія»

²Морехідний фаховий коледж ім. О. І. Маринеска
Національного університету «Одеська морська академія»

Гендерна рівність у сфері торгового судноплавства та забезпечення безпеки

Жінки все частіше обирають професії, які традиційно вважаються чоловічими. З недавнього часу торгове судноплавство перестало бути винятком. Проте, як вважають експерти, небагато жінок ризикують своєю флотськими спеціальностями.

В даний час простежується тенденція залучення жінок на флот, у тому числі на офіцерські посади. Міжнародна морська організація (ІМО) та Міжнародна федерація транспортників (ІТФ) навіть закликають судновласників залучати жінок до роботи як членів екіпажу. Проблемами, пов'язаними із забезпеченням рівних можливостей для чоловіків та жінок у сфері мореплавства, вже давно опікуються міжнародні організації, що займаються розробкою та впровадженням стандартів професійної підготовки та організації праці моряків. У Доповіді Генерального директора Міжнародної організації праці (International Labour Organization, ILO) про розвиток ситуації в секторі морського судноплавства 2005 року зазначалося, що у світовому торговельному флоті кількість жінок серед моряків є незначною, а їх розподіл нерівномірний, причому кількість жінок з промислово розвинутих держав значно перевищує кількість жінок з країн, що розвиваються.

В результаті проведення у 2010 році Дипломатичної конференції ІМО були схвалені Манільські поправки до Конвенції та Кодексу про стандарти підготовки, дипломування моряків та несення вахти 1978 р. Крім поправок було схвалено також 19 резолюцій, одну з яких присвячено жіночій праці в морі - Резолюція 14 про сприяння участі жінок в морській галузі. Цією Резолюцією ІМО запропонувала урядам приділяти особливої уваги питанню забезпечення рівного доступу чоловіків та жінок до роботи у всіх секторах морської галузі; надавати велике значення ролі жінок в морській професії і сприяти їх більш широкій участі в морській підготовці та роботі на всіх рівнях в морській галузі. Також ІМО було запропоновано урядам в зазначеній галузі: прагнути до розгляду шляхів виявлення та подолання на міжнародному рівні існуючих обмежень, таких як відсутність засобів для жінок на навчальних судах, з тим щоб жінки могли повністю і безперешкодно брати участь у морській діяльності; підтримати забезпечення можливостей навчання за місцем роботи, з тим, щоб жінки могли набувати досвіду відповідного рівня, необхідного для підвищення професійних морських навичок. Так Асамблея ІМО в ході своєї 32-ої сесії, яка проходила з 8 по 12 листопада 2021 року прийняла рішення заснувати Міжнародний жіночий день в морській галузі (International Day for Women in Maritime), який вперше був відсвяткований 18 травня 2022 року.[1, 2]

На 31 сесій Асамблеї Міжнародної морської організації (ІМО) була прийнята ще одна резолюція за номером 1147(31), в якій ІМО звернулася до урядів та морських адміністрацій щодо забезпечення можливостей для нарощування потенціалу жінок, зайнятих у морській сфері, вживання заходів до створення для них безбар'єрного та безпечного середовища у морській сфері, сприяти постійному виявленню та подоланню перешкод, що пов'язані з найманням персоналу, професійною підготовкою, технічним співробітництвом та посадовим зростанням, з тим щоб всі жінки могли повною мірою, безпечно і безперешкодно брати участь у діяльності морського співтовариства, включаючи морське судноплавство та суднобудування[3].

Для того, щоб поліпшити ситуацію у сфері забезпечення рівності можливостей та ставлення відносно доступу до робочих місць, судноплавні компанії мають проводити політику рівних можливостей, що забороняє дискримінацію жінок, які претендують на вакантні місця, включаючи здійснення заходів щодо усунення дискримінаційних вимог, що висувуються систематично, та які можуть призвести до виключення жінок з усіх або окремих посад [4].

Незважаючи на те, що міжнародні організації закликають до дотримання гендерної рівності у морській галузі, досі присутня дискримінація жінок, залучених до роботи у морській галузі.

За статистичними даними Міжнародної морської організації (ІМО) в різних галузях судноплавства жінки займають 29% робочих місць, з них на судах працюють 2%, а саме, за даними звіту про стан ринку морських кадрів, підготовлений Балтійською та Міжнародною морською радою та Міжнародною палатою судноплавства, на сьогоднішній день у галузі серед світової загальної кількості 1,89 млн. моряків приблизно 24 059 жінок. Серед них – 7 289 офіцерів, решта – члени рядового складу[5]. В основному жінки працюють на круїзних судах та на поромах під зручним прапором. При цьому, 6% від загальної кількості жінок на флоті ходять на вантажних судах, у тому числі на танкерах та газовозах.

Вступивши на роботу, жінки-моряки стикаються з тим, що їм платять нижчу заробітну плату (у порівнянні із чоловіками приблизно на 40% менше)[6,7], незважаючи на те, що вони виконують аналогічну роботу. Жінка в морі може зіткнутися також із сексуальними домаганнями та навіть насильством, що теж впливає на їх низьку чисельність на судах.

Не зважаючи на все вищезазначене, за даними, наведеними в звіті BIMCO Seafarer Workforce Report 2021, в останні п'ять років кількість дипломованих жінок, які пройшли сертифікацію відповідно до Міжнародної конвенції ПДНВ, збільшилася майже вдвічі. Таке зростання свідчить, що підвищилася підтримка різних кампаній із залучення жінок до галузі[5], а також й сучасне зниження фізичних навантажень, підвищення комфортності та безпеки на морських судах вплинуло на формування групи ергономічних умов фемінізації професії моряка.

Однак, коли мова йде про підбір кадрів для роботи на судах, то питання аварійності та підготовки кваліфікованих кадрів флоту виходить на перше місце, оскільки безпека безсумнівно пов'язана з людським фактором. Тим часом

людський фактор – це складна, багатовекторна характеристика, яка до того ж не є стабільною, а схильна до флуктуацій. Флуктуації (від латин. fluctuation – коливання) – випадкові відхилення будь-яких величин від своїх середніх значень, що залежить від випадкових факторів. У системі «людина – судно» психіка людини схильна до більш істотних флуктуацій, ніж технічний стан судна. Звідси й такий високий відсоток аварійності через людський чинник як наслідок ухвалення неправильних управлінських рішень. Враховуючи це, для подальшого просування жінки на флот, у судноплавних компаній та у жінок, які хочуть обрати роботу на морському флоті, має бути чітке уявлення, сформоване на результатах дослідження, щодо виправданості цього вибору з позиції особливостей того, що чоловіча та жіноча психіка формується по різному.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. International Day for Women in Maritime will be observed on 18 May every year. Сайт ІМО.
URL: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/A32WomenInMaritimeDay2021.aspx>
2. Resolution A.1170 (32) International day for women in maritime. Adopted on 9 December 2021.
3. Resolution A.1147 (31) Preserving the legacy of the world maritime theme for 2019 and achieving a barrier-free working environment for women in the maritime sector. Adopted on December 4, 2019.
4. Гаверський В. В. Гендерна рівність у світовому мореплавстві: правові та організаційні основи забезпечення / В. В. Гаверський // Lexportus. - 2017. - №4. - С.154-161. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/LP_2017_4_18.
5. Центр транспортних стратегій. За последние 5 лет вдвое увеличилось число дипломированных женщин моряков. URL: cfts.org.ua/news/2021/10/11.
6. SeafarerNews | Работающим в судоходстве женщинам платят существенно меньше, чем мужчинам. Сайт Seafarer Journal. URL: https://seafarer.news/p/1292/?tg_rhash=63adfb31996a49.
7. Консультаційна компанія Spinnaker Global URL: <https://spinnaker-global.com>.

Екологічні аспекти транспортування пилоутворюючих вантажів

Вступ. За останні роки значно змінилися обсяг, номенклатура і склад небезпечних вантажів, шкідливих і небезпечних летких компонентів, які мігрують в навколишнє середовище і викликають забруднення повітря робочих місць і місць проживання населення. Практично відсутні дані про механізми пилоутворення, динаміку міграції пилу, парів і газів у виробничій та житловій зонах припортових міст в період перевезення, складування, зберігання і перевантаження величезних суднових партій вантажів і проявів в цей період санітарно-гігієнічних і токсичних властивостей небезпечних компонентів, а їх комбінована дія залишаються не вивченою. Відсутні дані еколого-гігієнічної оцінки використання сучасних ефективних способів безводного пилопригнічення при перевантажувальних роботах із пиловими навалювальними вантажами із застосуванням українських та зарубіжних пилосв'язуючих реагентів.

Актуальність теми. Основну масу вантажів, що транспортуються, складають навалювальні та насипні пилоутворюючі та фуміговані вантажі, що представляють відомий ризик шкідливого і небезпечного впливу токсичного аерозолі та сорбованих паро-газових сумішей на організм персоналу, учасників транспортного процесу (залізничників, автомобілістів, докерів і членів екіпажів морських і річкових суден), і створюють санітарно-епідеміологічну напруженість місць проживання жителів прилеглих до транспортних вузлів міст та селищ. Велику проблему для екіпажів морських і річкових суден створює особливий вид фумігованих фосфіном зернових і сільськогосподарських вантажів, перевезення яких пов'язано з масовими отруєннями зі смертельним результатом українських моряків.

Постановка задачі. Проаналізувати сучасну інформацію що до особливостей пилоутворення при транспортуванні пилоутворюючих вантажів.

Результати досліджень. В сучасних соціально-економічних умовах набувають значної актуальності питання еколого-гігієнічної безпеки при транспортуванні небезпечних хімічних вантажів через морські порти України. До недавнього часу, за офіційними даними в останні роки спостерігалась стійка динаміка збільшення вантажообігу при морських перевезеннях. Чорноморськими портами перероблюється 75% від загального обсягу вантажів, з яких на Одеський, Чорноморський і Южний порти припадало близько 80%. Значну частку у вантажообігу цих портів складають небезпечні насипні вантажі [13].

З огляду на розширення номенклатури небезпечних вантажів, існуюча нормативна база, що регулює їх перевезення і переробку в морських портах, базуються на положеннях статей 10-17, 23 і 24 Закону України «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», постанови Кабінету Міністрів «Про затвердження Положення про гігієнічну регламентацію та державну реєстрацію небезпечних факторів», якими передбачено здійснення

заходів по дієвому гігієнічному контролю насамперед за шкідливими і небезпечними чинниками з метою обмеження інтенсивності або тривалості їх дії шляхом встановлення безпечних рівнів у виробничій зоні та довкіллю, а також зниження ступеню впливу на здоров'я населення. Цьому завданню сприяє також Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» [1-5]. Нормативно-правова база України в сфері поводження з небезпечними вантажами має складну ієрархічну структуру, яка включає державні стандарти України: ДСТУ 4500-1:2008 «Вантажі небезпечні. Терміни та визначення понять», 2008 р.; ДСТУ 4500-4:2006 «Вантажі небезпечні. Методи випробувань», 2006 р.; ДСТУ 4500-3:2008 «Вантажі небезпечні. Класифікація», 2008 р.).

Основним нормативно-правовим документом, який визначає об'єкти поводження з небезпечними вантажами під час їх перевезення залізничним, морським, автомобільним, авіаційним видами транспорту, суб'єкти, їх права та обов'язки, компетентні органи і сфери їх компетентності - є Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів». Положеннями цього закону також регламентується використання інших нормативно-правових актів, якщо це не суперечить цьому закону. Також розроблено і введено в дію ряд державних стандартів України, які визначають термінологію, порядок класифікації, маркування та інші принципові питання у сфері поводження з небезпечними вантажами [6]. Крім того, в Україні працює цілий ряд галузевих регламентів у сфері перевезення небезпечних вантажів різними видами міжнародного транспорту і національного зразку, розроблених на основі рекомендацій Експертів ООН з перевезення небезпечних вантажів [7].

Серед категорії небезпечних вантажів особливе місце займають пилоутворюючі навалювальні та фуміговані вантажі. Виділення цих вантажів в окремі категорії пояснюється декількома причинами: великий вантажообіг пилоутворюючих навалювальних вантажів. Так, за даними журналу «Порти України», щорічно в морських і річкових портах України перевантажувалось понад 120 млн. тонн навалювальних і насипних пилоутворюючих вантажів, які доставляються залізницею і автомобільним транспортом [8].

Разом з навалювальними і насипними пилоутворюючими вантажами, що надходять, у порти потрапляють сотні тисяч тонн пилу - не тільки видимої, але і незримої, так званої «вітаючої», а з нею - пари і гази, що осіли на пилинках, шкідливих для здоров'я людей, що живуть недалеко від портів [9]. В залежності від фізико-хімічних властивостей вантажів і технології перевантажувальних робіт при проведенні вантажних операцій, в повітря надходить значна кількість пилу, в тому числі найбільш небезпечного - той що «вітає», дрібнодисперсної фракції, яка вітровими потоками може мігрувати на великі (350 і більше метрів) відстані далеко за межі порту, забруднюючи атмосферне повітря припортових міст. Це є фактором ризику виникнення у населення захворювань пилової етіології (легень, слизових оболонок, шкірних покривів і алергічних проявів) [10].

Потенційна екологічна небезпека, яка витікає від пилоутворюючих вантажів, починається від українського кордону. Зазвичай доставляються в напіввідкритих вагонах такі навалювальні вантажі, як вугілля, сірка грудкова, міне-

ральні руди, залізорудні концентрати, при русі поїзда на відрізок шляху приблизно 500 км втрачають до 10% своєї ваги за рахунок вивітрювання пилу. Вона забруднює не тільки ландшафт, але і осідає на територіях залізничних станцій, сіл і міст. Крім цього, пил деяких вантажів, що транспортуються, наприклад, сірки, таїть небезпеку загоряння в процесі руху поїзда. Екологічна ситуація, спричинена пилом, що вітає, різко загострюється в кінцевих пунктах доставки – у портах. Грейферне перевантаження сірки, приміром, може супроводжуватися навіть вибухами сірчаного пилу в суднових трюмах. Подібні випадки відбувалися в українських портах, де спостерігалася стихійна міграція пилу при прямуюванні через місто. Його хмари містили високотоксичні гази сірководню, сірчистого та чадного газів. До небезпечних вантажів, які пилять, слід додати ще зернові, а також макуху, шроти, висівки гранульовані. Взагалі ж пилоутворюючі вантажі небезпечні на будь-якому технологічному етапі перевалки. Поширення пилу за межі санітарної зони та попадання в житлові будинки поблизу портів є справжньою бідой.

Багатолітні дослідження показали, що вітаючий пил негативно впливає на слизисті оболонки очей, порожнину рота, шкірний покрив, а головне, на дихальну систему. Пилові хмари можуть займати за обсягом десятки тисяч кубометрів і переміщатися на великі відстані. Тому вирішення еколого-гігієнічних проблем, пов'язаних з переробкою небезпечних вантажів у загальнонаціональному (державному) масштабі, традиційним витратним механізмом переважної більшості видів еколого-гігієнічної діяльності. За останнє десятиріччя ЕК/ООН і ЕБ/ВООЗ було випущено більш ніж 85 документів, які повинні сприяти вирішенню проблеми «Транспорт - навколишнє середовище - здоров'я населення». Порти як транспортні підприємства з перевантаження широкої номенклатури пилоутворюючих вантажів з одного виду транспорту на інший, їх складування та тимчасове зберігання, чинять негативний вплив на виробниче середовище і селітебну зону довколишніх населених місць. При цьому відбувається інтенсивне пилоутворення, що створює потенційну загрозу здоров'ю людей, може призводити до загибелі рослин на прилеглих територіях, гідробіонтів - внаслідок забруднення акваторії портів.

Ступінь небезпеки несприятливої дії пилу на організм визначається в основному концентрацією пилу в повітрі і її дисперсністю. Певну роль відіграють вище описані фізико-хімічні властивості пилу, тому їх також слід враховувати при гігієнічній оцінці пилової забрудненості повітря - запиленості.

Хімічний склад пилу визначає біологічну дію її на організм. За хімічним складом пил ділять на дві основні групи: токсичні і нетоксичні. Перші при попаданні в організм викликають гостре або хронічне отруєння, другі не викликають отруєння організму навіть при великих концентрації і при необмеженому строку дії.

Біологічна дія токсичного пилу знаходиться в тісному зв'язку з її розчинністю. Добре розчинні пили, потрапивши в організм, розчиняються в слизі і в інших біологічних середовищах (крові, лімфі) і в розчиненому вигляді швидко і в більшій ступені всмоктуються і поширюються по всьому організму, надаючи токсичну дію. За даними комітету експертів Всесвітньої організації

охорони здоров'я (ВООЗ), з численних забруднюючих речовин, що надходять в атмосферу, основними є: зважені частинки - аерозолі різного складу, потім сірчисті сполуки, оксиди азоту, оксид вуглецю і оксиди. Особливе значення пилу та інших зважених часток визначається тим, що вони забруднюють атмосферу не тільки в результаті прямих викидів, але більшою мірою в результаті різних перетворень газоподібних речовин, що викидаються в атмосферу.

Загальна кількість зважених часток, що надходять в атмосферу в результаті різноманітної діяльності людини, за даними експертів Європейської економічної комісії, стає порівнянним з кількістю забруднення природного походження.

Загальні принципи профілактики впливу пилу на організм людини:

1. Дотримання санітарних норм и правил.
2. Зменшення шкідливості факторів на підприємстві: а) волога обробка приміщень; б) автоматизація и механізація ручних процесів; в) герметизація и укриття устаткування, транспортних засобів; г) витяжна вентиляція.

3. Зменшення на шляхах поширення (споруджуються спеціальні завіси, екрани).

4. Зменшення впливу на робочих місцях (окуляри, респіратори, спецодяг, протигази).

5. Медичні заходи: Неприймання на підприємства жінок і юнаків до 18 років. Обов'язковим є проведення періодичних медичних оглядів 2 рази на рік або 1 раз на 2 роки в залежності від потенційної небезпеки виробництва.

Висновки: Зростання світового промислового виробництва, збільшення потреби в сировині і продукції сільського господарства, перерозподіл частки експорту та імпорту в торговому балансі ряду країн призводять до зростання перевезення вантажів морським транспортом. Значний обсяг у цих перевезеннях займають навалювальні та насипні вантажі. Забруднення повітря при проведенні вантажних операцій у морських і річкових портах спостерігається на всіх технологічних етапах поводження з вантажем: вивантаження, складування, зберігання і навантаження на судна, у залізничні вагони і автотранспорт. Одночасно всі операції перевантажувального комплексу становлять небезпеку щодо запилення повітря житлової зони припортових міст. Рівень запиленості залежить від виду вантажу, способів і технології вантажних робіт, ступеня їх механізації, використання різних перевантажувальних і транспортних засобів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» від 6 квітня 2000 р. № 1644.
2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища».
3. Закон України «Основи Законодавства України про охорону здоров'я».
4. Закон України «Про охорону атмосферного повітря».
5. Закон України «Про перевозку опасных грузов».
6. Заика М.А., Бойченко А.Н. К вопросу о систематической классификации опасных грузов / Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта

(15.05-16.05.2014) Материалы 74 Международной научно-практической конференции, Днепропетровск, 2014,-С.331-332.

7.Рекомендации ООН по перевозке опасных грузов "Оранжевая книга" Типовые правила перевозки опасных грузов. Список ООН.

8.Белобров Е.П. Медицинские и эколого-гигиенические проблемы безопасности жизнедеятельности при перегрузках в портах и перевозках на судах опасных и фумигированных грузов в эксплуатационных условиях и аварийных ситуациях: дис. в виде науч. докл. д-ра. мед. наук: 27.00.05 / Е. П. Белобров, 2007 - 86 с.

9.Шафран Л.М. Экологические аспекты проблемы перевозки опасных грузов/ Л.М.Шафран, Е.П. Белобров, Д.П. Тимошина/ Причерноморский экологический бюллетень. Научно-практический журнал.– №1(19).–Одесса.–2006.–С. 122-128.

10.Белобров Е.П, Витающая пыль перегружаемых в портах пылящих грузов как источник воздействия на здоровье населения при портовых городах//Бюлл XIII чтений им. В.В. Подвысоцкого, 19-20.06.2014, Одесса.-2014– С.43-45.

11.Белобров Е.П. Эколого-гигиенические аспекты предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на транспорте. Сборник научных работ-25-26.05.2011 –Николаев,2011.– С. 28- 31.

Загальні принципи розслідування та складання звітів та доповідей про інциденти, пов'язані з аваріями та пожежами

Вступ. Проблема безпеки мореплавання є пріоритетним завданням, що стоїть перед морським світовим співтовариством. У доповіді пропонується короткий аналіз міжнародних документів щодо розслідування морських аварійних пригод (далі – АМП) та розглядається загальні принципи обліку, розслідування та складання звітів та доповідей про них відповідно до норм Міжнародної морської організації.

Актуальність теми підтверджується обов'язком капітана та держави прапора проводити розслідування, облік, аналізувати те, що сталося, а також причини АМП оприлюднювати.

Постановка задачі. Короткий аналіз керівних документів щодо розслідування АМП, принципів їх розслідування та надання допомоги судновим морським фахівцям у цьому важливому питанні.

Виклад основного матеріалу.

В даний час при розслідуванні АМП керуються такими основними документами ІМО:

Кодекс міжнародних стандартів та рекомендованої практики розслідування аварії чи інциденту на морі (Кодекс розслідування аварій. Резолюція MSC. 255(84) від 16.05.2008).

Керівництво з надання допомоги особам, які проводять розслідування Резолюція А.1075 (28) від 04.12.2013.

У Кодексі з розслідування аварій знайшла відображення форма анкети, в якій робиться спроба встановити вплив людського фактору на АМП, як його передумови, у зв'язку з чим багато уваги приділено стану людини перед аварією, її досвіду роботи та кваліфікації. Формується мета Кодексу – сприяти одноманітному підходу до розслідування АМП на морі, а також сприяти співпраці держав у визначенні супутніх факторів, що призводять до аварій на морі.

Державам прапора судна настійно рекомендується розслідувати всі аварії їх суден та надсилати копію проекту остаточної доповіді всім зацікавленим державам. Для полегшення обміну інформацією про розслідування аварій кожна доповідь повинна відповідати типовому формату, наведеному в Кодексі.

З метою отримання достовірної інформації про обставини аварії ІМО внесла зміни до глави 5 «Безпека мореплавання» Конвенції SOLAS-74, де в Правилі 20 обумовлено встановлення на суднах Приладу реєстрації даних про рейс. Цим правилом встановлюється, що з 1 січня 2009 року на суднах має бути такий прилад[1].

Додаток до Міжнародного кодексу проведення розслідувань аварій та інцидентів на морі містить «Керівництво інспекторам із застосування Кодексу».

Цей Кодекс зобов'язує при АМП капітана негайно (за першої можливості) по радіо або іншим способом доповісти про АМП судновласнику. Після усу-

нення (закінчення) наслідків АМП підготувати докладне повідомлення та направити його судовласнику. Якщо не надійде інша вказівка, капітан створює із судових фахівців комісію під своїм головуванням для розслідування причин та обставин виникнення пожежі.

Держоргани України, які розслідують аварійні морські події, керуються Положенням про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами {Із змінами, внесеними згідно з Наказами Міністерства інфраструктури N 575 (з1709-12) від 24.09.2012, N 278 (з 1234-16) від 16.08.2016, N 354 (з0972-18) від 06.08.2018:

- Міністерство інфраструктури України;
- Міністерство аграрної політики та продовольства України;
- Морська адміністрація;
- Держрибагентство України (виключено);
- капітани морських портів;
- капітани суден.

Розслідування дуже серйозних і серйозних аварій, що сталися з українськими суднами, незалежно від місця, де вони трапилися, а також з іноземними суднами у внутрішніх водах України, її територіальному морі проводяться комісіями, створеними органами розслідування, до компетенції яких віднесене відповідне розслідування [3].

До компетенції комісій, створених Міністерством інфраструктури України та Міністерством аграрної політики та продовольства України, належатиме розслідування дуже серйозних аварій, які викликали великий громадський резонанс, якщо з приводу таких розслідувань не було ухвалено спеціальне рішення Кабінету Міністрів України.

До компетенції комісій, створених Морською адміністрацією належить розслідування:

- дуже серйозних аварій, якщо розслідування за рішенням Міністерства інфраструктури України та Міністерства аграрної політики та продовольства України не проводиться ним самим або з приводу цього розслідування не було ухвалено спеціальне рішення Кабінету Міністрів України;

- серйозних аварій;
- морських інцидентів.

До компетенції комісій, створених капітанами морських портів, належать розслідування:

- морських інцидентів, проведення яких передано їм за рішенням Морської адміністрації України;
- інцидентів.

До компетенції комісій, створених капітанами суден, належать:

- розслідування інцидентів, проведення яких передано їм за рішенням капітана морського порту;
- попереднє розслідування всіх АМП [3].

Розслідування аварійного випадку

Початкове розслідування всіх подій покладається на комісію, створену капіта-

ном судна.

Комісія складає Акт розслідування аварійного випадку.

Інформація, необхідна для розслідування аварійних морських пригод та складання Акту розслідування :

1. Дані про рейс судна.
2. Відомості про судно.
3. Документи, які видаються класифікаційним товариством.
4. Журнали (судновий, машинний судновий чорновий, промисловий, нафтовий операцій).
5. Дані про кваліфікацію членів екіпажу.
6. Курсограма, реверсограма , ехограма.
7. Розрахунки стійкості судна.
8. Відомості про стаж роботи членів екіпажу.
9. Стан погоди, до, при та після АМП.
10. Допомога, що надається судну чи екіпажу.
11. Суднова роль.
12. Додаткова інформація, залежно від виду АМП.

Оформлення аварійного випадку включає низку обов'язкових дій щодо оповіщення, документального закріплення доказів безпосередньо слідом за подією та оформлення документів у першому порту заходу, з метою створення умов для об'єктивного розслідування випадку та розгляду можливого спору щодо відшкодування збитків.

Необ'єктивне висвітлення обставин та спроби приховати дійсні причини аварійного випадку значно ускладнюють ведення справи та спричиняють невинуватдані витрати.

Безпосередньо за аварійним випадком, капітан зобов'язаний документально його оформити і закріпити достовірні докази того, що сталося [1,2].

Згідно з національними документами, судова адміністрація готує такі документи:

1. пояснювальні записки осіб, залучених до інциденту,
2. копії з дипломів та свідоцтв осіб, причетних до аварійного випадку,
3. повідомлення про аварійний випадок із судном,
4. заяву капітану порту про аварійний випадок із судном,
5. судновий технічний акт на ушкодження, отримані під час події,
6. список осіб, які загинули або зникли безвісти при аварійному випадку,
7. акт сюрвейерського огляду судна,
8. завірені капітаном витяги з суднового журналу, машинного та радіостанції журналів, за попередні 4 години до аварійного випадку та до ліквідації його наслідків,
9. вкопування з колійних карток з позначенням місця аварійного випадку з судном, нанесенням прокладки та обсервацій,
10. схема руху судна (суден) до та в період аварійного випадку з судном, таблиця маневрених елементів,
11. планшет глибин у місці аварійного випадку,
12. копія з синоптичних прогнозів та штормових попереджень,

13. довідка про коректуру суднової колекції карт та книг,
14. копія з документів про льодову обстановку на період аварійного випадку із судном,
15. фотодокументи,
16. ескізи наслідків аварійного випадку з судном,
17. акт про виконані роботи з ліквідації аварійного випадку,
18. акт водолазного та докового огляду судна (протягом 48 годин після подання заяви про аварійний випадок із судном),
19. довідка про напрацювання (при аварійному випадку технічного характеру),
20. листування, у тому числі радіограми: судно-судно, судно-судновласник (оператор судна)- судно, з офіційною владою,
21. копія заяви про морський протест,
22. копія заяви капітану чи судновласнику судна-учасника аварійного випадку про відповідальність за наслідки.

Додаткові документи щодо пожежі на палубі, у вантажних приміщеннях або машинному відділенні:

- заяви від осіб, які виявили пожежу;
- прізвища, посади та обов'язки членів суднової групи щодо боротьби з пожежею;
- заходи для боротьби з пожежею;
- якщо пускався CO₂, його використана кількість;
- пошкоджені пожежею об'єкти, вузли, зони;
- якщо мала місце будь-яка травма - прізвище, посада та обов'язки травмованої особи;
- вид наданого лікування (наданої допомоги), потерпілого відправлено на берег або залишено на судні;
- час прибуття допомоги берега;
- прізвище, посаду та обов'язки будь-якого члена берегової пожежної команди;
- погода під час пожежі;
- переважні припливи та течії [3].

Усі команди та дії повинні бути підкріплені записами у вахтовий журнал.

Після прибуття до порту капітан судна повідомляє про подію капітану порту. При цьому надаються такі документи: донесення капітану порту, акт суднової комісії, витяг з вахтового журналу, а за необхідності, і з машинного журналу, письмові свідчення очевидців та інші документи на вимогу.

Доповідь щодо великої пожежі повинна містити відповіді на запитання:

1. Точне місце пожежі на судні.
2. Чи погашена пожежа? Яким є поточний стан пожежі?
3. Які приміщення (відсіки) знаходяться по чотирьох сторонах?
4. Які приміщення перебувають вище (над місцем пожежі)?
5. Які приміщення знаходяться нижче (під місцем пожежі)?
6. Чи закрито ще приміщення (відсік), у якому має місце пожежа?
7. Яка температура у суміжних приміщеннях (відсіках)?

8. Який метод використано для гасіння пожежі?
9. Який запас CO₂ на судні?
10. Які можливості наявних на судні протидимних/дихальних апаратів?
11. Чи існує ризик повторного займання?
12. Що пошкоджено?

Судновласником може бути створена відомча комісія для розслідування пожежі. Капітан судна зобов'язаний подати комісії всі необхідні нею документи, створити умови для її роботи.

В окремих випадках (за особливо великих пожеж, при пожежах із загибеллю людей тощо) державною владою може бути створена Урядова комісія. Її створення не повинно припиняти розслідування відомчої комісії та капітана порту. За результатами роботи комісії готується спільний акт із висновками про причини та обставини виникнення пожежі, про хід її гасіння, з пропозиціями щодо заходів щодо недопущення виникнення пожеж [3].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кодекс міжнародних стандартів та практики розслідування аварії або інциденту на морі [Кодекс розслідування аварій. Резолюція MSC. 255(84) від 16.05.2008]: <https://docs.cntd.ru/document/499028826>.

2. Керівництво з надання допомоги особам, які проводять розслідування Резолюція A.1075 (28) від 4.12.13г. http://rise.odessa.ua/texts/A1075_28.php3

3. Положення про класифікацію, порядок розслідування та обліку аварійних морських подій із суднами { Із змінами , внесеними згідно з Наказами Міністерства інфраструктури N 575 (z1709-12) від 24.09.2012, N 278 (z1234-16) від 16.08.2016, N 354 (z0972-18) від 06.08.2018 }): <https://ips.ligazakon.net/document/view/re12833?an>.

Обертюр К.Л. к.т.н., заступник директора ННП
Національний університет «Одеська морська академія»

Методи очищення вод від органічних домішок і поверхнево-активних речовин (ПАР)

Серед великої різноманітності розчинених органічних речовин, що забруднюють промислові стічні води різних підприємств, особливе місце належить ПАР. Близько 60% вироблених ПАР використовується в якості миючих засобів для побутових і промислових цілей [2]. Адсорбція гідрофільних груп молекул ПАР на поверхні розділу фаз (на поверхні забруднення) викликає зниження поверхневого натягу.

Захист навколишнього середовища при виробництві і застосуванні синтетичних миючих засобів є обов'язковою умовою. Незважаючи на те, що токсичність багатьох ПАР, наприклад аніонних, незначна, присутність їх у водоймі несприятливо впливає на його біологічне життя. Концентрації ПАР, що не перевищують 10 мг/л, уповільнюють процеси самоочищення природних вод, погіршують їх органолептичні властивості, уповільнюють розвиток рослинності і тваринних організмів [3].

Фізико-хімічні методи очищення стічних вод від ПАР засновані на використанні їх поверхневої активності (адсорбція), поведінки як електролітів (іонний обмін), або розчинності молекул ПАР в різних рідинах (екстракція). Також для очищення стічних вод від ПАР застосовують методи флокуляції, коагуляції і зворотного осмосу, ультрафільтрації, біохімічний метод [5].

Дослідження багатьох авторів показують істотний вплив ПАР на всі живі організми, рослини і людини. Наявність ПАР навіть в незначній кількості в тваринному організмі змінює проникність мембран, впливає на акумуляцію різних речовин, у тому числі шкідливих, підвищуючи їх токсичність.

Відомо негативний вплив ПАР і на неорганічну середу. Це - ерозія ґрунтів, підвищення корозії металів, прискорення процесів старіння залізобетонних конструкцій. При взаємодії з іншими забрудненнями ПАР сприяють емульгуванню і стабілізації рідких і твердих дисперсних видів забруднень. Тому стічні води, що містять ПАР, характеризуються складним хімічним і фазово-дисперсним складом, що дозволяє розглядати їх як особливий вид стічних вод [6]. Стічні води, що містять ПАР, класифікують по концентрації і складу супутніх забруднень (табл. 1).

Концентровані розчини ПАР утворюються, головним чином, в процесах прання і «вологої» чистки виробів, пралень, фарбувально-оздоблювальних виробництв, підприємств мийки автотранспорту та ін.

Стічні води зазначених виробництв мають в своєму складі аніоноактивні речовини (АПАВ) і неіоногенні речовини (НПАВ), які важко піддаються біохімічному розкладу.

В даний час, для очищення стічних вод від ПАР доводиться застосовувати цілий ланцюжок технологічних прийомів, що включають різні фізико-хімічні методи очищення, кожен з яких має ряд недоліків і обмежень

Таблиця 1. Класифікація стічних вод, які вміщують ПАР

Типи стічних вод	Стічні води з високою концентрацією ПАР	Стічні води з середньою концентрацією ПАР	Стічні води з низькою концентрацією ПАР
Концентрація ПАР, мг/л	100 - 10000	10 - 100	до 10
Джерела утворення	Миючі розчини з високою початковою концентрацією, характерні для більшості водомістких виробництв легкої промисловості, підприємств комунально-побутового обслуговування	Виробничі процеси з використанням ПАР, такі як змочувачі, емульгатори, стабілізатори, що переходять в стічні води і піну в порівнюваних концентраціях у порівнянні з іншими забрудненнями	Господарсько- побутові стічні води, вміст ПАР в яких обумовлено широким використанням населенням коштів побутового призначення і пральних порошків

Очищення води адсорбцією на вугіллі.

Адсорбенти, що застосовуються для очищення води, повинні відповідати наступним вимогам: мати велику сорбційну ємність, високу механічну міцність, легко регенеруватися, мати низьку вартість. Речовини і матеріали, що володіють сильно розвиненою пористою структурою або знаходяться в тонко дисперсному стані мають більшу поверхню адсорбції.

В процесі очищення стічних вод від ПАР можуть застосовуватися такі адсорбенти: активоване вугілля, іонообмінні смоли, різні сорти копалин вугілля, полімерні сорбенти [8].

Активоване вугілля давно відомий як ефективний сорбент органічних речовин з водних розчинів. Адсорбенти мають перехідні, макро- і мікропори. В установках очищення стічних вод адсорбцією на активованому вугіллі застосовується гранульоване вугілля. Відомі спроби замінити його порошкоподібним, так як останній в 3-4 рази дешевше гранульованого. Крім того, у порошкоподібного активованого вугілля швидше кінетика адсорбції внаслідок скорочення шляху внутрішньої дифузії молекул органічних речовин і збільшення зовнішньої поверхні. Однак втрати порошкоподібного вугілля при регенерації складають 15%, що в 3 рази вище, ніж гранульованого. Вартість регенерації порошкоподібного вугілля приблизно в 2 рази більше, ніж гранульованого. Крім цього виникає багато технологічних труднощів при роботі з порошкоподібним вугіллем, і в даний час переважно застосовують гранульоване активоване вугілля.

При розробці способів очищення води за допомогою активованого вугілля слід враховувати, що ці адсорбенти доцільно застосовувати на стадіях доочищення вод, що містять невеликі концентрації ПАР (не більше 100-200 мг/дм³).

Очищення води за допомогою іонообмінних смол і полімерних адсорбентів

Великі органічні іони, як правило, поглинаються іонітом з високим ступенем вибірконості. Сорбція іонами протікає більш ефективно в розведених розчинах з вмістом ПАР менше 100 мг / дм³. Аніоноактивні ПАР

сорбуються середньо основними і сильно основними іонами, причому для регенерації іонітів рекомендується використовувати водно-органічні розчини солей. Впровадження технологічних схем очищення стічних вод за допомогою динамічного іонного обміну стримується тим, що необхідна установка великої кількості іонітових фільтрів, яка має порівняно короткий робочий цикл, після чого необхідна регенерація, пов'язана з великими витратами енергії і коштів на переробку продуктів регенерації (елеатів) [7]. Також з огляду на високу вартість іонітів і їх дефіцитність, очищення води від ПАР методом іонного обміну може рекомендуватися лише в тих випадках, коли до води пред'являються підвищені вимоги в частині відсутності ПАР.

Очищення вод коагуляцією

В основному розглядається ефективність таких коагулянтів, як сірчаноокислий алюміній, сірчаноокисле залізо. Видалення ПАР в малих концентраціях вимагає значних витрат. Так, при утриманні аніонних ПАР 1 - 20 мг/дм³ для досягнення ефекту очищення 98,3% вводиться коагулянт з концентрацією 30-1000 мг / дм³, додаванням каустичної соди підтримується значення рН в межах 5-10, після чого підмішують сульфат натрію 200...5000 мг/дм³ і після коагуляції 1...50 мг/дм³ поліелектролітів [4].

Очищення води піноутворенням

Присутність у водних розчинах ПАР, здатних знижувати поверхневий натяг, при струшуванні або при пропуску бульбашок газу (повітря), призводить до утворення піни. Незалежно від способів диспергування газу (повітря), механізм створення піни полягає в утворенні спочатку емульсії «газ-рідина», потім бульбашок газу, які покривають рідину двосторонніми плівками і, піднімаючись на поверхню рідини, утворюють пористу структуру - каркас. При підйомі на поверхню бульбашок газу (повітря) відбувається відділення рідини, і первісна емульсія «газ-рідина» переходить в піну. Стійкість піни залежить від ступеня зниження поверхневого натягу і від міцності адсорбційного шару поверхнево-активні речовини [6].

Великий вплив на ступінь вилучення ПАР має їх концентрація в стічних водах. Пінне концентрування ПАР ефективно і доречно лише при вилученні малих кількостей ПАР в результаті різкого збільшення обсягу пінного продукту з ростом концентрації речовини.

Ефективність очищення стічних вод від ПАР піноутворенням залежить від ряду факторів: рН середовища, розміру бульбашок газу, висоти шару розчину, температури, наявності інших іонів в розчині. Тому в кожному випадку проводиться підбір оптимальних умов проведення процесу флотації.

Використання електрохімічних методів для очищення води

Як показує практика, електрохімічні методи мають істотні переваги перед традиційними методами обробки води. І в першу чергу вони дають можливість в більшості випадків відмовитися від застосування реагентів. Зі зниженням вартості електроенергії, можна прогнозувати ще більш широке застосування електрохімічних методів.

Електрокоагуляційне очищення проводиться при різних значеннях рН середовища. Наприклад, очищення стічних вод від алкилсульфонатів

здійснюють при $pH = 11-11,5$. У цьому випадку в якості лужного реагенту використовується оксид кальцію. При використанні анода з алюмінію, а катодів з міді при щільності струму до 3 А/дм^2 за 20-30 хв зміст алкилсульфонатів знижується з 3600 до $42,5 \text{ мг/дм}^3$. Відносно мала густина електричного струму запобігає кипінню розчину [7].

Біохімічний метод очищення

Видалення ПАР у процесі біохімічної очистки стічних вод, як і будь-яких органічних сполук, відбувається за рахунок біохімічного розпаду цих речовин. При надходженні стічних вод, забруднених ПАР, в аеротанке або на біофільтрі в перший момент спостерігається інтенсивна адсорбція цих речовин. Кількість ПАР, адсорбована одним грамом сухого активного мулу, залежить від хімічної будови ПАР і здатності бактерій до метаболізму. При недостатньому біохімічному розпаді ПАР спостерігається накопичення їх в активному мулі, що призводить до поступової деградації мулу. Визначення накопичення ПАР в мулі викликає труднощі не тільки через недосконалість методів аналізу, але і через інтенсивне піноутворення, яке різко змінює розподіл ПАР між твердою і рідкою фазами мулової суміші в аеротанках.

Кількість вилучених в процесі очищення ПАР в першу чергу залежить від їх здатності до біохімічного розпаду, що обумовлено складом і хімічною будовою ПАР. Дані щодо зниження зважених речовин показують, що присутність у водах «біологічно жорстких» речовин в концентраціях порядку 15 мг/дм^3 і вище погіршує якість очистки, інтенсивне піноутворення починає розвиватися з підвищенням концентрації більше 10 мг/дм^3 . При цих концентраціях відзначається початок деградації активного мулу, яке виражається в подрібненні форм мікроорганізмів, а при вмісті ПАР в кількості 20 мг/дм^3 спостерігається придушення їх життєдіяльності і навіть відмирання.

Аналогічно аніонних ПАР, негативний вплив на процеси біохімічної очистки стічних вод надають неіоногенні ПАР, але, як правило, воно проявляється при більш високих концентраціях. «Біологічно м'які» неіоногенні ПАР викликають незначне підвищення біологічного споживання кисню (БПК) очищених стічних вод тільки при збільшенні вихідного їх змісту в стічних водах більш 50 мг/дм^3 . Присутність в рідині неіоногенних ПАР, які відносяться за ступенем біохімічного окислення до «проміжної» групі, викликає піноутворення в аеротанках і деяке погіршення показників очищення, в тому числі по БПК при підвищенні концентрації більше 20 мг/дм^3 . Для «біологічно жорстких» неіоногенних ПАР погіршення показників очищення стічних вод, інтенсивне піноутворення відзначається при підвищенні їх концентрації в водах до 10 мг/дм^3 . При цьому видалення їх з води не перевищує 40 %.

Різна ступінь впливу аніонних і неіоногенних ПАР на біохімічні процеси очищення стічних вод пов'язана з особливостями їх будови і особливо здатністю молекул того чи іншого ПАР до адсорбції і до біохімічного розпаду. ПАР сорбуються на зважених речовинах, а також на мікроорганізмах активного мулу, та обмежують можливість ферментного гідролізу, що є першою сходинкою процесу вилучення забруднень із стічних вод.

Окислення ПАР озоном

Озон є найбільш сильним з відомих природних окиснювачів, екологічно чистим і універсальним методом обробки води. Активно вступає в реакцію з органічними і неорганічними речовинами, і при цьому екологічно абсолютно нешкідливий тим, що його час життя у воді не перевищує декількох хвилин і, виконавши свої корисні функції, він перетворюється назад в кисень. Це унікальна якість озону і є причиною того, що його використовують як окиснювач в переважній більшості систем очищення води в багатьох країнах світу [1].

Технологія озонування дозволяє проводити очистку виробничих стічних вод від біологічно важко окислюваних органічних сполук і токсичних домішок, таких як нафтопродукти (ароматичні, терпенові вуглеводні), фенол, бензопірен, пестициди, стирол, ацетофенон, бактерії, віруси, цисти, синьо-зелені водорості і т.п. При контакті з озоном вони відчують повну деструкцію. Озон вимагає малого часу контакту, покращує органолептичні властивості обробленої води [5].

Озонування є одним з перспективних методів очищення стічних вод від ПАР. В результаті його використання утворюються продукти, які не є токсичними і не мають негативного впливу на природні біо- і гідрохімічні процеси у відкритих водоймах, куди їх скидають. Вважається, що використання озонування доцільно для видалення низьких концентрацій ПАР (4,5 мг / дм³), хоча є пропозиції щодо його використання і при значно більш високих концентрацій (до 200 мг / дм³).

З розглянутих методів очищення від ОС і ПАР можна виділити озонування, проте це метод вимагає впровадження енергозберігаючих технологій і підвищення ефективності.

Висновок

В результаті проведеного обзору експлуатації систем очищення води було з'ясовано, що на надійність роботи обладнання істотно впливає зміст у воді органічних сполук і ПАР. Попереднє очищення води від цих компонентів дозволить підвищити надійність і ефективність роботи випарних та очисних установок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тенденції змін планетарного клімату та їх можливого впливу на основні сектори української економіки / за ред. Хвесика М. А. - К.: Логос, 2012. 268 с.
2. Сурков С.В, Хуссам Ганем. Перспективы опреснения морской воды для устойчивого водоснабжения причерноморских регионов. // Устойчивое развитие (Болгария), Vol. 2/2019. - С. 50-55.
3. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. - К.: Вища шк., 2005. - 671 с.
4. Кульский, Л. А. Перспективы мембранной очистки промышленных вод от поверхностно-активных веществ и красителей / Л.А. Кульский, Т.В. Князькова, Н.А. Клименко. - М.: РХТУ, 1988г - 46с

5. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: Підручник. За загальною ред. Запольського А.К. - К.: Лібра, 2000. -552 с.
6. Яковлев, С.В. Очистка производственных сточных вод / С.В. Яковлев - М.: Стройиздат, 1986. - 336 с.
7. Метод ионоселективной очистки жидких радиоактивных отходов атомных станций. А.Э. Арустамов, А.В. Зинин, П.В. Красников, Ю.П. Прилепо, В.В. Перевезенцев, А.Е. Савкин, А.А. Свитцов, С.Б. Хубецов, ЗАО «РАОТЕХ» Журнал «Безопасность жизнедеятельности» №2, 2005 г.
8. Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды // Киев: Наукова думка, 1981 . - 208 с.

Проблеми переходу водного транспорту на скраплений природний газ

Вступ. Світова практика показує, що використання скрапленого природного газу (СПГ) як паливо для силових установок морських та річкових суден останнім часом отримує все більший розвиток. При цьому основною проблемою, яка стримує цей напрямок, стає питання безпеки, пов'язане з бункеруванням цього виду палива.

Актуальність дослідження. У зв'язку з війною РФ проти України політика нашої держави передбачає відмову від постачання природного газу трубопроводами з боку агресора. Для відновлення та подальшого розвитку економіки нашої країни необхідно продумати та вирішувати проблему постачання необхідної кількості вуглеводнів іншими логістичними шляхами. Одним із таких шляхів буде будівництво морських терміналів з прийому та переробки скрапленого природного газу.

Метою дослідження є потенціал скрапленого природного газу як енергетичного джерела, технічні та економічні переваги використання СПГ у морському транспорті, а також питання безпечного переходу судна з рідкого палива на газ.

Загальновідомо, що розвиток енергетики світової промисловості істотно впливає діяльність людства. Досвід показує, що, проводячи технічні вдосконалення об'єктів у галузі енергетики, слід передбачити можливі проблеми з точки зору безпеки, які можуть виникнути на етапі їх практичного впровадження.

Сьогодні паливо для суднових установок розглядається не лише з позицій надійності роботи установок та економіки, а й з урахуванням виконання вимог щодо екології. Це складне завдання значною мірою можна вирішити, використовуючи газове паливо. Для газозовів, особливо для суден, що перевозять наливом скраплений газ, у яких рухові установки мають два варіанти палива, забезпечення безпеки – дуже важливий момент. Слід зазначити, що у світовій практиці накопичено певний досвід експлуатації аналогічних суден.

Для безпечного транспортування газоподібних вуглеводнів, первинним має бути вивчення досвіду провідних компаній у цій галузі та вирішення завдань щодо якісного кадрового забезпечення не тільки екіпажів суден, а й майбутніх терміналів з прийому зріджених природних газів.

З моменту винаходу двигунів, які використовують як паливо природний газ, вони широко впроваджувалися в різних галузях, включаючи судноплавний транспорт. В останні роки зростає інтерес до переходу на такі двигуни з метою зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферу, покращення економічної ефективності та диверсифікації джерел палива. Питання використання палив завжди знаходилися в центрі уваги розробників суднової енергетики, а з впровадженням в індустрію судноплавства газозовів застосування газу як паливо стало дуже популярним.

Під час транспортування газу в рідкому стані неминуче його випаровування. Утилізація випару може йти шляхом повторної конденсації та повернення у вантаж або, як варіант, подачі до головних двигунів або судових котлів в якості палива. Друге рішення більш економічне та екологічно виправдане.

Конструктивні особливості газозовів та вимоги щодо забезпечення безпеки відображаються у нормативних документах, що видаються класифікаційними товариствами та на рівні міжнародної морської організації. [1]

Для інших суден, які не є газозовами, переобладнання на газ зараз практично вирішене питання. Перехід із рідкого палива на газ потребує певних заходів щодо забезпечення безпеки на борту судна. [2] Основні проблеми пов'язані з тиском, що виникає в газових балонах, та ризиком вибуху. Однак якщо процес спалювання відпрацьований виробниками дизелів та котлів, то розміщення бункера на судні та отримання газового палива на борт судна знаходяться на стадії розробки та впровадження найбільш прийнятних варіантів.

Досвідчена експлуатація суден-газовозів свідчить, що використання природного газу як моторного палива на суднах внутрішнього водного транспорту можливе і доцільне.

З освоєнням газових родовищ та розвитком транспортування скрапленого природного газу танкерним флотом пар, що утворюється при випаровуванні вантажу, стали використовувати як паливо. Транспортування газу морським транспортом зумовлювало впровадження такої технології як альтернативи рекон конденсації. Зазначимо, що при обговоренні використання газового палива на суднах йдеться насамперед про газозови, де не передбачено спеціальних ємностей для бункерних запасів. Газ йде з вантажних танків у вигляді випару, т. е. частини газу, що випаровується. Крім економічних аспектів, дуже важливі й екологічні показники. Теплотехнічні особливості спалювання газу в судових установках (у двигунах, котлах) добре аналізуються і перевага газу не викликає сумнівів.

Залишаються питання, де зберігати на судні та де брати газове паливо. Проблеми енергозбереження (по суті, економія палива) та захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів із суден, які були завжди актуальними, за останнє десятиліття ще більше загострилися. Це викликано нестійкістю світового нафтового ринку та посиленням вимог природоохоронних організацій, включаючи нові положення Міжнародної морської організації (IMO) у відповідних розділах конвенції MARPOL Annex VI Tier II та Tier III. Особливу увагу IMO приділяє розробці стандарту EEDI (EnergyEfficiencyDesignIndex) як у його загальному визначенні, так і в тлумаченнях його складових частин, їх характеристик разом із методами та технічними засобами кількісного визначення конструкційного виконання суден, їх розмірів та призначення.

Вирішенням цих проблем займаються всі судноплавні компанії. Найбільш ефективно проблеми вирішуються на рівні суднобудування за його державного регулювання з активною участю в ньому передових класифікаційних товариств (ABS, DNV, Lloyd та ін.) на чолі з Міжнародною асоціацією класифікаційних товариств (IACS).

Перший напрямок новацій у галузі паливовикористання (зниження витрати палива) стосується всього світового флоту. Другий напрямок (природоохоронний) значно більшою мірою відноситься до двигунів суден внутрішнього та прибережного плавання. Зазначимо, що в тому й іншому випадку найбільш ефективним способом вирішення проблеми виявляється інтенсивне впровадження природного газу як основного палива в судновій енергетиці.

У разі збільшення масштабів використання газу на судах найбільш проблемними стають питання організації бункерування. Насамперед це ємності зберігання газу на судах та бункерувальних терміналах. Сьогодні вже існують і використовуються системи зберігання СПГ у танках (балонах) спеціальної конструкції, які продумано вписуються в обводи судна без шкоди для його місткості. Найчастіше застосовуються контейнери-цистерни.

Широкому застосуванню газу як палива на морських судах перешкоджає нерозвиненість інфраструктури з бункерування суден газовим паливом. Особливо важливо це для суден із короткими переходами. Ідеальним варіантом може бути лінійне судноплавство з базами бункерування в кінцевих портах. Така практика зараз реалізується у поромному судноплаванні.

Постачання СПГ можуть здійснюватися з берегового терміналу або бункерувальних суден: барж або невеликих танкерів. Який метод постачання СПГ розвиватиметься в порту, залежить від локалізації джерела СПГ в порту.

Питання безпеки одночасних вантажних операцій та інших видів діяльності на причалі або на стоянці під час бункерування також впливають на те, як здійснюватиметься постачання бункера СПГ: з берега або з судна-бункерувальника, яке пришвартовано до судна, що знаходиться біля причалу або на якірній стоянці.

У разі використання стаціонарних споруд забезпечується приєднання бункерувальної лінії судна безпосередньо до трубопроводів на причалі. При цьому СПГ зберігається в резервуарі, розташованому в порту або поблизу нього.

Автомобільні цистерни дозволяють бункерувати судно з причалу, не обладнаного СПГ-терміналом. Автоцистерна на причалі приєднується до судна шлангами.

Альтернативний варіант використання стандартних танк-контейнерів (ТК) замість паливних танків судна. Після витрачання палива танк-контейнери замінюються на заправлені. Вони доставляються на судно автомобільним чи залізничним транспортом, а порожні ТК повертаються для заправки. Така процедура може скоротити загальну тривалість бункерування.

Перевага використання судна-бункерувальника, пришвартованого до борту судна, що приймає, що знаходиться в порту або на якірній стоянці, полягає в ізоляції бункерних операцій від вантажних причалів, що знижує їх вплив на вантажні операції в порту і зменшує наслідки можливих аварій, пов'язаних з використанням СПГ. Типове судно-бункерувальник СПГ охоплює більший район постачання палива, ніж баржа-бункерувальник, і має більшу місткість. Конструкції суден-бункерувальників та правила їх експлуатації повинні відповідати вимогам міжнародних кодексів. [1,2]

Говорячи про інфраструктуру бункерування, треба мати на увазі, що в деяких випадках виявляються раціональними простіші варіанти. Існуючі технології бункерування СПГ зводяться в основному до застосування автомобільних цистерн. Ця технологія давно відпрацьована, дозволяє приймати оптимальні логістичні рішення, забезпечує заправку судна необхідною кількістю СПГ у потрібний час та у зручному для клієнта місці.

Баржі-бункерувальники починають застосовуватись у різних портах світу, проте вони жорстко прив'язані до району експлуатації та споживачів. Судноплавні компанії поки що не визначили своїх переваг щодо схеми бункерування: з барж стаціонарного берегового пункту чи автоцистерн. Досвід свідчить, що баржі-бункерувальники найбільш зручні для доставки СПГ, особливо в портах, де не розвинена інфраструктура СПГ. У той самий час інші варіанти мають переваги.

Експерти високо оцінюють екологічні переваги газових двигунів порівняно з традиційними: відсутність у відпрацьованих газах оксидів сірки (SO_x), скорочення на 92 % вмісту оксидів азоту (NO_x), на 32 % — діоксиду вуглецю (CO_2), корозійна нейтральність. У рамках аналізованої теми цікавить створення міжнародного суспільства для просування газу як суднового палива. Рада директорів Міжнародного товариства операторів газозовів і терміналів (SIGTTO) прийняла рішення створити суспільство, що просуває газ як суднове паливо (SGMF), у формі неурядової організації. Це важливий крок уперед у справі зміцнення безпеки та отримання досвіду у сфері використання СПГ як суднового палива. Членство в SGMF доступне всім зацікавленим сторонам, що бункеруються СПГ, т. е. судновласникам, операторам бункерних суден, портовим адміністраціям і регулюючим органам [3].

При розгляді питання про бункерування СПГ-суден доводиться враховувати низку аспектів, пов'язаних із підвищеною небезпекою СПГ та його випару. Зокрема, необхідно передбачати значні за площею зони відчуження, що часто робить розміщення стаціонарного бункерувального терміналу СПГ неможливим чи проблематичним, особливо у умовах активної господарської діяльності біля порту.

При використанні судна-бункерувальника бажано, щоб зоною відчуження була акваторія. Бункерувальник необов'язково повинен бути самохідним: у ряді випадків достатньо, щоб він постійно знаходився в заданій точці акваторії (наприклад, стояв на якорі), а судно, яке бункерується, може підійти до нього.

При атмосферному тиску СПГ кипить при температурі -163°C , тому навіть застосування найефективніших видів теплоізоляції не дозволяє забезпечити його тривале зберігання без утворення випару. В результаті утворення випару підвищується тиск у ємності, де зберігається СПГ. Основні типи ємностей, що застосовуються для зберігання СПГ, не розраховані на надлишковий тиск більше 0,25 бар, і випар доводиться відводити для підтримки прийняттого тиску. При цьому скидати його в атмосферу небезпечно, оскільки утворюється хмара потенційно вибухонебезпечної газоповітряної суміші. Випар або спалюють у факельних установках, або використовують як паливо в суд-

новій енергоустановці бункерувальникаСПГ (як і на газовозах СПГ), або повторно стискають у наявній на борту реконденсацийній установці.

Висновок. Головною перешкодою на шляху застосування природного газу на морських судах стає нерозвиненість інфраструктури з бункерування суден СПГ. Серед варіантів доставки бункера на судна, що не є газовозами, найкращим є використання суден-бункерувальників. У цьому випадку буде забезпечена мобільність за дотримання найкращих економічних та екологічних умов. Немає необхідності будь-кого переконувати, що всі проблеми із забезпеченням суден газовим паливом можуть бути вирішені лише професійно підготовленим персоналом. Крім належної теоретичної підготовки, вивчення особливостей властивостей та характеристик газу в обов'язковому порядку потрібне відпрацювання практичних навичок на тренажерах та в умовах реальних судових установок. Тільки за такого алгоритму буде забезпечено безпеку впровадження газового палива в судноплавну індустрію.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міжнародний кодекс будівництва та обладнання суден, що перевозять скраплені гази наливом (Кодекс МКГ). Зі змінами 2016 р.
2. Міжнародний кодекс безпеки для суден, що використовують гази та інші види палива з низькою температурою спалаху (Кодекс МГТ).
3. Енергетичні технології та інновації. Збірник WorldEnergy Outlook 2019. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2019>.

Калініченко І.В., Юрковський Ю.В.

Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету
кораблебудування імені адмірала Макарова**Підвищення екологічної ефективності суднової енергетичної установки
танкера використовуючи тепловий насос для одержання водяної пари****Проблеми забезпечення водяною парою на танкері в холодній зоні**

Утилізація теплових втрат головного двигуна (ГД) традиційно є одним з основних напрямків підвищення ефективності суднової енергетичної установки. Теоретичні дослідження і розробки систем повторного використання теплоти судових поршневих двигунів внутрішнього згоряння (СДВЗ), були успішно реалізовані на великій кількості морських суден [1]. Однак на сьогоднішній день ситуація з утилізацією теплоти СДВЗ на транспортному флоті якісно змінилася. Підвищення ККД (ККД сучасних малообертових СДВЗ становить від 48,0 до 51,0 %) і зниження питомої витрати палива сучасних судових дизелів супроводжується перерозподілом статей їх теплового балансу, зокрема зменшенням втрат з відхідними газами (ВГ) із зниженням температури ВГ (Температура ВГ двигунів фірми "MAN Diesel & Turbo" знизилася до 235...265 °С, а двигунів фірми "Wartsila" - до 257...298 °С) при одночасному зростанні частки теплоти, що відводиться в охолоджувачі надувного повітря (ОНП). Ці фактори в сукупності різко знижують ефективність традиційних схем утилізації теплоти. Стає складним одночасне забезпечення водяною парою як підігрівачів різних середовищ на судні так і утилізаційного турбогенератора, що призводить до необхідності введення в роботу допоміжного котла (ДК).

Проведений аналіз експлуатаційних ходових режимів роботи танкерів показав, що існує три різних режими навантаження на котельну установку танкера в ходовому режимі в холодній зоні ходовий до 45 °С; з підігрівом до 60 °С та ходовий в баласті [2].

Тому витрата пари, а відповідно і навантаження на судову котельну установку буде залежати від режиму експлуатації судна. У всіх ходових режимах в холодній зоні для отримання водяної пари на танкері працює УК, але він не задовольняє всіх споживачів пари.

Для задоволення всіх потреб у водяній парі на судні в ходовому режимі у холодній зоні додатково використовують ДК, який працює на частковому навантаженні.

В табл. приведено теплове навантаження при експлуатації судна проекту 15966 в холодній зоні.

З табл. видно, що в даному режимі експлуатації судна для задоволення всіх споживачів у водяній парі паропродуктивності УК не достатньо, тому на судні використовують додатково паливний ДК.

Таблиця. Парове навантаження судна в холодній зоні при розігріву вантажу до 45 °С

Споживачі пари	Температура пари, °С	Тиск пари, МПа	Витрати пари, кг/год
Загальносуднові	120...133	0,2...0,3	1246
Споживачі СЕУ	151...165	0,5...0,7	3512
Спеціальні споживачі (підігрівачі вантажу)	133...165	0,3...0,7	2402
Всього	-		7160
Паропродуктивність УК/ДК	-		до 5000/ від 2160

Як один з варіантів вирішення цієї проблеми може розглядатися використання на судах теплонасосних парогенеруючих установок (ТНПУ) в холодній зоні рейсу, коли температура зовнішнього повітря $t_{зп}$ стає нижче 20 °С для виробки водяної пари, джерелом споживаної теплоти низького потенціалу (у випарнику) у яких були б вторинні теплові ресурси судових малообертових двигунів (МОД). Це дозволило б, по-перше, зменшити теплове забруднення навколишнього середовища, по-друге, відмовитися від роботи допоміжного котла на ходовому режимі судна в холодній зоні, а відповідно знизити забруднення навколишнього середовища токсичними димовими газами і, по-третє, зекономити невідновлювальні джерела енергії (котельне паливо) [3].

Актуальність використання теплового насоса у якості парогенеруючої установки на судні

Теплонасосний напрямок утилізації вторинних теплових ресурсів СДВЗ для виробництва водяної пари в науково-технічній літературі раніше вже розглядався. Однак даних, наведених у розглянутих вище джерелах, недостатньо для оцінки перспективності теплонасосного напрямку утилізації низькопотенціальної теплоти СДВЗ для одержання пари на судні. Параметри роботи дизелів наведені для устарілих моделей двигунів, не обґрунтований вибір робочого агента, не проведені конструктивні розрахунки основних апаратів.

В якості альтернативного головного двигуна для танкера розглядалися сучасні малообертові двигуни, один з яких фірми "Wartsila" марки 6RTflex52U-B з номінальною потужністю $Ne_{ном}^{ГД} = 9600$ кВт (температура та кількість теплоти води, що охолоджує втулки циліндрів ГД відповідно $t_{хвц} = 85$ °С, $Q_{хвц} = 1862$ кВт) та двигун фірми "MAN B&W" марки 6S50ME-C9-ТІІ номінальною потужністю $Ne_{ном}^{ГД} = 9960$ кВт ($t_{хвц} = 80$ °С, $Q_{хвц} = 1450$ кВт).

Найбільший температурний потенціал серед джерел низького потенціалу (температура джерела нижче 100 °С) має прісна вода, що охолоджує втулки циліндрів СДВЗ (температура на виході з ГД 80...85 °С), а джерело високого потенціалу ОНП (температура джерела досягає 180...200 °С) може використовуватися як економайзерна секція УК для підігріву живильної води. Тому, як джерело низькопотенціальної теплоти (НПТ) для утилізації в ТНПУ може ви-

користуватися водою, що охолоджує втулки циліндрів СДВЗ. Схема підключення та сумісної роботи ТНПУ та ВОУ для утилізації НПТ води, що охолоджує втулки циліндрів ДВЗ, приведена на рис. Однак для оцінки показників ТНПУ необхідно врахувати, яка частина даного джерела НПТ використовується для функціонування ВОУ, а яка залишається для утилізації у ТНПУ. Схема підключення випарника до системи охолодження ДВЗ представлено на рис. 1.

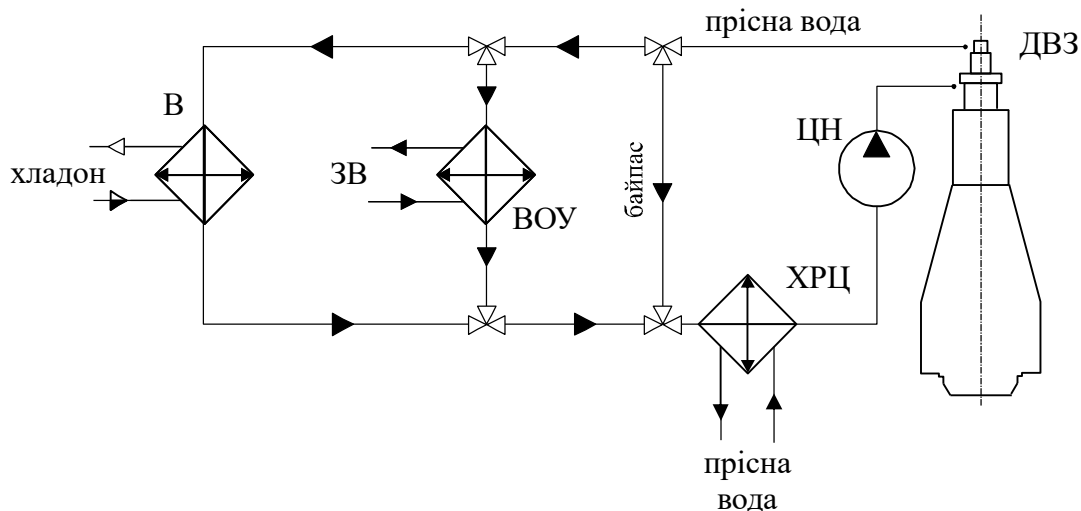


Рисунок 1. Схема з'єднання випарника теплового насоса до системи охолодження МОД
 В - випарник теплового насоса; ЗВ - забортна вода;
 ВОУ - водоопріснювальна установка; ХРЦ - холодильник системи охолодження втулок циліндрів ДВЗ; ЦН - циркуляційний насос

Згідно з розрахунками сумісна робота ТНПУ та УК забезпечує водяною парою необхідних параметрів всіх споживачів на ходовому режимі в холодній зоні без використання ДК. Загальна кількість отриманої водяної пари при використанні ТНПУ може сягати $G_{SM} = 2272$ кг/год з головним двигуном "MAN V&W" та $G_{SW} = 2632$ кг/год з головним двигуном "Wartsila", що більше ніж потрібно для покриття всіх потреб споживачів пари на судні в ходовому режимі при експлуатації в холодній зоні.

Для утилізації теплоти прісної води системи охолодження втулок циліндрів ДВЗ необхідно визначитися з циклом та параметрами роботи ТНПУ. Вибір параметрів роботи установки утилізації НПТ за допомогою теплового насоса визначається, з одного боку, необхідністю забезпечення максимального ступеня утилізації теплоти, що відводиться від дизеля різними охолоджуючими середовищами, а з іншого, наявністю на судні специфічних споживачів пари, в першу чергу, підігрівачів важкого палива для СДВЗ і дизель-генераторів. Аналіз параметрів судових споживачів теплової енергії показує, що вони можуть бути розділені на три основні групи: з використанням водяної пари низького (0,2...0,3 МПа), середнього (0,5 МПа) та високого (0,7...0,9 МПа) тисків.

Найбільш переважним джерелом скидної теплоти для роботи ТНПУ є прісна вода системи охолодження втулок циліндрів судових ДВЗ, яка має температуру 80...85 °С. Її теплоти достатньо для одночасної роботи ТНПУ та водоопріснювальної установки (ВОУ) (близько 46...54 % теплоти використовується у ВОУ). Проведені розрахунки показують енергетичну доцільність ви-

користання двоконтурної ТНПУ для отримання водяної пари тиском 0,3...0,5 МПа для танкера в ходовому режимі в холодній зоні (рис. 1) [3]. Водяну пару з тиском 0,7 МПа отримують в утилізаційному котлі (УК). Принцип роботи ТНПУ описано у попередніх роботах [3-5].

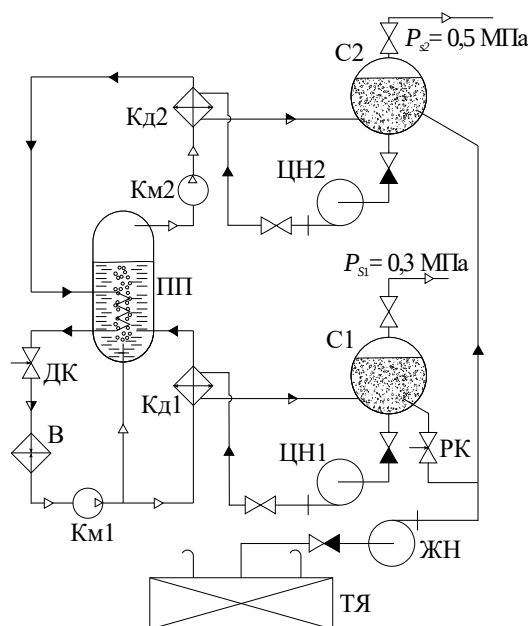


Рисунок 1. Схема ТНПУ з одержанням водяної пари двох тисків

Км – компресор; В – випарник; ДК – дросельний клапан; Кд – конденсатор; ПП – проміжна посудина; ЦН – циркуляційний насос води; С – сепаратор водяної пари; РК – редуційний клапан; ЖН – живильний насос; ТЯ – теплий ящик

У якості робочого тіла для високотемпературного ТНПУ пропонується використання хладагону *n*-пентан R601 з нормальною температурою кипіння $t_s = 36,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, критичною температурою $t_{кр} = 196,6\text{ }^{\circ}\text{C}$, критичним тиском $P_{кр} = 3,37\text{ МПа}$ та температурою самозаймання $t_{сз} = 286\text{ }^{\circ}\text{C}$.

У якості мастила був вибраний РАГ (поліалкіленгліколь) за його термостійкість і достатню в'язкість при температурі до $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. При високотемпературних випробуваннях з температурами конденсації $t_k = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$ і кипіння $t_0 = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, що проводились японською компанією "Mauekava" з використанням даного хладагону, коефіцієнт трансформації теплоти COP дорівнює $\zeta_{ТН} \approx 3,0$.

Попередні розрахунки показали, що екологічна ефективність утилізації скидної теплоти охолоджуючої води ДВЗ за допомогою теплового насосу дозволяє зменшити теплове забруднення навколишнього середовища, відмовитися від роботи допоміжного котла на ходовому режимі судна в холодній зоні і відповідно скоротити споживання котельного палива на 3...5 %.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Димитров А.А. Утилизация вторичных энергоресурсов судовых установок с применением технологии тригенерации / А.А. Димитров, О.Ю. Яковлева, М.Г.Хмельнюк // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Збірник наукових праць V м-н. н-т. конф. Миколаїв: НУК. – 2014. – С. 327-330.

2. Калиниченко И.В. Тепловой насос в качестве альтернативной судовой парогенерирующей установки // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2014. – №3 (67). – С. 85-88.

3. Андреев А.А. Теплонасосна паровиробляюча установка утилізації низькопотенційної теплоти головного двигуна танкера / А.А. Андреев, И.В. Калиниченко // Екологічна безпека об'єктів господарської діяльності: Тези доповідей до м-н. н-д. конф. – Миколаїв: МДГУ. – 2004. – С.103-104.

4. Radchenko, R., Pyrysunko, M., Kornienko, V., Gorbov, V., Kalinichenko, I. (2022). Effect of Utilization Exhaust and Recirculation Gases of Ship Diesel Engine in Absorption Chiller. In: Nechyporuk, M., Pavlikov, V., Kritskiy, D. (eds) Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering - 2021. ICTM 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 367. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-94259-5_43.

5. Kononov, D., Kobalava, H., Radchenko, M., Gorbov, V., Kalinichenko, I. Development of the Gas-Dynamic Cooling System for Gas Turbine Over-Expansion Circuit. In: Ivanov, V., Pavlenko, I., Liaposhchenko, O., Machado, J., Edl, M. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering, pp 249–258. Springer, Cham (2022). https://doi.org/10.1007/978-3-031-06044-1_24.

Свиридов В.І., Андреев А.А., Пирисунько М.А.
Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Україна

Шляхи запобігання шкоди довкіллю при експлуатації морського транспорту

Міжнародна морська організація (ІМО) скликала Конференцію Сторін MARPOL 73/78. Мета Конференції складалася в розгляді та прийнятті протоколу про зміну MARPOL 73/78 шляхом додавання нової програми, щодо запобігання забруднення повітряного середовища з суден.

Світовий океан (взаємопов'язана система океанічних вод Землі) грає одну з провідних позитивних ролей в житті людини, в тому числі завдяки кліматичній системі. Ті збитки, які наносяться транспортом, мають далекосяжні наслідки з точки зору продуктивності, різноманітності видів і життєстійкості. Така діяльність, здійснювана в Світовому Океані, створює загрозу для людства [1].

Усе, що стосується морського транспорту, на сьогоднішній день є одним з основних джерел постійного забруднення морського середовища і підвищеної загрози розливів нафти, які можуть завдати непоправної шкоди легко вразливій природі.

Дві складові – експлуатаційні та аварійні, найбільш суттєво відповідають за забруднення навколишнього середовища. І неможливо виділити, які з них найбільш небезпечні для довкілля. Забруднення, які є предметом експлуатації суден, морських підприємств, з'являються та постійно забруднюють, хоча і в невеликих кількостях. При екстреному випадку, тобто розливи, здійснюється раптові викиди великої кількості забруднюючих речовин, і, що важливо, вони гублять флору і фауну цього регіону, на довгі роки. Бо вони розтікаються районом аварії.

При виникненні аварії при потраплянні в навколишнє середовище відбувається масштабний вплив на морську фауну та флору, а при експлуатаційному забрудненні відбувається хронічне отруєння всього і вся, на долю морського та річкового флоту припадає понад 18 відсотків забруднювальних речовин повітря.

Все це впливає на стан довкілля під час роботи морського та річкового транспорту. ІМО вважає, що викиди вуглецю від суден дорівнюють більше 2 відсотків. І все це вплинуло на антропогенні викиди і з 2012 р. до 2050 р. воно збільшиться на 250 відсотків, якщо світова спільнота не заподіє конструктивних заходів.

Морські перевезення транспортом в низку прийнятих заходів дають суттєвий результат, а це малий рівень забруднювання повітря, бо при однакових вантажах та відстані це найбільш ефективніший спосіб доставки вантажів.

Це видно в порівнянні з повітряним транспортом. Бо морські перевезення та доставки вантажу містять набагато більшу кількість річного тоннажу, при великих відстанях, ось чому викиди від суден значно впливовіші.

Зростання перевезень морських транспортом в середньому складає 4% щорічно, починаючи з 1990-х років, і далі навіть із запровадженням сучасних суден та технологій, загроза – збільшується.

У 2008 р. ІМО ратифікувала пакет заходів до 2025 р., який вступив в силу з 01.07.2007 р., щодо скорочення викидів з суден в атмосферу оксидів сірки і азоту, озоноруйнуючих речовин, твердих частинок, летких органічних сполук. Згідно з Додатком VI до Конвенції MARPOL 73/78, нормованими для суднових двигунів параметрами є викиди оксидів азоту (NO_x) і сірки. У процесі згоряння палива в двигуні утворюється цілий ряд з'єднань, що викидаються в атмосферу, але самими шкідливими є оксиди азоту. У дизельному двигуні вони становлять від 30 до 80% обсягу викидів [5].

Із 2000 р. суднові двигуни на стадії виготовлення проходять випробування на вміст NO_x у відпрацьованих газах і отримують т.н. технічний сертифікат, де вказуються еталонні значення для різних режимів роботи. До 2010 р. діяв стандарт Рівня I, який допускав 17 г NO_x на кВт / год, зараз діє стандарт Рівня II, що допускає 14,4 г / кВт / год, а з 2016 р. вступив в силу стандарт Рівня III (3,4 г NO_x на кВт / год), що встановлюється для районів контролю викидів NO_x, який застосовується до суден, побудованих після 01.01.2016 р.

Зростаюча екологічна стурбованість світового судноплавного флоту та нові правила ІМО щодо контролю викидів із суден (зокрема, вмісту сірки) вимагають сталого рішення шляхом впровадження заходів щодо якості судового палива, модернізації енергетичних силових установок та розробка регіональної політики. Для вибору контрзаходу слід провести оцінку впливу та розрахувати ефективність потенційних інструментів, тоді як майбутні рухи суден та їх AIS, очевидно, на даний момент недоступні.

Проблеми забезпечення екологічної безпеки в зонах контролю викидів оксидів сірки Конвенцією MARPOL 73/78 допускається використання палива з вмістом сірки до 0,1%. Такими районами є узбережжя США і Канади, район Карибського моря США, а також Балтійське і Північне моря.

Вміст сірки зараз в паливі має становити не більше 0,5% і ця вимога поширюватиметься на весь Світовий океан. Транспортний флот, який відновлювався після вступу в силу міжнародної Конвенції MARPOL 73/78 на рівні закону, повинен сприяти охороні навколишнього середовища; для цього флот підлягає модернізації з метою приведення його у відповідність до положень Конвенції MARPOL 73/78 і національних правил з охорони навколишнього середовища.

До первинних забруднювачів при експлуатації суден можуть бути віднесені нафтоутримуючі і стічні води, сміття і шкідливі викиди в атмосферу.

Судна, що виконують міжнародні рейси, мають контейнери (ємності) для збору забрудненої води та сміття та/або установки для очищення води від нафти, для очищення стічних вод і сміттєспалювальні установки для спалювання сміття. Кількість судових відходів залежить від дедвейту та типу судна, його віку, якості обслуговування та кількості членів екіпажу. Кількість відходів нафтових палив залежить від виду використовуваного палива і може складати до 1,5...2,0% від добової витрати палива під час роботи на важкому паливі та бли-

зько 0,5% при роботі на паливі середньої в'язкості. Залишки бруду в паливних баках можуть досягати 7% від загального об'єму всього палива.

Ляльні води, які утворюються на судні під час експлуатації, завжди будуть залежати від потужності двигуна, його якості обслуговування, дати побудови судна і кваліфікації механіків та мотористів та може складати до 1 куб. м / добу, а для суден внутрішнього плавання – до 0.3 куб. м / добу.

Згідно санітарних норм стічні води визначаються кількістю членів екіпажу і це буде до 100 л / на особу в добу, кількісн побутового сміття буде складати до 3,5 кг / чоловіка в день, експлуатаційні відходи (мастила, солідоли з двигунів, стара фарба, забруднене ганчір'я) – може бути до 15 кг / добу, а то й більше.

Сміття, що залишається при перевезенні генеральних вантажів, складає до 1000 кг на 200 т вантажу, для контейнерних перевезень ця цифра буде 1000 кг на 25000 т вантажу і сипучих вантажів – 1000 кг на 10000 т вантажу.

При наявності на борту судна інсинератора (спеціальної печі), то можливо спалювати частково нафтозалишки і побутове сміття; все, що спалюється на борту судна, – попіл та тверда маса, негорючі відходи і шлами, що зібрано після обробки стічних вод, здаються на приймальні споруди берегові в портах.

Згідно Конвенції забруднення атмосфери суднами є основні викиди з працюючих двигунів – оксидів сірки, азоту, вуглецю, та інших озоноруйнуючих речовин.

Запобігання забрудненню навколишнього середовища можливо забезпечити лише за рахунок підтримання усіх вимог, та запровадження на транспортному флоті надсучасних технологій та нового устаткування, все це неможливо впровадити без портового приймального устаткування, яке здатне переробляти всі судові, без виключення, відходи.

Розглядаючи усі ці вимоги, не треба забувати про те, що вплив на навколишнє середовище стосується баластних вод, звукового забруднення, зіткнень з дикою природою, забруднення атмосфери, розливи нафти, стічні води, тверді відходи, й він не зменшується, а зростає із року в рік.

В даний час, підхід при забезпеченні екологічної безпеки активно розвивається, як на державному, так і на корпоративному рівнях, а також на рівні окремих підприємств. Багато в чому дана тенденція викликана змінами в міжнародному стандарті ISO 14001, на основі якого розробляються локальні стандарти, редагується європейський стандарт EMAS, коригується стандарт BS 8555. Покращення сучасних технологій дозволить зменшити ризики забруднення біосфери Світового океану до мінімуму.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Why a GOOS? In: The Global Ocean Observing System [website]. Paris: Global Ocean Observing System, Intergovernmental Oceanographic Commission; 2019 http://www.goosocean.org/index.php?option=com_content&view=article&id=118&Itemid=109, accessed 13 April 2019).

2. Halpern BS, Longo C, Zeller D. An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature*. 2012;488:615–620

3. How many oceans are there? In: Ocean facts [website]. Silver Spring (MD): National Ocean Service; 2018 (<https://oceanservice.noaa.gov/facts/howmanyoceans.html>, accessed 13 April 2019).
4. 2017 HLPF thematic review of SDG 14: conserve and sustainably use the oceans, seas and marine resources for sustainable development. New York: High-level Political Forum; 2017 (<https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/14375SDG14format-revOD.pdf>, accessed 13 April 2019)
5. Пашинин Г., Ялышко Р. Система газового выхлопа нового поколения для защиты экологии // Морская биржа. 2014. № 4 (50) [www.maritimemarket.ru/article.phtml?id=1895]
6. Liu, Jiahui; Duru, Okan (2020). Bayesian probabilistic forecasting for ship emissions. *Atmospheric Environment* 231: 117540. doi:[10.1016/j.atmosenv.2020.117540](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117540).
7. Schrooten, Liesbeth; De Vlieger, Ina; Int Panis, Luc; Styns, Karel; Torfs, Rudi (2008). [Inventory and forecasting of maritime emissions in the Belgian sea territory, an activity-based emission model](#). *Atmospheric Environment* 42 (4): 667–676. Bibcode:2008AtmEn..42..667S. doi:[10.1016/j.atmosenv.2007.09.071](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.09.071).

Оцінка ефективності роботи систем очищення димових газів морських суден при використанні скрубберів

Анотація: 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 (SO_x) 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 процесів SWFGD. У цій статті представлено огляд нових розробок, а також вдосконалених конфігурацій процесів SWFGD.

Ключові слова: екологічні норми, відпрацьовані гази, діоксид сірки (SO_x), процес SWFGD, модифікація процесу.

ASSESSING THE EFFICIENCY OF OFFSHORE FLUE GAS CLEANING SYSTEMS USING SCRUBBERS

Udolatiy V.B., assistant

National University «Odesa Maritime Academy», Ukraine

Abstract: Seawater flue gas desulphurization (SWFGD) is considered a viable solution for use on marine vessels. However, this process has a number of drawbacks, including the corrosiveness of the absorbent, low vapor absorption capacity because the solubility of sulfur oxides (SO_x) in seawater is lower than that of limestone used in traditional methods, high seawater consumption, and large equipment size. This prompts the search for possible improved configurations to increase the productivity of SWFGD processes. This article provides an overview of new developments as well as improved configurations of SWFGD processes.

Keywords: environmental standards, exhaust gases, sulfur oxides (SO_x), SWFGD process, process modification.

Одним зі способів для ефективного контролю викидів SO_2 є десульфурація димових газів (FGD), при якій димові гази взаємодіють з поглинаючим середовищем, причому мокрі процеси займають приблизно 87% від загальносвітової частки. Завдяки своїй природній лужності та високій доступності, морська вода розглядається як технічно і економічно надійний розчинник для процесів десульфурації на морських судах. Процес FGD з використанням морської води (SWFGD) як сорбенту є зручним та економічно вигідним, і з цією метою проводиться велика кількість досліджень, особливо в галузі вдосконален-

ня процесу. Метою цієї статті є всебічний огляд розвитку технологій SWFGD, які останнім часом отримали значну увагу.

Оскільки розчинність або абсорбційна рівновага SO_2 є важливою і необхідною для проектування скрубєрів, були проведені дослідження з визначення розчинності SO_2 . У морській воді в діапазоні температури від 10 до 25 °C розчинність SO_2 коливається від 10^{-5} до 1 моль. Прогнозована розчинність SO_2 у морській воді приблизно у два-три рази вища, ніж у прісній воді. Загалом, у існуючих суден SO_2 в димових газах має типовий діапазон концентрацій 80-1000 ppm_v на суху речовину [1]. У таблиці 1 наведено дані, що враховуються при проектуванні систем знесірчення димових газів в системах SWFGD [2].

Таблиця 1. Дані, що враховуються при проектуванні систем десульфурації SWFGD

Витрата димових газів, (Нм ³ /год)	23 000 - 540 000
Рівень SO_2 на вході, (ppmd)	700
Вихідний рівень SO_2 на виході, (ppmd)	20
Ефективність видалення SO_2 , (%)	97,1 (від 3,5% S до 0,1% S): SECA 85,7 (3,5% S до 0,5% S): світовий океан за винятком Південно-Східної та Південно-Східної Африки
Елементи, що регулюються при скиданні морської води	pH, ПАУ, каламутність, нітрати

Морські скрубєри, які безпосередньо використовуються в системах SWFGD повинні бути здатні справлятися зі зміною лужності морської води, температури морської води та навантаження на двигун. Крім того, багато обмежень мають бути враховані під час проектування процесу SWFGD. Окрім обмежень, пов'язаних з SO_2 та умовами експлуатації з точки зору співвідношення рідина-газ, ще обов'язково треба враховувати обмеження по висоті колони, її ваги і простору на судні.

Для морських застосувань можна використовувати як відкритий, так і закритий контур скрубєрів. Крім того, може бути застосований гнучкий або гібридний контур, який може перемикатися між системами відкритого і закритого циклу. Відкритий цикл застосовується для зменшення експлуатаційних витрат, а замкнутий контур застосовується у регульованих районах для запобігання порушень нормативних вимог.

За даними DNV GL, з встановлених скрубєрних систем, 70,6% мають відкритий контур [3]. На гібридні системи припадає 27,4% скрубєрних установок, а на системи із закритим контуром - 2%.

Нові розробки

За допомогою експерименту було виявлено, що зниження витрати морської води на 47% можна досягти при використанні скрубєрів з насадним шаром [4].

Очищення морської води від SO_2 у протиточних колонах із насадними шарами було проаналізовано за допомогою моделювання [5]. Також запропоновано багато нових підходів для SWFGD, таких як використання електрифікованих розпилювачів [6], структурованих насадних шарів [7] або скрубєрів прямокутної (квадратної) форми [2], щоб задовольнити особливі потреби нових систем.

Було запропоновано нові підходи для поліпшення продуктивності розпилювальних колон, включно з модифікацією процесу, такі як оптимізація умов експлуатації, удосконалення розпилювачів аерозолів та пари, додавання внутрішньої частини колони, використання квадратної або прямокутної форми вежі, використання попереднього скрубера, використання декількох скрубєрів, інтеграція процесу, наприклад, поєднання очищення від SO_x та інших газів з утилізацією відпрацьованого тепла, а також рекуперація відпрацьованого тепла, та інтенсифікація процесу, наприклад, використання електрифікованих розпилювачів, закрученого газового потоку та обертових насадних шарів.

- Модифікація та оптимізація умов експлуатації

Робоча температура

Вищі температури абсорбційного розчину мають негативний вплив на десульфурацію, тобто нижча робоча температура є теоретично сприятливою для підвищення ефективності видалення SO_2 . Тим не менш, вплив температури абсорбції в межах 20-40 °C є незначним. Для підвищення ефективності абсорбції можна використовувати скрубєр Вентурі для очищення димових газів і теплообмінник для морської води. Оскільки для охолодження використовується морська вода з температурою 5-15 °C, скрубєр може працювати при 25-35 °C.

стан рН

рН морської води, який зазвичай варіюється від 7,6 до 8,4, можна розглядати як фактор, що підвищує ефективність видалення SO_2 . Буде корисніше додавати NaOH до тієї ж абсорбційної морської води, для підтримки видалення SO_2 при збереженні рівня рН промивної води, близького до нейтрального [8].

Робочий тиск

SWFGD може працювати при атмосферному тиску через високу розчинність SO_2 у воді, і навіть вищий робочий тиск є сприятливим для ефективної роботи скрубєра. Але, завдяки турбокомпресору в двигунах, димові гази вже мають атмосферний тиск, що призводить до протитиску в системі. Цей протитиск може впливати на продуктивність двигуна, призводячи до збільшення споживання палива, викидів твердих частинок і CO та температури вихлопних газів. Підвищення викидів NO_x також можливе через збільшення навантаження на двигун.

- Вплив швидкості потоку газу на десульфурацію

Експериментальні результати показали, що швидкість газу має невелике значення для швидкості перенесення. Слід зазначити, що збільшення швидкості газу в чотири рази з 5 до 20 м/с при незмінному співвідношенні газ/рідина означає чотирикратне збільшення пропускної здатності. Досліджуючи швидкість газу до 5 м/с, було виявлено, що ефективність видалення та рН поглинача SO_2 зменшуються зі збільшенням швидкості потоку газу. Необхідно провести додаткові дослідження для визначення найбільш ефективної швидкості газу для скрубєра SO_2 з метою мінімізації розміру скрубєра, що є необхідним для морських скрубєрів.

-Вплив співвідношення рідина-газ на десульфурацію

Коли співвідношення рідина/газ збільшується при фіксованому об'ємі газу, об'єм рідини в колоні збільшується, що призводить до збільшення площі контакту газ-рідина. В результаті можна досягти більш високої ефективності видалення SO_2 , особливо в розпилювальній колоні. У той же час, перепад тиску також зростає зі збільшенням співвідношення рідина/газ [9].

Вплив солоності та лужності морської води

Морська вода очищує SO_2 краще, ніж дистильована вода через притаманну їй лужність. Здатність поглинання SO_2 зменшується, коли зменшується як лужність, так і солоність. Також було помічено, що висока солоність морської води може покращити поглинання SO_2 . При однаковій лужності вплив солоності є незначним, в той час як розчинність діоксиду сірки помітно зростає зі збільшенням лужності.

Вплив парціального тиску SO_2

Фактори, які впливають на ефективність видалення SO_2 , розташовані відповідно до їх впливу: співвідношення рідина-газ, швидкість газового потоку, концентрація SO_2 на вході, температура поглинального розчину. Крім того, нижчий парціальний тиск SO_2 на вході призводить до більшої ефективності видалення SO_2 . рН стічних вод зменшується, а здатність морської води до десульфуризації збільшується при збільшенні парціального тиску SO_2 [10].

Ефект від використання домішок

Додавання домішок є важливим методом підвищення ефективності видалення SO_2 за допомогою морської води. Нижчі концентрації неорганічних добавок (сульфат магнію та сульфат натрію) підвищують ефективність видалення SO_2 і мало впливають на регенерацію морської води при десульфурації. Органічні домішки (оцтова та гексанедіоцтова кислоти) сприяють десульфурації морської води за нижчих значень рН, але вони мають негативний вплив на відновлення морської води після десульфурації. Необхідні додаткові дослідження і розробки для зменшення інвестиційних та експлуатаційних витрат на цей процес.

- Удосконалення розподільників аерозолів і пари

Розпилювачі аерозолів та пари повинні бути враховані для досягнення належної гідравліки в зоні впуску. Рівномірний розподіл пари і рідини забезпечує максимальну продуктивність і ефективність для заданої конструкції колони. Якість роботи розпилювача залежить від декількох факторів, таких як форма розпилювача, конструкція розпилювача, кут розпилення та висота розпилювачів над шаром [11]. Рівномірність розпилення, малий розмір крапель з високою швидкістю та низька енергія розпилення є бажаними критеріями для розпилювача. Розташування розподільника пари є дуже важливим, оскільки якщо він знаходиться занадто низько, він може бути занурений у донну рідину, що призводить до турбулентності на рівні рідини, високого перепаду тиску і захоплення рідини з висхідною парою. Паророзподільник не повинен розташовуватися близько до максимального рівня рідини, між ними має бути простір. Треба зауважити, що мінімальний рівень рідини внизу також важливий, тому що якщо він занадто низький або різниця між нижнім краєм колони і мінімальним рівнем рідини невелика, пара з паророзподільника може частково

виходити з нижньої частини колонки. Крім того, потік пари з розподільника не повинен торкатися нижній поверхні рідини, що може статися коли внутрішня труба нахилена вниз, або якщо вхідна труба колони має нахил вниз на вході [11].

- Додавання внутрішньої частини колони

Переосмислення структурованих насадок, які можуть створити більшу площу контакту газової і рідкої фаз, що призводить до підвищення ефективності розділення, було запропоновано для вдосконалення морських скрубєрів [12], за умови, що скрубєри займатимуть менше місця. Нещодавно повідомлялося про результати досліджень о продуктивності двох різних установок SWFGD, включаючи насадну колону і розпилювальну колону [13]. Результати показали, що насадні колони можуть заощадити 70% з точки зору потреби у воді порівняно з розпилювальними колонами. Нещодавно почали застосовувати для морських установок SWFGD насадки четвертого покоління, які мають ряд переваг, таких як висока продуктивність, низький перепад тиску і знижені витрати води [5].

Системи з перфорованими пластинами мають переваги за рахунок надзвичайно інтенсивного переносу газу та рідини, тоді як сальникові набивки використовують більшу площу міжфазної поверхні газорідинної суміші. Нещодавно комбінація насадок і перфорованих пластин дозволила досягти високої ефективності видалення SO_2 при одночасному зменшенні розміру поглинача і споживання морської води [14].

- Квадратна або прямокутна форма скрубєрних колон

Скрубєри квадратної або прямокутної форми дають більш високу об'ємну ефективність, ніж існуючі циліндричні скрубєри [4]. Причиною цього є те, що при однаковій площі діаметр циліндричного скрубєра більший, ніж сторона скрубєра квадратної форми. Завдяки такій формі спрощується монтаж на судні та встановлення набивки, а також простір, який займає скрубєрна колона може бути зменшений. Однак при такій формі важко отримати хороший розподіл димових газів [15]. Нещодавно компанія PacificGreen Technologies розробила компакту, гнучку систему десульфурації прямокутної форми, яка займає мінімально можливу площу без шкоди для ефективності.

- Використання попереднього скрубєра

Зауважимо, що різні температури вихлопних газів відповідають різним навантаженням на двигун. Низькі температури сприяють абсорбції, тобто вища розчинність спостерігається при низьких температурах. Це зменшує витрату розчинника, необхідну для абсорбції даної кількості SO_2 . Таким чином, високотемпературний димовий газ повинен бути охолодженим перед подачею в скрубєр. Знижена температура також використовується для захисту системи і дозволяє зменшити розмір скрубєра, оскільки об'ємна витрата димових газів є меншою. У роботі [16] представлений метод з використанням двох секцій скрубєра для видалення SO_2 з вихлопних газів судового двигуна. Вихлопні гази швидко охолоджуються з температури приблизно 180-250 °C до діапазону температур приблизно 45-60 °C в першій секції скрубєра перед надходженням до другої секції. Скрубєр Альфа Лаваль SO_x поєднує в собі струменевий скру-

бер, який використовується для охолодження димових газів за допомогою води, і абсорберу, де SO_x видаляється до необхідного рівня (як показано на рис. 1).



Рисунок 1. Принципова схема, що поєднує струменевий скруббер та абсорбер.

Струменевий скруббер можна замінити скруббером Вентурі, щоб збільшити уловлювання твердих часток (ТЧ), але це збільшує перепад тиску в установці. Використання скруббера Вентурі для швидкого охолодження призводить до зменшення об'ємної швидкості потоку, оскільки на об'єм впливає температура. Це призводить до збільшення продуктивності скруббера. Крім того, скруббер Вентурі може видаляти SO_2 , що призводить до підвищення ефективності всієї системи з точки зору видалення SO_2 .

- Декілька подач морської води до скруббера

У скрубберах для видалення SO_2 поглинання в основному відбувається в нижній частині, в той час як у верхній секції абсорбера поглинання відбувається в дуже незначній мірі. При абсорбції SO_2 потік морської води може бути розділений для досягнення більш високої ефективності процесу. У конфігурації з декількома подачами морської води до скруббера (рисунок 2), більша частина морської води повинна надходити в нижню частину скруббера для видалення більшої частини SO_2 в цій секції, а також для того, щоб знизити температуру димового газу, що призводить до підвищення ефективності видалення. Таким чином, це рішення може бути застосоване для підвищення ефективності видалення SO_2 .

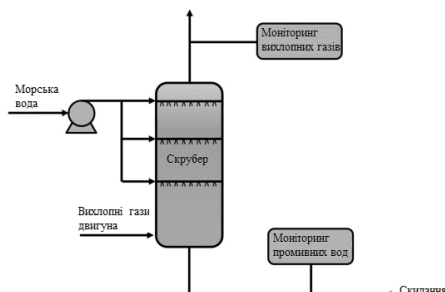


Рисунок 2. Принципова схема конфігурації з декількома подачами морської води до скруббера

- Одночасне очищення SO_x та інших газів в одному процесі

NO_x , який в основному утворюється в результаті згоряння N_2 і O_2 в повітрі, може бути видалений за допомогою двох найпопулярніших методів: рециркуляції вихлопних газів (EGR) та селективного каталітичного відновлення (SCR). Тим часом, для видалення або уловлювання CO_2 хімічна абсорбція з використанням розчинника є однією з найбільш популярних технологій. Завдяки різним методам і механізмам видалення SO_2 та інших газів, таких як NO_x або CO_2 , здійснюється з високою ефективністю очищення в різних незалежних установках. Така система має недоліки, такі як вимога до великої площі установки, складна система, а також високі інвестиційні та експлуатаційні витрати. Інтеграція обробки SO_x з іншими газами, як очікується, буде більш компактною і знизить інвестиційні та експлуатаційні витрати. Тому багато досліджень спрямовані на одночасне видалення SO_2 разом із NO_x та/або CO_2 в одному процесі за допомогою мокрого скрубінгу. Нещодавно концепція одночасного видалення SO_x і NO_x з використанням морської води була розроблена компанією YaraMarineTechnology [17].

- Утилізація відпрацьованого тепла

Одним з недоліків мокрих скруберів є те, що тепло, яке міститься у вихлопних газах, втрачається даремно. Завдання рекуперації залишкової теплоти димових газів актуальне саме по собі, оскільки дає змогу мінімізувати теплове забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з цим досліджується можливість поєднання виділення SO_x з рекуперацією енергії димових газів на основі інтеграції циклу Ренкіна. Таким чином, система утилізації відпрацьованого тепла, яка заснована на органічному циклі Ренкіна (ORC), з метою виробництва електроенергії, для підвищення загальної енергоефективності на судах є достатньо перспективною. На рисунку 3 показано принципову схему простого ORC. Перший ORC впроваджено на борту новозбудованого судна MV Figaro, що забезпечує максимальну вихідну потужність 0,5 МВт [18]. Треба зауважити, що перепад тиску потрібно ретельно перевіряти, оскільки тиск вихлопних газів майже дорівнює атмосферному. Перш ніж концепція може бути застосована на морських судах, необхідні додаткові розробки.

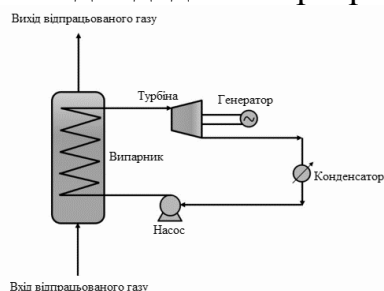


Рисунок 3. Принципова схема простого органічного циклу Ренкіна

- Використання електрифікованих розпилювачів покращує швидкість поглинання SO_2 . Така модернізація пов'язана з низькими додатковими витратами. Є результати досліджень поглинання електризованими водяними бризками SO_2 за рахунок покращення генерації бризок і диспергування крапель [6].

Виявлено, що швидкість заряджених крапель в 1,57 раз вище, ніж для незаряджених крапель. Нещодавно випробувано лабораторний мокрий електростати-

чний скруббер, в якому були використані струмені дистильованої води зі швидкістю потоку від 2 до 6 мл/хв, які електризувались контактним зарядом з потенціалом до 5 кВ [19].

- Закручений газовий потік

Масоперенос між газовою і рідкою фазами в розпилювальних колонах може бути поліпшений з використанням концепції закрученого газового потоку. Завдяки цьому рішенню димові гази вводяться тангенціально в башту, тому мають довший час утримання в скруббері, що призводить до збільшення часу контакту. На рисунку 4 показана принципова схема скруббера для очищення від оксидів SO_x із закрученим газовим потоком. Закручений потік газу призводить також до посилення масообміну в розпилювальній башті і компактності скруббера.

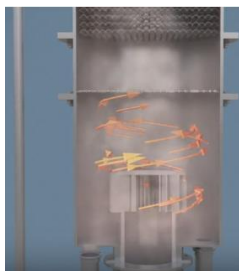


Рисунок 4. Принципова схема системи скрубберів SO_x із закрученим газовим потоком.

- Мембранний контактор

Іншою передовою технологією, яку можна розглянути, є мембранний контактор, який може реалізувати газорідинний контакт через порожнисту волокнисту мембрану. У цій технології абсорбуюча рідина тече з одного боку, а газ - з іншого боку мембрани. Ця технологія має ряд переваг, включаючи високу міжфазну поверхню на одиницю об'єму, відсутність емульсії, відсутність затоплення при високих швидкостях потоку та високу корозійну стійкість.

У скруббері з мембранним контактором коефіцієнт масопередачі в морській воді приблизно вдвічі вищий, ніж у розчині NaOH з рН 8,35. Додавання бульбашок повітря до морської води, щоб збільшити турбулентність рідини на поверхні розділу фаз газ-рідина біля поверхні мембрани, може зменшити опір масопередачі рідкої плівки або покращити масоперенос [20]. Зокрема, загальний коефіцієнт масопереносу SO_2 може бути збільшений з $1,15-1,5 \times 10^{-3}$ м/с без аерації до $1,35-1,85 \times 10^{-3}$ м/с за швидкості потоку аерації 5 л/хв.

Впровадження новітніх розробок у технологічний процес SWFGD

Перший у світі скруббер, встановлений на борту судна компанією AalborgIndustries, знаходиться в експлуатації з червня 2010 року. Цей гібридний скруббер може працювати як в режимі морської води, так і в режимі прісної води. З того часу було докладено багато зусиль для покращення продуктивності SWFGD. Кілька вдосконалених систем SWFGD, 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 [2], акомпанія HanbalMasstechLtd запатентувала компактні, гнучкі установки прямокутної форми, які займають найменш можливу площу. Скрубери SO_x 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 (рисунок 5) [21]. Циклонна технологія може бути застосована на існуючих суднах з обмеженим монтажним простором.

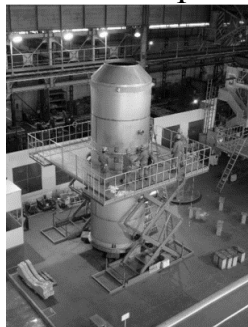


Рисунок 5. Скрубер SO_x з використанням циклонної технології.

Перспективи на майбутнє

При розгляданні технологічних процесів в SWFGD необхідно враховувати багато обмежень, а також тенденцію до покращення продуктивності процесу з точки зору компактності, зменшення ваги скрубера, енергоефективності, зниження споживання морської води. Як і раніше, необхідні дослідження для визначення найбільш ефективної швидкості газу в скрубери, щоб мінімізувати розмір скрубера.

Крім того, існує потреба у дослідженні добавок, що підвищують ефективність видалення SO_2 . Для досягнення кращих гідравлічних характеристик для підвищення ефективності видалення SO_2 необхідно розробити високоефективні розпилювачі та розподільники пари. Через обмежений простір на суднах, методології одночасного видалення SO_2 та інших газів можуть розглядатися як хорошим напрямком у майбутньому. Крім того, необхідно провести техніко-економічний аналіз та аналіз життєвого циклу морських SWFGD.

Висновки

З огляду на глобальне посилення екологічних норм IMO, у цій роботі були проаналізовані сучасні дослідження та промислове використання SWFGD.

SWFGD 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. Було піддано критичній оцінці багато рішень щодо модифікації, інтеграції та інтенсифікації процесу для підвищення ефективності SWFGD. 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. Проте, щоб досягти вдосконалення

та інтенсифікації процесів у скрубберних системах необхідні подальші дослідження моделей, розробка інструментів проектування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Фладжіелло Д., Каротенуто К. Тверді частинки у вихлопних газах суднових дизельних двигунів: викиди та стратегії контролю. Переклад. Res. Part D Transp. Навколишнє середовище. 2015, 40, 166–191. [Електронний ресурс]
2. Сасаки Р., Нагаясу Т., Шингу, Т. Практична розробка морського скрубера SO_x для мегаконтейнеровозів. Mitsubishi Heavy Ind. Tech. Rev. 2019, 56, 1–8.
3. 80% of Scrubbers are Open-Loop: DNV, GL. Available online: <https://www.seatrade-maritime.com/asia/80-scrubbers-are-open-loop-dnv-gl>.
4. Відаль Ф., Оллеро П., Вільянуева А. Каталітичний процес десульфурації димових газів морською водою: Дослідження на експериментальній пілотній установці. Environ. Sci. Technol. 1. 2007, 41, 7114–7119. [Електронний ресурс]
5. Ілюта, І., Ілюта, М. Моделювання очищення морської води від SO_2 у протічійних насадкових колонах з високоефективними насадками. Sep. Purif. Technol. 2019, 226, 162–180. [Електронний ресурс]
6. Ди Ф., Каротенуто К. Посилене видалення SO_2 за допомогою заряджених крапель води. Chem. Eng. Trans. 2016, 52, 505–510.
7. Даракес., Рахімі А., Хатаміпур М.С., Хамзелуї П. Видалення SO_2 морською водою в башті з киплячим шаром: експериментальне дослідження та математичне моделювання. Sep. Sci. Technol. 2014, 49, 988–998. [Електронний ресурс]
8. Фладжіелло Д., Ерто А., Ланчіа А., Ді Натале Ф. Експериментальний та модельний аналіз скрубберів з морською водою для видалення діоксиду сірки з димових газів. 2018, 214, 254–263. [Електронний ресурс]
9. Ван З., Пенг Ю., Рен Х. Абсорбція діоксиду сірки розчином гідроксиду натрію в розпилювальних колонах. Ind. Eng. Chem. Res. 2015, 54, 8670–8677. [Електронний ресурс]
10. Ма Ю., Сюй Л. Дослідження скруббування морською водою для видалення SO_2 з вихлопних газів суднових енергетичних установок. Environ. Prot. Eng. 2020, 46, 31–47.
11. Bandyopadhyay, A.; Biswas, N.B. Critical flow atomizer in SO_2 spray scrubbing. Chem. Eng. J. 2008, 139, 29–41. [Електронний ресурс]
12. Фладжіелло Д., Ді Натале З. Знесірчення димових газів морських дизельних двигунів шляхом скрабування морською водою в структурованій насадковій абсорбційній колоні. У матеріалах 40-ї конференції ASICI, Рим, Італія, 7–9, 2017.
13. Фладжіелло Д., Парізі А., Ланчіа А., Каротенуто К. Очищення морської води від сірки в розпилювальних і насадкових колонах для суднового дизельного двигуна потужністю 4,35 МВт. Chem. Eng. Res. Des. 2019, 148, 56–67. [Електронний ресурс]
14. Оікава К., Юнгсірі С., Такеда К. Знесірчення димових газів морською водою: Її технічні наслідки та результати роботи. Навколишнє середовище. Prog. 2003, 22, 67–73. [Електронний ресурс]

15. Just, P.E. ShellCansolvdeployingCCSworldwide. In Proceedings of the Second Post-Combustion Capture Conference (PCCC2), Bergen, Norway, 17–20 September 2013. *Energies* 2020, 13, 5917 18 of 20
16. Hansen, J.P. Scrubber System and Method Technical Field. WO 2013/045272 A1, 4 April 2013. 15. ENVI-MARINETM Scrubber Technology. <https://maritechgroup.com/exhaust-gas-cleaningsystem/#tab-1-2>
17. 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.
18. Green Car Congress, First Reference Installation of OpconWaste Heat Recovery Technology for Ships; Potential for 5–10% Fuel Savings. Available online: <https://www.greencarcongress.com/2012/08/opcon-20120826.html>
19. Ді Натале Ф., Каротенуто К., Ланча А. Експериментальні докази електрогідродинамічної абсорбції діоксиду сірки в електризованих водних розпилювачах. *Chem. Eng. Res. Des.* 2019, 146, 249–262. [Електронний ресурс]
20. Лю Я., Денг М., Юань Я. Процес десульфуризації димових газів на аераційній мембрані з абсорбцією морською водою, інтенсифікований поєднанням двофазного потоку та реакції окиснення. *Chem. Eng. Process.* 2020, 153, 107935. [Електронний ресурс]
21. Fuji Electric's First Shipment of Exhaust Gas Cleaning Systems for Ships. https://www.fujielectriceurope.com/en/fuji/news/news_detail/n/fuji_electric_s_first_shipment_of_exhaust_gas_cleaning_systems_for_ships.

СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ОСВІТІ ТА ІНШОМОВНА ПІДГОТОВКА СУДНОВИХ ІНЖЕНЕРІВ

УДК: 811:111:656.61(09) (045)

Nikulina O.L.

Assistant professor, PhD, Head of the English department,
National University "Odessa Maritime Academy"

Origin and etymology of marine superstitions

Nowadays intercultural awareness and cooperation of people working together that have different cultural background is highly spread and very effective. It is of utmost importance and relevance to those who work in international teams, a good example of such a team is a ship's crew in a multinational or mixed crew. While working together in one crew on board one ship people have to communicate and solve professional problems 24 hours a day. For successful communication they not only have to know the universal language, English, which is adopted as maritimelanguage worldwide, they also have to be in the know of customs and traditions, symbols and signs, taboos and omens related to different countries and cultures, which is essential at sea, to escape possible psychological misunderstanding and even collisions while achieving their common target. That is why we decided to concentrate our research on the origin and etymology of marine superstitions.

The history of marine superstitions dates back to the very first days of seafaring. At the time when the first ships appeared and the first voyages started to be organized, the mariners didn't have any maps or navigational aids, they relied mostly on their intuition. The seamen of those times wanted to prove that the earth is round, which explains the fact that great Columbus sailed west to reach the coasts of India while in reality he reached the coasts of America, that's why the locals are still called Indians. The existence of this continent the Europeans were not aware of. Needless to say that such long expeditions required not only a solid stock of food and water on board but also psychological support for the people in the open ocean that could not communicate with their relatives and families, the mariners were restricted to the company of only their crew fellows. The big helper in this situation were beliefs. That is how the marine superstitions began to appear. They still exist on board every ship until now, but not all the seamen can explain them.

That is why the aim of this paper is to investigate and systematize the terms and phrases reflecting marine superstitions according to their functions and attribution to the notions that they suggest: people, animals, objects, traditions. This is the first attempt of such classification made in the domain of maritime English not only in 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 etymology of marine/ nautical ESP.

The marine business is developing very fast nowadays with lots of new types of ships being built and new routes being created. Since maritime business is interna-

tional, many crews nowadays are multicultural and professional maritime English is spoken on board. The problem of cultural awareness in mixed crews is vital in solving professional situations, problematic at times. The social world that seafarers envisage on board their ships is different from the social world of those people who live on shore. Seamen live in an enclosed location, a ship, which is surrounded by water and cut off land, which is not natural for human species. That's why the seamen are followed by the drastic desire to come back to where they belong, i.e. home, to their families. Of course, the navigation now is safe, people live in comfortable conditions on board, but that was not always so. Historically all seamen were superstitious. So we thought that tracing back the origin and etymology of marine terms and phrases connected with marine superstitions would be of high interest and relevance. We followed the two track idea of our research: first we systematized the observed bulk of lexical material according to the positive/ negative function of the terms and phrases and secondly, we attributed the terms according to the notions they reflect: people, animals, objects, traditions.

1. Positive and negative connotations of superstitions.

In the following article we undertook an attempt to systematize marine superstitions according to two criteria: a) terms/phrases with positive or negative connotation and b) groups of notions that marine superstitions refer to.

The word **superstition** is defined as 'the belief that particular events happen in a way that cannot be explained by reason or science; that particular events bring good or bad luck' [2, p.1485]. Linguists include in the subject of 'superstitions' such things as divinations, spells, cures, charms, signs, rituals and taboos. While divinations or fortune telling, signs and rituals can be interpreted as with both good or bad connotation, cures and charms definitely speak about protection or good luck, while spells and taboos suggest the idea of ill luck. [1. p.3]

Superstitions appeared in the beginning of human civilization formation when primitive pagan people feared that their livelihood could be harmed or even destroyed by evil forces of nature, which they couldn't explain and people deeply believed that tragic events may be prevented by some rituals, signs etc. Seamen are a very special type of people because of their profession peculiarities: they are isolated from the society on a spatially restricted territory – a ship, and their life is exposed to severe dangers of unpredictable sea; in other words, their lives are in a much bigger danger than of those who live on land. Needless to say that they with years have developed their own world of various superstitions, charms, signs, taboos, etc. which they stick to up till now.

In this article we made an attempt to analyze the most frequently followed superstitions from the point of view of being interpreted as 'positive' and 'negative', that is bringing good or bad luck. Marine superstitions are frequently addressed to not only by seafarers, but also by people living on land because seamen share this information with their family members after the voyage. We also tried to make a comparative analysis of superstitions naming in different countries.

Some people even don't know the origin of a superstition as that of the marine one, but are well aware of the meaning of it and use such expressions in everyday

life. For example, all people love travelling nowadays and can afford it. No doubt the tourists have a habit of **tossing a coin** in the waters of a Rome or Paris fountain so that they may come back and visit the place again. That's a notorious fact, but not many people know that this sign for good luck comes from marine superstitions. The custom was registered in the 20-ies of the 20th century when fishermen, when the nets are being paid out, cut the slice in one of the pieces of cork attached to them and insert a coin, by way of informing Neptune that they are prepared to pay for the fish they catch. Whenever a new fishing boat is launched, a coin is placed and kept permanently under the mast for good luck. [1, p. 92] A coin thrown into the sea was also a kind of omen, pleading for the wind to come in the epoch of tall ships when the sailing completely depended on the wind to blow the sails. After whistling and blowing didn't help the sailors would use their last resource, they threw a sixpence overboard, believing this enchantment would help. They also accompanied the ritual with the wordings: 'Blow a little breeze, please, Father', meaning of course Father Neptune. [1, p.446]

Another example of a very common sign of good luck is **horseshoe**. It is usually placed above the front door for luck, and the forks should look upward, not downward, otherwise the horseshoe, being a symbol of a cornucopia or horn of plenty will turn to look like a topsy-turvy vase that cannot keep anything inside. The origin of this superstition also roots in marine tradition. In the 19th century it was usual to nail a horseshoe on the foremast of merchant vessels which was meant to keep witches and wizards from hindering the voyage or damaging the ship. Since then practically no vessels have put to sea without this talisman. Admiral Nelson had a horseshoe nailed to the mast of the *Victory*. [1, p.204]

One more association that would definitely ring the bell for many people is connected with the word '**cat**'. In ancient Egypt cats were worshipped as sacred animals. In medieval times a cat was a symbol/ sign of witch. It is interesting to trace how in different cultures different color of cats meant diametrically opposite thing. Slavs would associate black cat with bad luck, and when black cat crosses the road in front of you it's better to use another itinerary. In Britain black cat was considered a lucky talisman, lucky to possess and to touch; the blood of a black cat was believed to cure diseases while white cats in this country bring ill luck to the house and people prefer to get rid of them. As marine tradition goes cats were also treated differently in different times. In the epoch of sailing vessels, the superstition was that drowning a cat was the surest way of raising a favorable wind while in the 19th century the common sailors would account it very unlucky to throw a cat overboard or drown one at sea. As we can see sometimes superstitions can be very contradictory.

The expression "**there's no room to swing a cat**" is quite popular and often used on land meaning "confined, restricted space too small for a particular purpose" [3, p34] But who would imagine a situation when people could swing a cat on land? The origin of this expression comes from nautical slang and dates back to the times when sailors were often punished for disobedience by "cat-o'-nine-tails" which was a slang expression for nine-lashed whip. The punishment was administered on deck, generally in the space between the poop and the main mast which was a pretty small

area and to swing the cat effectively required quite some skill from the boatswain to execute the punishment.

Human nature tends to balance the good and evil signs that the Universe always suggests, so the human attitude to good and evil is reflected in peoples' beliefs and their reflection in the language. Alongside with symbols/signs associated with good luck we'll find many words and expressions associated with ill luck which originated within the frame of marine English.

One such example of bad luck is the presence of a dead body on board ship. It was considered that a **corpse defiled ship**, so the sailors would do everything possible to get rid of a suddenly deceased seaman very often throwing the body overboard. After that the deck was thoroughly cleaned with water. By the way this tradition to wash the place the coffin stood was transmitted to houses on land – after the coffin had been brought out of the house and the funeral party had gone one of the servants washed the threshold. [1, p.97]

Another sign of ill luck was **pins on ship**. They were considered 'spiteful witches and ought never to be brought on board a vessel' [1, p.312] On the contrary, there is diametrically opposite tradition ashore, which says that wearing a safe pin somewhere on an invisible side of your clothes will bring you protection from bad luck.

3. Notions and etymology of superstitions' subjects.

As was mentioned above the most frequently kept marine superstitions will be considered here from the view of bringing good luck or bad luck. During the research we figured out several groups of marine superstitions connected with: 1. People, 2. Animals, 3. Objects, 4. Traditions.

1. People. In the history of seafaring definitely creation and development of marine superstitions were very important not only for mariners themselves, but also for people who waited for them ashore or just met them in their town streets. That's why some superstitions connected with mariners were created by people on land. We shall start with the word '**sailor**'. When sailors came ashore the hands crowded round to touch them, because it was considered big luck. Especially important was to touch the sailor's color for girls and children. Bell-bottomed trousers, the robe and the collar around the neck – these were sure signs of sailors who brought good luck to people on shore. Sailors were well known to be the symbol of strength, courage and *good luck*. [1, 335]

Another good sign for a ship was **children** on board ship. 'Children are deemed lucky to a ship; their innocence being considered by sailors as protection and indicated *successful voyage*' [1, p.71]

The two examples above were the examples of people bringing good luck, but the question is: why according to some beliefs different people brought different luck? There were people that definitely were not wanted on a ship. **Clergyman** on ship was said to bring bad weather. Mariners thought that if clergymen were playing games with the devil on land being hypocritical and sinful, they would behave the same way at sea, so gentlemen of that kind were considered very *unlucky* to be on board.

Another unlucky person to be found on board ship was a **woman**. Today it is difficult to imagine any ship without a woman. Women are studying in Maritime

Academies all over the world and they successfully cope with the work of cooks, waitresses, maidens, passenger administrators, engineers, radio officers, electricians; they can even manage with navigation responsibilities and be captains! But that was not always so. Women were considered ill luck for the ship and the crew because they were thought of potential temptation to the sailors. The old sea superstition was that woman on board is *unlucky sign*. A woman on board was also considered to cause a storm.

2. Animals. We would like to start with birds that accompany the ships in the ocean and they are seagulls and albatrosses. **Seagulls** are considered to be, strange as it may seem, a *bad luck* because they are associated with the stormy petrel. These birds are regarded as objects of superstitious fear and are believed to possess the supernatural agency in creating danger for the mariner. Seagulls were reported to cry before any disaster. Many seamen also think of seagulls as souls of the dead/departed sailors and if three seagulls flow overhead that maybe the sign of the coming death on board. You should never shoot a seagull.

Albatrosses are also sea birds, and superstitions connected with them are completely different to those of the seagulls because since ancient times mariners always believed that they were birds of *good luck*. Once a crew complained about a couple of albatrosses were taken to the zoo (they are big and beautiful birds) they had had a series of misfortunes.

Goat used to be hanged on the mast by Scottish seamen to procure favorable wind, which is definitely for *good luck* during the voyage. On the other hand, such animal as dead **hare or rabbit** on board is said to bring bad weather. It would have been very unlucky to go to sea with even a fragment of rabbit's hair anywhere on the boat. Stories are told all along the coast of Scotland that mischievous boys got hold of rabbit skins, filled them with rubbish and placed them in the sterns of boats, in order to stop the men from going to sea. [1, p. 192] This is definitely *for bad luck*.

3. Objects. Needless to say that the objects that surround us usually are very important for people. In the house everybody has his favourite place or small pieces like statuettes, or some souvenirs that we love to look at, rub in our hands and feel the reminiscences about the day when we bought them. The same goes with things and objects that we'd like to get rid of because of bad memories. This typically human nature works with mariners, that's why some objects they treat like good signs, some like bad.

The first example will be **figurehead**, an omen of protection of the ship. They were the real carved figures, 'usually human (but also very often animals), fixed on the stem high in the bow (...) written as two words, "figure head". [3, p. 49] The prime function of such figures was a distinctive one: along with ship's tonnage, dimensions, port of registry, etc. the classification societies such as Lloyd's and Bureau Veritas used to also mention the type of ship's figurehead. Later their function tended to be more a decorative emblem. 'Its origin is probably both religious and personal, in a milieu where a ship was treated as a living thing' [3, p.50]. Gradually the female figure heads were predominant, especially naked or half naked, despite the fact that seamen considered women an unlucky sign. The point is that all sea gods

were supposed to be males so the look of a beautiful woman would pacify them and avert the ship from storm.

Another object which is connected with marine superstitions is the **knife**. In the 19th century it was said that it was a common practice among fishermen to stick the blades of the knives into the mast to bring the luck up. They used to say that 'when the wind fails, you should stick a knife in the mast and a breeze will come.' [1, p.218] So this was considered to be *good luck*.

4. Traditions. Traditions usually are referred to as 'customs and beliefs existing among a particular group of people for a long time'[2, p.1569]. They may also refer to rituals, to the perception of what is a good sign or a bad sign on board ship, what may or may not bring protection to the ship. ***Beginning voyage on Friday*** - is definitely a bad sign. 'A voyage that began on Friday is sure to be an unfortunate one.' A Friday's sail, always fail. [1, p 168] When Friday falls on the 13th of the month it's a double taboo to set on sail. On the contrary, ***going to sea on Sunday*** is absolutely safe and is considered to bring the ship and seamen good luck. For mariners Sunday was always the most fortunate day. 'whatever voyage is begun on that day is sure to be prosperous' [1, p.382].

Another tradition is to keep brooms and buckets always on board because ***losing broom or bucket at sea*** is considered very unlucky. That's because a broom or a mop is a tool of sweeping away all the 'evil' like dust and dirt from the ship and a bucket is a vessel for keeping 'good luck' like water, etc. 'When a sailor lets a pail fall overboard, he feels 'uncomfortable' (...) because 'a bucket lost overboard means ill luck' [1, p. 46]

Putting ***keys on the table***. This is considered to be a bad luck because it means that the person who put keys on the table may lose all his money in one day. Compare with dropping ***keys*** meaning 'a sign of a removal'. [1, p. 216] some of the same idea traditions were mentioned above in this article, like ***tossing a coin overboard for luck, touching a sailor, whistling for wind, etc.***

Some of the traditions were originally connected not directly with the sea and sailors but with the mariners' family, their wives in particular. Seamen's wives used to practice some activities to avert the spell from their husbands when the latter were at sea. Later on these 'safety keeping' traditions were transported on board ships by the seamen. For example, ***combing hair after sunset*** was considered to bring bad luck for those at sea, so fisherman's wife would never dare to brush her hair after midnight [1, p.185]

Another tradition was: ***never wash clothes on the day of sailing***. The seaman's wife would never wash on the day of the ship's set sail 'because the rushing away of the washday water might wash his ship away' [1, p. 425]

4. Conclusion.

The large domain of etymological bulk of the English language such as the origin of marine superstitions terms and phrases has been sparsely researched so far if at all. But this layer of lexicological material presents a great interest from historical and cultural viewpoint, although being vague and obscure. With this research we start lifting the veil off this mysterious but yet essential and live sector of the nautical language.

In the article marine superstitions were systematized according to:

- a) having positive (e.g. horseshoe; tossing a coin overboard) and negative (e.g. woman on board; keys on the desk) connotation
- b) groups of notions they refer to: people, animals, objects, traditions.

The article may be of interest not only to students learning English etymology, but also for all the seafarers and people who deal with maritime business.

REFERENCES:

1. Opie I. & Tatem M. Dictionary of Superstitions. Oxford, New York: Oxford University Press, 1996.
2. Hornby A.S. Oxford Advanced Learner's Dictionary of Current English. Oxford university Press, 2005.
3. Jeans P.D. An Ocean of Words. A Dictionary of Nautical Words and Phrases. Carol Publishing Group, Toronto, Ontario, 1998. 180 p.
4. Beavis B. & McGloskey R.G. Salty Dog Talk. The Nautical Origin of Everyday Expressions. Sheridan House, London: New York : Granada, 1983. 96 p.

Особливості мотивування студентів вузів при навчанні англійської мови в умовах дистанційного навчання.

Анотація

Метою даного дослідження є розгляд особливостей дистанційного навчання студентів вузів у сучасних умовах освіти, і, зокрема, вирішення проблеми мотивування учнів в ситуації відсутності прямого контакту з викладачем. Наукова новизна дослідження полягає в аналізі навчальних інтернет платформ, які використовуються викладачами вузів як додаткових, в процесі дистантного навчання, як спосіб підвищення мотивації студентів.

Підсумком дослідження є створення аргументованого списку інтернет ресурсів, що пройшли випробування як зі студентами мовних, так і незрозумілих вузів, і що давали найбільш високі показники рівня вмотивованості студентів до вивчення іноземної мови в умовах дистанційного навчання.

Ключові слова: дистанційна освіта; дистанційне навчання; підвищення мотивації студентів; навчальні інтернет платформи; принцип дистанційного навчання; іноземна (Англійська) мова.

Features of motivating university students when teaching english in the process of distance learning

KOZAK S. V. PhD Assistant Professor. National University "Odessa Maritime Academy"

Abstract

The purpose of this study is to consider the features of distance education of university students in modern educational conditions, and, in particular, to solve the problem of motivating students in the situation of lack of direct contact with the teacher. The scientific novelty of the study consists in the analysis of Internet learning platforms used by university teachers as additional, in the process of distance learning, as a way to increase student motivation.

The result of the study is the creation of a reasoned list of Internet resources that have been tested with students of both language and non-language universities, and which have shown the highest indicators of the level of motivation of students to study a foreign language in distance learning conditions.

Keywords: distance education; distance learning; increase in students' motivation; Internet training platforms; the principle of distance learning; Foreign (English) language.

Введення

Ситуація, яка склалася в країні і в цілому в світі (епідемія) вплинула на всі сфери життя сучасного суспільства.

Середні і вищі навчальні заклади були змушені перейти на віддалений – дистанційний режим роботи. Актуальність проведеного дослідження обумовлюється необхідністю забезпечення високого рівня підготовки студентів вузів, як майбутніх фахівців, які володіють іноземною (англійською) мовою.

При переході на віддалене(дистанційне) навчання викладачі зіткнулися з проблемою втрати інтересу студентів до вивчення іноземної мови, і, як наслідок, зі зниженням мотивації до процесу навчання, в цілому. На основі поставленої мети автор статті висунув наступні завдання дослідження: по-перше, на основі аналізу теоретичних джерел, дати характеристику дистанційного навчання, як істотної частини сучасної освітньої системи; по-друге, виділити позитивні і негативні сторони дистанційної освіти, і проблеми, з якими стикається викладач вузу при навчанні студентів іноземної мови в умовах відсутності особистого контакту з навчальними; по-третє, (і це є практичною значимістю дослідження) створити список додаткових інтернет ресурсів, що сприяють підтриманню і підвищенню рівня мотивації студентів до вивченню англійської мови, з практичними вказівками доцільності застосування того чи іншого ресурсу, відповідно до необхідності вирішення конкретних завдань навчання. Для досягнення мети роботи автор застосовував такі теоретичні методи дослідження, як метод індукції, контент-аналізу, герменевтичний метод, метод моделювання. Системний підхід до вивчення теоретичного матеріалу і систематизації практичного досвіду призвів до можливості вирішення основного завдання дослідження – створення аргументованого списку інтернет ресурсів, націлених на управління пізнавальною активністю учнів.

Несподіваний перехід від традиційної форми навчання на дистанційний формат виявився стресом як для викладачів, які не були підготовлені до нього, так і для студентів, які звикли здобувати знання від викладача особисто, а не сидячи перед екраном комп'ютера.

З початком періоду віддаленої освіти велику поширеність отримало використання Інтернет - ресурсів в системі освіти, так як викладачеві необхідно підтримувати постійний інтерес студентів до вивчення іноземної мови, а зробити це, перебуваючи на відстані, стає складніше, особливо для тих викладачів, які не звикли використовувати засоби мережі інтернет при навчанні. Таким чином, складності із застосуванням технічних та інформаційних засобів в процесі навчання породжує певні проблеми при вимушеному переході від традиційної системи освіти до дистанційної.

На сьогоднішній день в системі освіти тема дистанційного (дистантного) навчання широкого обговорюється і викликає підвищений інтерес серед викладачів іноземної мови. Тема навчання онлайн почала розглядатися з кінця ХХ століття. Крім того, інтерес до дистанційного утворення підігрівається інформацією про впевнене зростання даного навчання за кордоном.

Саме поняття дистанційної (або дистантної) освіти запозичено з англійської мови і практики освіти Великобританії, Канади і особливо США, де не тільки поняття Distance Education, але і абревіатура DE, що відбувається від цих слів, стали стійкими і не вимагають розшифровки. У зарубіжній практиці поняття дистанційної освіти охоплює найрізноманітніші моделі, методи і технології навчання, при яких педагог і учні просторово розділені, знаходяться в різних місцях (класах, школах, районах, містах і країнах). Природно, що технологічні особливості того чи іншого середовища спілкування накладають певний відбиток на саме спілкування між педагогом і учнем на стратегію і такти-

ку, методику навчання. Саме ці проблеми є темою великої кількості зарубіжних і вітчизняних літературних публікацій в періодичних виданнях. Фахівці Американської асоціації дистанційного навчання (The United States Distance Learning Association) під терміном «дистанційне навчання» розуміють процес навчання, в якому вчитель і учень або учень географічно розподілені і тому спираються на електронні засоби і друковані посібники для організації навчального процесу.

Ще одним і досить повним визначенням дистанційного освіти можна назвати те, яке розглядає дистанційне навчання як нову організацію освітнього процесу, що базується на принципі самостійного навчання студента. Середовище навчання в цьому випадку характеризується тим, що учні в основному віддалені від викладача в просторі і/або в часі. У той же час вони мають можливість в будь-який момент встановлювати і підтримувати діалог за допомогою засобів телекомунікації.

Таким чином, дистанційне навчання являє собою, більшою мірою, частково самостійне навчання з використанням технічних інформаційних, мультимедійних засобів, а також засобів мережі Інтернет, що включає зв'язок з викладачем в потрібний момент по засобах передачі інформації на відстані. Незважаючи на особливу форму дистанційного навчання, в його основі, як і раніше повинні лежати дидактичні принципи: об'єктивності, науковості; зв'язку теорії з практикою; послідовності, систематичності; доступності при необхідній мірі труднощі; наочності і різноманітності методів; свідомості і активності, міцності засвоєння знань, умінь і навичок. Таким чином можна виділити особливі, специфічні принципи для дистанційного навчання:

1. Принцип інтерактивності. Забезпечення інтерактивної взаємодії між учасниками при дистантному навчанні.

2. Принцип відкритості. Відкритий доступ до отримання інформації та засобів дистанційного навчання для кожного учня.

3. Принцип гнучкості. Індивідуальний підхід до кожного студента з урахуванням його здібностей і можливого часу навчання.

4. Орієнтація на споживача. Можливість отримання вищої освіти для тих, хто не може бути присутнім очно (особисто) на заняттях.

5. Принцип педагогічної доцільності застосування засобів нових інформаційних технологій. Застосування інформаційних та комунікаційних технологій в процесі дистантного навчання має відповідати цілям навчання, а також сприяти їх успішному досягненню.

Дотримуючись наведених принципів відкриваються нові можливості в викладанні, а також у підвищенні мотивації учнів. Крім загальновідомих платформ (Moodle, Blackboard, TrainingWare Class, Claroline LMS, Zoom), які застосовуються при дистанційному навчанні ведеться активна робота зі створення нових програм і платформ по дистанційному навчанню іноземним мовам, які викликають великий інтерес у студентів.

Взагалі, підвищення мотивації у студентів завжди є однією з основних завдань педагога. Мотивація – це процеси, що визначають рух до поставленої мети, це фактори, що впливають на активність і пасивність поведінки. Головною

ланкою мотивації є спонукання – поведінковий прояв. Саме мотивація викликає цілеспрямовану активність, визначає вибір засобів і прийомів, їх упорядкування для досягнення мети. Приступаючи до занять іноземною мовою, у студентів спостерігається висока мотивація, проте пізніше інтерес значно слабшає. Причина бачиться в наступному: вчення – це пізнання, не можна зобов'язати студента пізнати що-небудь, його можна зацікавити. Тому проблема мотивації є головною на всіх етапах навчання іноземним мовам. Викладач повинен представляти собі весь спектр мотиваційних засобів і прийомів для досягнення головної мети навчання іноземної мови.

На сьогоднішній день тема мотивування студентів в умовах дистанційного навчання є досить актуальною, так як ефективність навчання студента безпосередньо залежить від того, наскільки висока його мотивація. Студенти з високим рівнем професійної мотивації спрямовані на навчально-професійну діяльність, на розвиток самоосвіти і самопізнання. Студенти з низьким рівнем мотивації вчення відносяться індиферентно до процесу навчання. У кращому випадку, студенти проявляють пізнавальну активність на рівні попередження претензій з боку викладача. У гіршому – займаються пошуком шляху заміни власного прояву знань матеріальним еквівалентом.

Найбільш істотним недоліком педагогів є викладання «голих знань». Тобто викладач намагається дати максимально можливу кількість «голих» знань, без оглядки на їх адекватність поточної ситуації, до того ж без обґрунтування їх потрібності. Але студент – це не школяр, якому можна сказати «так треба», студенту необхідно також пояснити, яким чином ці знання йому знадобляться в майбутньому. І якщо відповідь буде «в житті все може бути корисним», що навчається з зрозумілих причин втрачає інтерес. Всі ці складності не зникають з використанням дистанційного навчання, а навпаки посилюються. При традиційному навчанні викладач знаходиться в особистому контакті з навчальним і тим самим бачить і контролює його інтерес. Крім того, досвідчений викладач «тримає» аудиторію не тільки високою компетентністю, але і особистими якостями, наприклад, «харизмою». Викладач може викликати величезний інтерес студентів до вивчення іноземної мови, періодично вказуючи на моменти практичного застосування отриманих знань.

При дистанційному навчанні відсутність особистого контакту і необхідність викладання «голих знань», тобто обов'язкової інформації в процесі навчання (граматичні явища, вокабуляр і т.і.), є першорядними факторами в підвищенні і подальшій підтримки мотивації учнів. Виходячи з вищесказаного, можна стверджувати, що мотивування студентів за допомогою традиційних методів не застосовне на дистанційному навчанні, а розвиток медіа, Інтернету, величезної кількості соціальних мереж і інтернет-ресурсів, які викликають стійкий інтерес молодих людей, є невід'ємним інструментом сучасного викладача, використання інтернет-ресурсів і соціальних мереж при навчанні англійської мови сприяє стимулюванню пізнавального інтересу студентів, а також розвитку навичок роботи з різноманітними джерелами інформації.

Спираючись на теоретичні джерела, а також на власний професійний досвід, отриманий в процесі дистантного навчання, автор вважає можливим виділити деякі переваги і недоліки даного типу навчання.

Позитивні сторони дистанційного навчання: 1. Накопичення, зберігання та редагування інформації. Інтернет-ресурси дозволяють розміщувати велику кількість інформації, а при необхідності у викладача є можливість змінити або доповнити її, в той час, як друковані видання не можуть коригуватися протягом навчального процесу. Крім того, у студентів з'являється можливість звернутися до потрібної інформації в той момент, коли це стає необхідним.

2. Безперервна комунікація викладача і студента, студентів між собою, а також з однодумцями з інших країн. Можливість аудіо-і відео дзвінків дозволяє викладачу створити реальну комунікативну ситуацію, в якій студенти можуть застосовувати всі отримані знання на практиці.

3. Можливість студента вибирати темп і час навчання. У сьогоденному світі час – це найцінніший ресурс, часто відбувається, що студент змушений поєднувати освітній процес з роботою.

Основним недоліком такого типу навчання є відстань між студентами і викладачем. У зв'язку з тим, що не завжди у учня вистачає мотивації до самостійного навчання, недостатньо розвинена сила волі і відповідальність, існує можливість втратити темпу навчання без постійного контролю викладача. Для збереження темпу навчання, для підтримки інтересу студентів, і для досягнення найкращих результатів в процесі освіти, автор статті використовував у своїй роботі різні додаткові інтернет ресурси, такі як :

1. <https://www.edx.org/> - некомерційна організація, проект Массачусетського технологічного Інституту, Гарвардського університету та університету Берклі. Після закінчення курсу у учня є можливість отримати сертифікат, але його видають тільки тим, хто вчасно і успішно виконував домашні завдання. Саме через це edX вважається найкращою платформою для отримання глибоких професійних знань.

2. <https://www.openlearning.com/> - Австралійський проект дистанційного навчання, який заснували фахівці з університету Нового Південного Уельсу. Головна відмінність цього сайту в тому, що він позиціонує себе не тільки як навчальна платформа, але і як соціальна мережа для бажаючих здобувати знання. Матеріали складаються з докладних відеолекцій, а також питань для обговорення, на які студентам треба буде дати письмову відповідь англійською мовою. Студенти можуть брати участь в дискусіях з носіями мови, обмінюватися знаннями і тренуватися писати повідомлення англійською.

3. <https://englex.ru/self-study-materials/> - онлайн-школа з безкоштовною бібліотекою матеріалів для самостійної вивчення мови.

Однак автор статті вважає можливим запропонувати інтернет-ресурси, які, на його погляд, найбільш сприяють підвищенню мотивації до вивчення іноземної мови у навчаються на дистанційному навчанні:

1. <https://www.real-english.com/> Онлайн відео бібліотека, в якій зібрані діалоги англomовних людей на різні теми. Всі відео сформовані за рівнями знань, а також за граматичними і лексичними тематиками. У процесі перегля-

ду відео студент може вибрати варіант перегляду з субтитрами або без них. При регулярному прослуховуванні розмовної мови носія мови у студентів з'являється розуміння реальної, спонтанної ситуації спілкування, в якій їм, можливо, самим доведеться брати участь.

2. <http://tubequizard.com/> являє собою відео-бібліотеку, сформовану за рівнем знань, а також за граматичними темами. Викладач вибирає відео по пройденому матеріалу, а студенти виконують граматичний тест, де є можливість спочатку прослухати відео повністю, а при виконанні певного завдання повторити потрібний уривок. Сайт дозволяє здійснювати пошук за необхідним словом або фразою,

крім того, TubeQuizard має функцію створення своїх власних тестів, що є великою перевагою і дає можливість викладачеві адаптувати завдання під знання своїх студентів.

3. <https://ludwig.guru/> є великим електронним словником, який допомагає студентам граматично правильно будувати свої висловлювання. У вікно пошуку навчається вводиться пропозицію і йому пропонують варіанти використання даного тексту в різних контекстах. Крім того, якщо студент не впевнений в правильності тієї чи іншої граматичної форми, йому пропонується використовувати знак «*», результатом чого буде пропозиція системи <https://ludwig.guru/> розглянути всі можливі варіанти. Таким чином, використання даного сайту допоможе студентам уникнути граматичних помилок при побудові власних висловлювань.

4. <http://www.grammargamble.com/>. даний сайт являє собою граматичний тест на 10 хвилин, який побудований на принципі «від простого до складного». Крім того, на кожне питання можна встановити «вартість», яка в результаті буде перерахована на підсумковий бал студента. Даний ресурс може бути використаний як підсумковий тест по кожній з вивчених граматичних тем.

Висновок

Результати проведеного дослідження показують, що використання запропонованих автором інтернет ресурсів, зокрема, додаткових освітніх платформ, не тільки забезпечує високий рівень мотивації студентів до вивчення іноземної мови, а й сприяє формуванню комунікативної компетенції на сучасному мовному матеріалі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Галькієва З. Х. На шляху підвищення мотивації до вивчення іноземної мови в немовному ВНЗ:// матеріали міжвузівського круглого столу, 3 лютого 2017 року. С. 26 – 31.

2. Kozak S. V. How to increase motivation for learning English.// European Academic Science and Research. 35, 2021.

3. Мартинова А.С. Соціальні мережі як інструмент навчання іноземної мови / матеріали III Національної науково-практичної конференції, 26-27 листопада 2019 .

4. Сокольська Н.В. Особливості мотивації навчальної діяльності студентів вузів з дистанційною освітньою технологією: на прикладі вивчення іноземної мови / Н.В. Сокольська. Автореферат, 2006р.

Pavlenko V.S., Kozak S.V.
National University "Odessa Maritime Academy"

Marine Engines On Board the Ship

The diesel engine is a type of internal combustion engine; more specifically, it is a compression ignition engine. The fuel in a diesel engine is ignited by suddenly exposing it to the high temperature and pressure of a compressed gas containing oxygen. Internal combustion engines were first used for ships. Early motors were not necessarily more efficient than steam but did allow owners to employ far fewer crew, as stokers to carry coal from the bunkers and shovel it into boilers of steam ships were replaced by simple pumps to move oil from tanks to the diesel engine.

Diesel engine types. There can be either two-stroke or four-stroke with the former being low-speed engines and the latter either medium- or high-speed. Two-strokes are used for direct mechanical propulsion only, but four-strokes can be used either in mechanical propulsion systems – using a gearbox to reduce the engine speed to one more suited to driving a propeller – or in a diesel-electric configuration where the engine drives a generator to produce electricity which is then directed through cables to electric motors to drive the propeller or another type of propulsion. Either type of engine may also have a shaft generator to produce electric power when the engine is running. Diesel engines can run on many types of oil fuel from heavy residuals through to light distillates but, although it is possible (and frequently necessary) to switch between fuel types, ideally an engine performs best when all parameters are matched to a single fuel type. Because of the polluting effect of engine exhaust when burning oil fuels, there has been a move to persuade owners to switch to burning LNG. This can be done either using a pure gas engine or a dual-fuel engine that is capable of running on either oil or gas fuels.

The Diesel and Otto cycles. Back in the 19th century when internal combustion engines were in the very early stages of development, two men – Nikolaus Otto and Rudolph Diesel – devised different means of initiating combustion of the fuel. Otto's method was to compress the fuel to a particular volume and to then apply a source of ignition in the form of a spark. Diesel's method was to continue to compress the fuel until it ignited spontaneously due to the heat produced by the higher compression used. At similar pressures, the Otto engines are considered more efficient but, because they make use of much higher pressures, in practice Diesel engines are more efficient and consume less fuel. Modern oil burning engines mainly rely on the Diesel cycle, but dual-fuel engines need an alternative ignition source when operating in gas mode. Wärtsilä engines make use of the lean-burn Otto process in which gas is admitted into the air inlet channels of the individual cylinders during the intake stroke to give a lean, premixed air-gas mixture in the engine combustion chambers and ignition is obtained by injecting a small quantity of diesel oil directly into the combustion chambers. By way of contrast, in MAN high-pressure engines the gas is injected only after the combustion air is compressed, after which it is ignited by the pilot oil injection. But now MAN announced that it too would be developing low-pressure engines making use of the Otto cycle.

Multiple engine systems. With the notable exception of a small number of twin-propeller tankers and container vessels, most two-stroke engines are installed as the sole prime mover on the vessel. By contrast, on ships with highly variable power demands, such as a cruise ship or offshore vessel, it would be quite common to find four, six or occasionally more four-stroke engines installed. Because all engines have an optimum load at which they operate most efficiently, operating below this will increase fuel consumption. In such cases, the power required will be provided by an appropriate number of engines operating at near to optimum speed with perhaps another engine operating at low load as a spinning reserve. A multiple engine arrangement also means that failure of a single engine will rarely have disastrous consequences. The power arrangements on multiple-engined vessels will normally mean that engines of different outputs are available. This can be achieved by having engines of the same type but with different cylinder numbers or larger bore engines supplemented by smaller bore types.

Two-stroke diesel engines are the engines of choice for almost all large ships and, with the exception of a relatively small number of recent newbuildings, run on heavy fuel oil. Two-strokes are used as prime movers only and ships equipped with them will also have at least one medium- or highspeed engine operating as a genset. A slow-speed two-stroke diesel is usually arranged to operate continuously on heavy fuel and have available a diesel oil supply for maneuvering conditions. For 2 stroke engines the cycle of operation will consist: intake, compression and power (intake). The choice of engine model will depend upon the chosen power output selected by the owner and with so many overlapping options available, several factors will come into play including experience with different engine types and the benefit of similar engines across a fleet. The latter point ensures crew experience and the advantage of a reduced spare part stock.

Four-stroke diesel engines are higher speed engines encompassing both the medium- and highspeed types and as such are not suited to being directly connected to the propeller so require a gearbox, thus complicating the power transmission. Alternatively, the engines can be linked to generators providing their power through electric rather than mechanical means. The 4 stroke cycle of operation of engine include four distinct processes: intake, compression, combustion and power stroke, and exhaust. They are frequently installed in multiples on a ship in both configurations although in many ships, a single four-stroke will be the main engine. Because of the more situations that four-strokes are employed in, the number of the various models produced is generally higher than for two-strokes. This can mean faster development and series production of the engines. Four-strokes also account for the majority of dual-fuel engine types having been the first types to offer this additional flexibility, although this numerical domination is slowly disappearing as dual-fuel two-strokes become more popular. Generally speaking, it is accepted that four-strokes as a type are marginally less efficient than two-strokes. They also tend to be squarer with bore and stroke much closer in dimension than the two-strokes where long and ultra-long strokes are the norm. The high revolutions of four-stroke engines mean they are too fast for direct mechanical drive and so will require a gearbox for mechanical drive or must be connected to a generator in a diesel-electric set-up. Alt-

though the large-bore four-strokes may come in six-cylinder in-line variants that mirror. The four-stroke engines are being installed in many vessel types. Many of the engines are being installed in vessels that are 'dual-fuel ready' meaning they have the engines but not necessarily an LNG fuel system, which will be added later if the operating profile permits.

There **are two variants of diesel engines**: the trunk type or the crosshead type. **Trunk engines** have a shorter stroke than a crosshead and have the piston connected to the crankshaft by a simple connecting rod. They use a common lubricating oil for all aspects of the engine and the oil splashes up to lubricate the liner. Trunk two-strokes are rarely used these days as prime movers. **In Crosshead engines**, a diaphragm plate separates the crankcase from the cylinder liner space and the piston has a long rod passing through the plate using a stuffing box that separates the upper cylinder lubricant from the system oil. The piston rod is connected at the crosshead to the connecting rod attached to the crankshaft. These are the engines that power the vast majority of bulk carriers, container ships, PCTCs, container ships and general cargo vessels. Two-stroke crosshead engines are produced in a range of bore sizes from 35cm to 95cm. The smaller 35-45cm bore sizes are found on Handy and Handymax bulkers and similar size product tankers, the 50-60cm bores on Panamax size bulkers and tankers and the 70-80cm versions on larger bulkers and tankers. Most engines have five or six cylinders while the largest 90-95cm engines are found in 10- and 11-cylinder versions on the largest container ship types where more speed is still considered a desirable characteristic. Today the focus of development is less on absolute power and more on the need to meet EEDI rules. Different generations of engines appear from time to time with the improvements almost always aimed at improving efficiency as well as ease of maintenance and reducing complexity and weight.

Three names dominate sector for main engines: MAN Energy Solutions, Winterthur Gas & Diesel (WinGD) – which has acquired the two-stroke business formerly owned and Wärtsilä and Japan Engine Corporation (J-ENG), which marks another change of ownership after Mitsubishi Heavy Industries spun off its engine business which integrated with the former licensee Kobe Diesel. MAN Energy Solutions has an almost 90% market share, WinGD around 9% and J-ENG the small remaining balance.

Diesel electric systems. Unlike the mechanical power that is delivered directly to a propeller or through a gearbox, electric power produced by four-stroke gensets needs to be managed to allow for safe and efficient distribution to all the consuming systems. Opting for a diesel-electric propulsion system does mean that electric motors must be used to power any propulsors. This has advantages and disadvantages. Unlike the mechanical drive systems, the cables from the electric distribution system to the electric motors can be routed in any direction without any problems and with far less space needed than for mechanical drives. This can allow engines and motors to be isolated from each other and permit power to be generated from any genset on the ship. The most obvious disadvantages are that electric motors are not cheap and when installed they are an additional point of potential failure. Recent developments in electric distribution have focused on the benefits of direct current (DC) rather than

alternating current (AC) systems. Another major advantage of diesel-electric is the potential for integration of energy storage sources such as batteries. The energy storage sources reduce the transient loads on the diesel engines and give much better system dynamic response times. Also, emission-free propulsion can be realized when running on batteries especially when they are topped up using energy from solar panels, recovered from waste heat onboard or even when charged in port using a local grid. The footprint of such a propulsion plant is up to 30% less compared with a classic diesel-electric propulsion plant.

Latest new models. For many years, Wärtsilä was the main proponent of dual-fuel engines although Rolls-Royce was also promoting spark-ignited gas versions of its Bergen Diesel engines. Regardless of maker, all gas-fuelled engines were medium-speed variants. That has changed and now there are dual-fuel low-speed two-stroke engines produced by MAN Energy Solutions and by Wärtsilä's successor in the two-stroke sector, Winterthur Gas & Diesel, better known as WinGD. In the four-stroke sector, the number of makers producing dual-fuel engines is higher. Wärtsilä, MAN, MaK, EMD, ABC, Himsen, and Niigata all have dual-fuel engines in their ranges and more makers are soon to join the list. Rolls-Royce is following a different path with its Bergen engines, offering them only as oil-burning or pure gas engines. In such a competitive field, regular releases of new models are essential to keep pace although it can be two or three years following the launch of a new engine before orders begin to be placed. Most of the new engine types announced over the last five years have been models that are available in gas burning versions as well as oil burning. That is not seen as marking the end of oil-powered ships as the sales figures show that the majority of orders are for single fuel oil variants. Most makers have opted for a modular design for new engines as a means of both reducing production costs and facilitating maintenance. On the 31 series engine, Wärtsilä has taken this to a new level by shifting from single parts to exchange units. For example, the power pack unit now consists of a connecting rod, piston, cylinder liner and cylinder head with related pipes combined in one single exchange unit. Standardization also makes conversion of the engine from one version to another a simple matter of swapping components without the need for machining.

MAN Energy Solutions has two main types of **electronic control** in regular use. On the newer engines, the electronic control includes flexible control of fuel injection timing and actuation of exhaust valves, starting valves and cylinder lubrication whereas on earlier type engines, the injection timing is electronically-controlled but actuation of the exhaust valves is camshaft-operated, but with electronically-controlled variable closing timing. Simultaneous developments were also taking place in the fuel injection systems with individual cylinder injector pumps giving way to common rail systems where a single high pressure pump and common feed were employed. On some large multi-cylinder engines, a segmented common rail system is employed rather than a single unit to eliminate stresses in materials and pressure fluctuations. For meeting EEDI purposes, the developments to the two-stroke crosshead engine in recent years have centered on increasing the stroke, reducing rpm and matching the engine to a larger propeller designed to match the operating profile of the vessel. For many years, two-stroke engines were generally

available in two variants – short or long stroke – the difference being self-explanatory. To meet the greater efficiency requirements demanded by EEDI regulations, most engine designers agree that a longer stroke, which increases compression, is advantageous. The designers and manufacturers have responded by designing super- and ultra- long stroke variants of their engines. As these have been adopted by customers, the short and long stroke variants are gradually disappearing from engine catalogues although they are still available if required. The new longer-stroke engines do raise some issues: engines are necessarily taller and manufacturing suitable crankshafts requires re-tooling by makers and subcontractors.

REFERENCES:

- [Manuals on board of the training merchant vessel]
- [https://www.generatorsource.com/industrial_industry_usage]
- [http://mh-mechanicalengineering.blogspot.com/2012/06/motor_2546.html?m=1]

Цинова М.В, Огренич М.А, Лазарчук С.Ф.

Національний університет «Одеська морська академія»,
Одеська державна академія будівництва та архітектури,
Одеська державна академія будівництва та архітектури.

Онлайн-викладання англійської мови в немовному виші

Проблема підвищення ефективності англомовної підготовки студентів немовного вишу є предметом особливої уваги педагогів, психологів, методистів, соціологів з низки соціально-економічних причин. Унаслідок стрімкого розвитку інформатизації освіти створюються нові види онлайн-продуктів, які доповнюють або заміщують традиційні навчальні комплекси. Використання онлайн-ресурсів змінює характер взаємовідносин між учасниками освітнього процесу, дозволяючи вибудовувати його траєкторію з урахуванням індивідуальних потреб і особливостей усіх учасників, забезпечити його персоналізацію.

Онлайн-навчання в порівнянні з аудиторним має свої як позитивні, так і негативні риси. Онлайн-освіта може бути так само ефективна, як і традиційна, завдяки своїй гнучкості та студенто-орієнтованому підходу. Водночас успішність дистанційного навчання не доведено повною мірою. Його негативний момент ми бачимо у відсутності засобів спілкування між викладачем і студентами та студентами між собою.

Не можна заперечувати, що онлайн-навчання – це безумовне майбутнє освітнього процесу в усьому світі, і тому кожному вишу необхідно розробити чітку стратегію щодо впровадження його моделей у робочий процес.

В українському освітньому просторі створення власних онлайн-курсів з іноземних мов – досить рідкісне явище. Найчастіше вони вбудовані в систему змішаного навчання, яке має широкий спектр медіаінтегрованих технологій поряд із традиційними методами та є інноваційним доповненням до аудиторних занять.

Найбільш затребуваними на сьогоднішній день вважаємо наступні методики онлайн-освіти: гібридні моделі; групова проектна робота; супровід онлайн-студентів на основі психометричної аналітики; онлайн-навчання у супроводі тьюторів; оціночні заходи з ідентифікацією особи.

Сучасне онлайн-викладання англійської мови в немовному виші – це продуктивна мотивуюча навчальна діяльність, яка створює умови для свідомого занурення в іноземну мову.

У створенні онлайн-курсу професійного профілю можна виділити такі етапи: відбір змісту; розробка тематики; використання стратегій; оцінка курсу; внесення змін.

Слід зазначити, що порівняно з традиційним навчанням робота з онлайн-ресурсами вимагає від викладача набагато більше суттєвих часових та енерговитрат. Звідси випливає висновок про необхідність кореляції навчального навантаження науковців, які розробляють і запроваджують такі види діяльності, а також організації спеціальних курсів підвищення кваліфікації.

Для успішного оволодіння англійською мовою під час онлайн-навчання необхідно: прикласти зусилля щодо створення та підтримки сприятливого клімату у навчальному співтоваристві протягом усього курсу; залучити студентів до створення такої спільноти; використовувати синхронні та асинхронні технології для організації спеціального простору взаємодії викладача й групи та різноманітні методи стимулювання дискусій в Інтернеті; крім використання навчальних завдань, заохочувати соціальну взаємодію, позанавчальне спілкування студентів між собою; давати лінгвістичні завдання, що спонукають до співпраці.

Результати опитування студентів Національного університету «Одеська морська академія» та Одеської державної академії будівництва та архітектури показали, що 60% респондентів хотіли би навчатися англійській мові, використовуючи онлайн-технології. На основі проведених досліджень було зроблено такі висновки: дистанційне навчання може вирішувати завдання щодо формування у студентів компетенцій, пов'язаних із використанням інформаційно-комунікаційних технологій; даний вид опанування знань відповідає стратегії університетів щодо розвитку електронного навчання.

Головним інструментом нашого дослідження став навчальний експеримент, що складався з наступних етапів: організаційна підготовка та відбір змісту (розробка курсу практичних занять, завдань і практикумів для оцінки якості засвоєних знань, умінь і навичок; підготовка тестів і ситуацій для усних презентацій; розробка питань для анкети з метою складання профілю студентів і зворотного зв'язку щодо курсу; аналіз результатів практикумів); передекспериментальний зріз (визначення вихідного рівня сформованості англійської інформаційно-комунікативної компетенції студентів на початок проведення експериментального навчання; експериментальне навчання (зрізи з усіх видів мовленнєвої діяльності); оцінка курсу (порівняльний аналіз експериментальних даних, висновки); внесення змін до курсу (корекція стратегії підготовки студентів в експериментальних групах, доопрацювання матеріалів практикумів).

У проведеній роботі нами були дотримані всі об'єктивні фактори педагогічного процесу, а саме: наявність цілей навчання, облік психологічних особливостей учнів, залежність методів викладання від мети навчання, наявність робочої програми навчання, організація умов навчання, контроль успішності тощо.

Крім загальнодидактичних, в основу онлайн-курсу було покладено методичні принципи, що враховують специфіку набуття знань в онлайн-форматі, а саме: пріоритетності самостійного навчання; спільної діяльності викладача та студентів; індивідуалізації навчання; актуалізації результатів навчання; свідомості навчання; мультимодального подання інформації.

Перед початком курсу було проведено вхідне тестування зі всіх видів мовленнєвої діяльності англійською мовою (аудіювання, читання, письмо та говоріння), а також анкетування з метою виявлення ставлення студентів до роботи онлайн.

Завершальне опитування показало, що до переваг даної технології в більшості випадків студенти відносять такі особливості, як: більше свободи у виборі часу виконання завдань; робота з додатковими ресурсами; створення умов для спілкування з викладачем, а також студентів між собою на форумах; можливість уточнювати незрозумілі моменти при виконанні завдань у реальному часі; своєчасне отримання оцінки за виконані роботи та аналіз допущених помилок.

На основі вищезазначеного можна дійти висновку, що різноманітність та доступність електронних ресурсів у процесі онлайн-викладання англійської мови в неможовному виші відкриває певні можливості презентації навчального матеріалу в доступній і цікавій для студентів формі. Потенціал комп'ютерних засобів і програм іноземною мовою дозволяє студентам визначати індивідуальну траєкторію вивчення предмета самостійно.

Зрізи показали позитивну динаміку результатів оволодіння навичками читання, письма, аудіювання та говоріння англійською мовою впродовж курсу.

Практичне значення проведеного дослідження полягає, в першу чергу, у виявленні необхідності додаткового ресурсу з підготовки фахівців неможовного профілю з англійської мови та розвитку їхньої іншомовної комунікативної компетенції.

Подальшими напрямками нашої роботи ми вважаємо наступні: аналіз та оцінка методик онлайн-навчання, їх розробка, застосування в освітньому процесі та визначення трудовитрат викладачів, які організовують освітній процес із застосуванням онлайн-технологій.

Tsynova M.V., Borisenko T.I., Kashuba M.V.
National University "Odesa Maritime Academy",
National university "Odesa polytechnic",
Odesa National University by I.I. Mechnikov

The most important ways of students mastering their listening skills

Listening skills are essential for any student to succeed academically and professionally. Good listening skills help students to understand instructions, comprehend lectures, and effectively communicate with others. Unfortunately, listening skills are often overlooked and undervalued in modern education. However, with some effort and dedication, students can improve their listening skills and become better learners. In this article, we will discuss some effective ways to enhance students' listening skills.

Active listening: Active listening is a critical component of effective communication. Encouraging students to listen actively means they should be engaged in the process of listening by asking questions and clarifying information. Active listening can be encouraged by teachers by asking questions and facilitating discussions, which require students to listen attentively to their classmates and respond accordingly.

Remove distractions: One of the main reasons why students struggle with listening is that they are easily distracted. To improve their listening skills, students should be taught to remove any distractions from their environment. This can be done by turning off their cell phones, closing irrelevant tabs on their computers, and keeping their study space free from clutter.

Visual aids: Visual aids such as diagrams, charts, and pictures can be a great way to engage students' listening skills. These aids provide students with a visual representation of the material being discussed, making it easier for them to understand and remember the information. Teachers should use visual aids in their lectures and encourage students to create their own visual aids when studying.

Note-taking: Note-taking is an effective strategy for improving listening skills as it encourages students to actively engage in the listening process. By taking notes, students are made to listen carefully, select the most important information, and organize it in a way that makes sense to them. Teachers should encourage students to take notes during lectures and provide guidance on how to take effective notes.

Practice listening exercises: Listening exercises can be a fun and effective way to improve students' listening skills. These exercises can include activities such as listening to audio recordings, watching videos, or participating in group discussions. Teachers can incorporate listening exercises into their lesson plans to help students practice their listening skills in a supportive environment.

Increase exposure to the language: Students' listening skills can also be improved by increasing their exposure to the language. This can be done by encouraging them to listen to music, watch movies or television shows in the language they are learning. This can help students develop an ear for the language and improve their comprehension skills.

Provide feedback: Finally, it is essential to provide students with feedback on their listening skills. Teachers should give constructive feedback on areas where students need improvement and praise them for their progress. This feedback can be given through assessments, class discussions, or one-to-one meetings with the teacher.

It should be pointed out that teaching listening skills to Maritime students is of vital importance, literally and figuratively. Listening is a key skill for success in modern maritime environment, as it allows students to comprehend instructions and interpret information in order to make informed decisions and take appropriate action.

In conclusion, listening skills are indispensable for academic and professional success, and it is essential to improve them from an early stage. By implementing the strategies discussed above, teachers can help students to become active listeners, remove distractions, use visual aids, take effective notes, practice listening exercises, increase exposure to the language, and provide feedback. By doing so, students will become better listeners, which will lead to improved learning outcomes and a brighter future.

Гавалюх О.С., Козловська Л.В.
Інститут Військово-Морських Сил
Національного Університету «Одеська Морська Академія»

Ефективність поєднавчих технологій у навчальному процесі ВВНЗ

Гібридна війна росії проти України перепрограмувала всі сфери життя українського суспільства. Це призвело до певних змін в сфері вищої освіти і, особливо, вищої військової освіти. Сьогодні знання мають забезпечити не тільки успішну підготовку фахівців в умовах війни, але й виховати інтелектуальну військову еліту нації, яка зможе отримати перемогу над ворогом. [1] Такі завдання стоять перед вищими військовими навчальними закладами Міністерства оборони України (далі - ВВНЗ) - закладами вищої освіти державної форми власності, які здійснюють на певних рівнях вищої освіти підготовку курсантів для подальшої служби на посадах офіцерського складу з метою задоволення потреб Збройних Сил України та інших силових структур держави – існують як військові навчальні підрозділи зі своєю структурою, статусом і функціями. [1] В умовах війни (в особливий період) перед ВВНЗ стоять більш складніші завдання, ніж в мирний час. [2] Одним із механізмів виконання таких завдань можуть стати поєднавчі технології у навчальному процесі, які передбачають доповнення та поєднання формальної освіти з неформальною та самоосвітою (інформальною освітою). [3,4] В Інституті Військово-Морських Сил Національного університету «Одеська морська академія» (далі ІВМС НУ «ОМА») на кафедрі соціально-гуманітарних і фундаментальних дисциплін з подання ведучих фахівців та ініціативної курсантської молоді було проведено дослідження щодо ефективності таких поєднавчих технологій у навчальному процесі з галузі знань 25 «Воєнні науки, національна безпека, безпека державного кордону» спеціальності 254 «Забезпечення військ (сил)» спеціалізації «Морально-психологічне забезпечення у підрозділах, на кораблях Військово-Морських Сил Збройних Сил України». В дослідженні прийняли участь курсанти 2, 3 та 4 курсів. Під час розробки програми дослідження була висунута гіпотеза – підвищення показників ефективності навчання на протязі семестру можливе при застосуванні поєднавчих технологій у навчальному процесі. Дослідження проводилося в 2 етапи. На першому етапі були проаналізовані результати навчання курсантів спеціальності 254 «Забезпечення військ (сил)» спеціалізації «Морально-психологічне забезпечення у підрозділах, на кораблях Військово-Морських Сил Збройних Сил України». Контрольними показниками слугували семестрові підсумкові результати навчання з фахових дисциплін аналогічних груп за останні 3 роки. В результаті була визначена певна стабільність в навчанні досліджених груп з тенденцією до підвищення якості освіти майбутніх офіцерів тактичного рівня на замовлення Збройних Сил України. Так як виникла необхідність пошуку інструментів підвищення якості освіти курсантів ІВМС НУ «ОМА», про що свідчили результати 1 етапу дослідження, було прийняте рішення про проведення 2 другого етапу дослідження відповідно до висунутої гіпотези щодо підвищення показників ефективності навчання

на протязі семестру з застосуванням поєднавчих технологій у навчальному процесі. Групою фахівців кафедри соціально-гуманітарних і фундаментальних дисциплін ІВМС НУ «ОМА» була розроблена програма дослідження щодо ефективності використання поєднавчих технологій в навчальному процесі. Під поєднавчими технологіями було визначено сучасні освітньо-інформаційні технології, які включають в себе: 1) технології формальної освіти, відповідно до освітньо-професійної програми, згідно освітньо-професійних програм, планів навчання та робочих програм з навчальних дисциплін, 2) технології неформальної освіти, що поповнюють знання курсантів за фахом інструментами семінарів та тренінгів з психології 3) технології самоосвіти (інформальної освіти) під час самопідготовки з предметів, яка є обов'язковою складовою розпорядку дня курсантів як особового складу військового навчального підрозділу та включає підвищення індивідуального саморозвитку курсантів з допомогою українських громадських проєктів масових відкритих онлайн-курсів. Програма дослідження ефективності використання поєднавчих технологій в навчальному процесі являла собою модель поєднання «три в одному», в якій центральна сфера охоплює технології формальної освіти, а її основні напрямки (відповідно до програм навчання за спеціальністю та спеціалізацією) доповнюються технологіями неформальної та інформальної освіти. [3,4] Розкриті в попередніх наукових пошуках технології візуалізації в традиційному навчальному процесі ВВНЗ були ще раз перевірені під час 2 етапу дослідження і показали свою ефективність в навчальному процесі, яка виразилася в збільшенні на 4% якості освіти майбутніх офіцерів ЗСУ. Досить результативними виявилися технології неформальної освіти, що поповнюють знання курсантів за фахом інструментами семінарів та тренінгів з психології. Групою фахівців кафедри соціально-гуманітарних і фундаментальних дисциплін ІВМС НУ «ОМА» була налагоджена співпраця з громадською організацією «Українська вища медична школа». Спільними зусиллями в позаурочний час було проведено кілька семінарів та тренінгів для курсантів 2-4 курсів ІВМС НУ «ОМА», що включало підготовку в системі TRIM. В результаті курсанти 2-4 курсів ІВМС НУ «ОМА» не тільки отримали додаткові високого рівня знання за спеціальністю та спеціалізацією, але й змогли практично їх реалізувати під час семінарів та тренінгів, що відзначено в отриманих іменних сертифікатах «Української вищої медичної школи». Ці сертифікати дають можливість майбутнім офіцерам ЗСУ проводити подібні семінари та тренінги в свої підрозділах на відповідних посадах з метою покращення морально-психологічного стану підлеглих військовослужбовців в особливий період війни та мирний час.

Досить ефективними виявилися і технології інформальної освіти, що поповнюють знання курсантів за фахом інструментами технологій самоосвіти під час самопідготовки з предметів, яка є обов'язковою складовою розпорядку дня курсантів як особового складу військового навчального підрозділу та включає підвищення індивідуального саморозвитку курсантів з допомогою відкритих онлайн-курсів. Одним із них став Prometheus (укр. Прометеус) — український громадський проєкт масових відкритих онлайн-курсів. Курсанти 2-4 курсів ІВМС НУ «ОМА» надихалися головною метою проєкту Прометеус - безкош-

товним наданням онлайн-доступу до курсів університетського рівня всім бажаючим. Під час самопідготовки в цьому напрямку вони засвоїли курс «Застосування технологій в умовах війни» і отримали відповідний сертифікат. Такий сертифікат дає можливість майбутнім офіцерам ЗСУ проводити роз'яснювальну роботу з питань ефективності застосування технологій в умовах війни та мирний час в свої підрозділах на відповідних посадах з метою покращення морально-психологічного стану підлеглих військовослужбовців. Як висновок з наукового пошуку зазначимо: результати дослідження показали ефективність застосування поєднавчих технологій у навчальному процесі ВВНЗ: Зацікавленість курсантів в більш глибокому засвоєнні знань з професії підвищила якість освіти на 7%. Гіпотеза, як наукове передбачення, висунута на початку дослідження, підтвердилася. Тобто, поєднавчі технології можуть використовуватися в навчальному процесі з метою підвищення ефективності та якості освіти майбутніх офіцерів тактичного рівня на замовлення Збройних Сил України. Так як дослідження було вибіркоvim і одноразовим, можемо прогнозувати розгортання цілого напрямки таких досліджень. Вони можуть бути висвітлені в наступних публікаціях.

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 Змін до Інструкції про організацію освітньої діяльності у вищих військових навчальних закладах, військових навчальних підрозділах закладів вищої освіти та закладах фахової передвищої військової освіти в особливий період / *Наказ Міністерства оборони України № 183 від 07.07.2022*

3. Зюнькіна О.В. Роль і місце інформальної освіти в контексті Болонських перетворень / О.В. Зюнькіна // Вища освіта України – Додаток 3 (т.5) – Тематичний випуск «Вища освіта України у контексті інтеграції до європейського освітнього простору: Моніторинг якості освіти» / [редкол.: В.Кремень, В.Скопенко, О.Савченко та ін.] ; Інститут вищої освіти АПН України. – К.: 2007. – С. 76–80.

4. Шапочкіна О.В. Неформальна освіта як напрям розбудови змісту сучасного університету / О.В. Шапочкіна // Сучасні стратегії університетської освіти: якісний вимір: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., (Київ, 28-29 березня 2012 р.) / М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Київ. ун-т ім. Б. Грінченка та ін.; за заг.ред. В.О. Огнев'юка [редкол.: В.О. Огнев'юк, В.П. Андрущенко, Л.Л.Хоружа, О.М. Олексюк, О.В. Уваркіна, Н.М. Віннікова]. – К.: Київ. ун-т ім. Б. Грінченка, 2012. – С. 177–182.

Suprun V.V., Koblik V.V.
National University "Odessa Maritime Academy"

New rules and new solutions

As the world becomes more conscious of the environmental impact of human activities, efforts are being made to reduce harmful emissions from various sources, including shipping. Shipping is a vital part of global trade, but it is also a significant source of air pollution, with ships emitting a range of pollutants such as sulfur oxides (SO_x), nitrogen oxides (NO_x), and carbon dioxide (CO₂).

In 2023, the International Maritime Organization will implement new regulations that aim to reduce harmful emissions from ships. These regulations are part of the IMO's efforts to achieve its goal of reducing greenhouse gas emissions from shipping by at least 40% by 2030 and 70% by 2050 compared to 2008 levels.

International Maritime Organization (IMO)

The International Maritime Organization (IMO) is a specialized agency to the United Nations that maintains the safety and security of maritime transportation and prevents pollution caused by international shipping activities

New regulations

IMO provided a lot of emission regulations since 2011 and new one from 1 January 2023 tells that it will be mandatory for all ships to calculate their attained Energy Efficiency Existing Ship Index (EEXI) to measure their energy efficiency and to initiate the collection of data for the reporting of their annual operational carbon intensity indicator (CII) and CII rating.

- The Energy Efficiency Index of Existing Vessels (EEXI) which is based on their technical design such as vessel type, date of creation, size and according to the baseline. Non-compliant vessels will have to upgrade their engines to continue to travel.
- The Carbon Intensity Indicator (CII), which is annual and scalable to 2024, is a link between GHG (Greenhouse Gas) emissions and the ratio of cargo carried to distance traveled. By 2023, all vessels must have an established CII and will receive a graded grade from A to E, where A is the best. A ship rated D or E for three consecutive years must submit a corrective action plan to show how the required index (C or above) may be achieved.

This regulations can make a lot of problems like increasing shipping prices but in the same time they are pushing ship owners to improve their vessels.

The impacts on international shipping

To comply with IMO requirements, shipping companies will have to assess and bring their vessels into compliance if necessary.

On the one hand, the impacts to be expected are economic with a possible increase in shipping costs to help pay for new technologies and the price of biofuels.

On the other hand, organizational impacts such as :

- The detention of old vessels for compliance
- A potential decrease in capacity due to the reduction in speed

- An increase in transit time, with disparities between routes.
- Disruption of charters due to the reduction in speed to reduce fuel consumption.

Impact of the new IMO 2023 emission regulations on the world's economy and marine shipping industry

Increased Costs: The implementation of the new regulations will result in increased costs for the shipping industry. Retrofitting ships with new engines or switching to cleaner fuels can be expensive, and the cost of compliant fuels, such as low sulfur fuel oil, is expected to be higher than traditional heavy fuel oil. These increased costs may lead to higher transportation costs for goods, which could ultimately be passed on to consumers.

Investment in new technologies: The new regulations will require the development of new technologies and fuels that can help reduce emissions from ships. This is likely to create new business opportunities and potentially lead to job creation in the industry. The development of new technologies may also result in reduced costs over the long term, as more efficient and sustainable solutions are implemented.

Potential Disruptions to Trade: The implementation of the new regulations could result in disruptions to trade, particularly for countries and regions that rely heavily on shipping. There may be delays or even cancellations of shipments as companies work to comply with the new regulations, and the higher costs associated with compliance could make some routes or modes of transportation economically unviable.

Alternative fuels

There are many things a ship can do to improve ship's rating. Many efficiency improvements and emissions reduction pathways are being executed by carriers, such as hull cleaning to reduce drag, steam speed adjustment, routing optimization, and fuel switching.

One of the best option for environment and ship owners to obey the rules is shifting fleet on alternative fuels. Now they are considering the various options for alternative fuels and propulsion methods for their vessels. The less established, and in some cases, not yet available fuel types, may present sourcing, storage, and supply challenges.

There will be supply issues, even if the alternatives are employed just as "dual fuels," where they are mixed with heavy fuel oil (HFO) or very low sulfur fuel oil (VLSFO) in order to be able to ignite within the vessel engine cylinders. Examples of dual fuels include:

- Liquefied natural gas (LNG) and liquefied petroleum gas (LPG).
- Proposed alternative marine energy sources, such as methanol, ammonia, and hydrogen.

With the gradual arrival of alternative fuels and propulsion methods in the shipping sector, there are now more opportunities to opt for greener energy sources to cut carbon emissions. However, vessel engines may need substantial modifications in order to be able to use such fuels, even as dual fuels.

Of course alternative fuel now is unpopular so shipowner have to check the ports along the route are able to source and supply them and whether they will offer guarantees as to the quality of the fuel supplied. Also, ship crews need to be trained in handling these new fuels, as some are known to be more caustic and errors could lead to substantial losses and potentially to crew injury.

However, the adoption of alternative fuels is still in its early stages, and there are several challenges to be overcome, such as the availability and infrastructure for these fuels, as well as their cost and energy density compared to traditional fuels.

Overall, the new regulations that will be implemented by the IMO in 2023 are a significant step towards reducing harmful emissions from shipping. They will require the industry to make significant changes to the way it operates, but they will also bring benefits in terms of improved air quality and reduced impact on the environment.

REFERENCES:

1. <https://www.imo.org/en/MediaCentre/PressBriefings/pages/CII-and-EEXI-entry-into-force.aspx>
2. <https://www.bansard.com/en/news/imo-2023-maritime-decarbonization-regulation-what-you-need-to-know>
3. <https://www.marsh.com/jp/en/industries/marine/insights/shipping-industry-faces-new-standards-on-carbon-emissions-from-2023.html>
4. <https://www.breakthroughfuel.com/blog/imo-2023-the-next-wave-of-international-shipping-emissions-regulations/>
5. <https://www.bdpinternational.com/bdp-blog/less-than-6-months-until-imo-2023-is-your-business-ready>

Theme of article: New Technologies in the Marine Industry

1. Digital twin of the vessel

Just like the name suggests a digital twin of a ship is another digitally simulated ship identical to its former.

A digital twin of a ship aims to improve the safety and efficiency of ships via advanced data analysis technology based on real-time remote monitoring and digital information on the physical and electrical state of the ship.

2. New ways of the route forecasting

With increasing technology and advancements, weather routing is done by collection of oceanographical, and meteorological data and data received from weather satellites and good forecasting techniques.

3. Enhanced crane operation in port

Automated robot cranes (arc) uses artificial intelligence technology and can perform tasks autonomously or be controlled remotely by humans.

4. Fuel consumption optimization

There have been many innovative ways and technologies to incorporate fuel saving and lower emissions such as air lubrication in which a carpet of air bubble is formed on the ship's hull to reduce friction between the hull and the water.

5. Hull monitoring robots

Nowadays robotics have also entered the hull maintenance and monitoring operations during dry docking and underwater cleaning as well including rotary brushes , high pressure and cavitation water jet technology, ultrasonic technology and laser cleaning technology.

Rubanenko V.A., Koblik V.V.
National University "Odessa Maritime Academy"

Future of maritime industry. Autonomous ships.

The internet of things (IoT) is enabling automation in a variety of industries, as machine learning and AI-powered (artificial intelligence) technologies assist in the processes once delegated to human operators. One sector reaping the benefits of smart tech integration is the maritime industry.

Thanks to the ever-increasing possibility of reactive machinery, the possibility of fully-autonomous shipping vessels at sea is inching closer to reality.

Precious cargo

The shipping industry has long been cyber-dependent to assist in open-water operations. From navigation to communications, cargo transfers to systems monitoring, the nautical freight sector has taken advantage of the latest AI integrations.

However, projections detailed in the **Global Maritime Technology Trends 2030** report outline the possibility of unprecedented IoT reliance: Fully automated freighters. The naval industry has long focused on improving safety outcomes by removing workers from dangerous and mundane jobs.

What is an Autonomous Ship? Autonomous ships are highly automated (autonomous) or remotely controlled ships and their operating system. These ships use the latest technology, such as IoT, ICT, data analysis technology and onshore monitoring/control bases connected by broadband communication, and automatically operate a part of or all of onboard tasks associated with ship operations, such as observing its surroundings (lookout), equipment status monitoring, ship maneuvering, engine control, cargo management/loading, docking and undocking, and others. Autonomous ships are said to contribute to improving the safety and efficiency of maritime transportation, the work environment and workplace attractiveness for seafarers, and increasing the competitiveness of maritime industry, such as marine transportation, shipbuilding, and other maritime business.

Figure 1: IMO definitions of autonomous ships (provisional)

Degree 1	Ships with automated processes and decision support	Seafarers are on board to operate the ship. Some operations may be automated.
Degree 2	Remotely controlled ship with seafarers on board	The ship is controlled and operated from another location, but seafarers are on board.
Degree 3	Remotely controlled ship without seafarers on board	The ship is controlled and operated from another location. There are no seafarers on board.
Degree 4	Fully autonomous ship	The operating system of the ship is able to make decisions and determine actions by itself.

Source: Compiled by MGSSI based on IMO press briefing, "IMO Takes First Steps to Address Autonomous Ships" (May 2018)

The shift towards autonomous, or 'stand-alone' systems, will see the implementation of interconnected intelligent programs to the level of complete computer-

controlled vessels. While current advancements in marine tech allow for semi-autonomous navigation by removing engine-room and crew staff, the report estimates that by 2030, long-distance nautical hauling could be performed strictly by remote-control capabilities of smart tech.

Robot remote control

The integration of sensors and robotics technology to replace human operators is already underway. Frontiers in robotics and AI reports of studies detailing the potential of sailing robots for at-sea operations undertaking both long durations and extreme elements.

Prototypes have seen successful outcomes, with some autonomous sailing achieving long-term operation. Future deployment possibilities are being reviewed for energy efficiency and monitored for propulsion and steering precision. The integration of sufficient solar panels will be a key factor in ensuring these clean energy experiments have real-world viability.

Big data, big iceberg

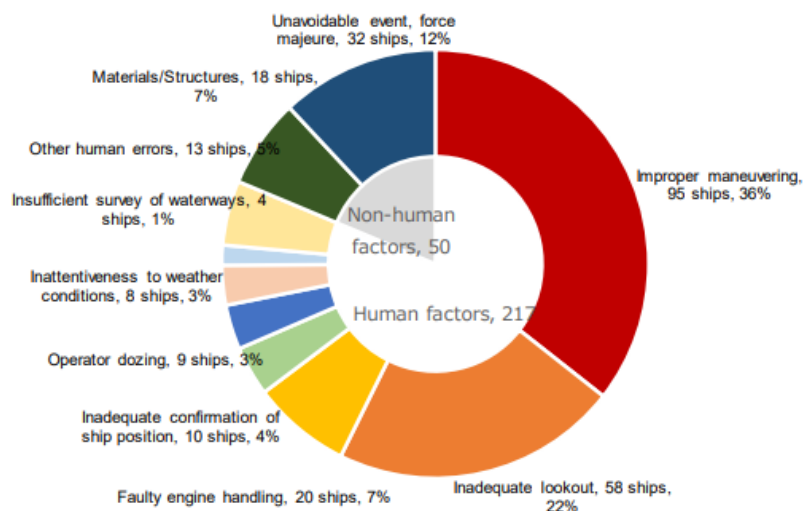
One of the key considerations regarding the automation of cargo vessels is the vast amount of data needed in order to chart and execute a nautical operation. From world meteorological and oceanographic data, to traffic information and machinery performance diagnostics, the amount of analytics tasked to a conditioning monitoring system is gargantuan.

Big data involves the deployment of a large number of algorithms designed to capture correlation and interpret outcomes. This level of processing calls for 'dynamic learning,' or intuitive inter-systems communication using IoT infrastructure.

As maritime operations become fully automated, decisions as to where this big data is stored will have to be made. Processing advantages exist for on-ship servers, however oversight from land-based systems affords real-time human response outcomes.

Cognitive systems mimicking human data interpreters will adapt from a decision-tree-driven approach to the execution of a probabilistic approach. AI and machine learning performance monitoring, alert systems and situational awareness algorithms work together to essentially replace the need for sailors in the future.

Figure 3: Causes of cargo ship accidents in Japan (2018)



Automated shipping coming to Europe's waters

European researchers are participating in this push and designing ships with varying degrees of autonomy. Two ships bound for automation already sail across Europe today. The first is a carrier that delivers fish feed along the west coast of Norway. The second is an inland cargo barge that operates in Flanders, the northern region of Belgium. Both are to be retrofitted for autonomous sailing as part of a project called AUTOSHIP.

‘The use-cases are very different,’ said Jason McFarlane, Research & Innovation Manager at the Norwegian company Kongsberg Maritime, a participant in AUTOSHIP. ‘One is a short sea route off Norway, which has significant weather challenges. The inland route, in turn, requires the ship to operate in a confined waterway, often in areas where navigation is more challenging than in open seas.

McFarlane says there are several reasons to automate shipping. One is to increase the attractiveness of water-based transport, where labour can often be a significant proportion of operating costs. Another is to reduce road traffic and cut emissions. McFarlane notes that one barge, like the one they are testing in Flanders, can carry 300 tons of cargo which would replace 7,500 truck journeys per year. According to calculations from AUTOSHIP, this would reduce CO2 emissions per km by 90%. McFarlane says that automated ships could also sail more efficiently than if they had human operators, optimising for engine power and speed.

In 2016 BIMCO, the largest association of shipping companies in the world, published a study which projected that by 2025 there would be a shortage of 150,000 maritime officers worldwide. Automation, whether full autonomy or a partial system like NOVIMAR's, could help fill that gap.

It's also why van Heusden-van Winden argues that NOVIMAR wouldn't deeply impact the prospects of workers in the shipping industry. ‘Our technology is not a threat to them,’ she said. ‘It will probably require workers to become more qualified, but it will also mean that their skills and labour will be utilised more efficiently.’

REFERENCES:

- 1.<https://www.perle.com/articles/smart-ships-40194090.shtml>
- 2.https://www.mitsui.com/mgssi/en/report/detail/__icsFiles/afieldfile/2020/01/09/1909t_wariishi_e.pdf
- 3.<https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/horizon-magazine/automated-shipping-coming-europes-waters>

Some new modern methods of teaching English

Over the years different science, theories, and learning styles were developed in terms of teaching foreign languages. You won't find the best, the one and only method of teaching English. Choosing the proper teaching style depends on students' skills and abilities. So in this article, we listed some fresh ideas on how to learn a new language and how to choose the right method of teaching English in 2023.

While traditional methodologies such as the audio-lingual and direct methods still offer useful elements, they're clearly outdated in the modern classroom. The communicative approach, which was in vogue in the late '90s, is still widely considered as the latest advancement in modern language teaching.

However, things have changed over the years, and though it was one of the most effective methods of teaching English to young students, it no longer considered the same now. This is due to various reasons, maybe because:

- the present generation gets exposure to the world through social media
- their knowledge base is augmenting by the information available on the internet
- the students nowadays are more impatient and to grab their attention, teaching methods need to cater to their dynamic thinking process.

The prevalence of social media and the internet as a whole have changed the way people learn languages—for the better. It's imperative for modern language teachers to address the needs and interests of today's students.

1. Task-based approach

The task-based approach in teaching English isolates individual skills and competencies in order to teach students things, which they actually need to know, in order to meet their goals and objectives.

The tasks in this method should be based on common real-life situations, which a student may encounter, i.e. being on holidays, while talking to foreigners in a hotel, at an airport or in a restaurant, shipboard practice. So, a task-based approach would be teaching how to order a meal in a restaurant, how to book a hotel room, or perhaps more advanced tasks like voicing their opinions about politics or getting information about drills. With this approach, the language taught revolves around the task itself, not the other way around.

For this method to work, teachers must understand their students' needs and expectations well. Without that, it's impossible to design lessons which will help students succeed in particular situations. Grammar, vocabulary and language skills are just the vehicles that enable students to achieve their final outcomes.

Teachers who decide to use the task-based approach should always ask themselves a question – why are my students learning English? The answer to that question will help develop a solid program that's relevant to students.

In general, everything you teach needs to be relevant to the students' environment, as students are the focal point of the teaching and learning process.

The task-based approach represents a significant paradigm shift since the focus on content has shifted to skills and competencies. So, planning and design aren't about what's taught, but why it's taught.

Educators must then look at ways to help their learners achieve their personal and/or professional goals.

2. Project-based Approach

Project – based approach is a teaching and learning method in which learners gain knowledge and skills while investigating a problem or question that is extended over time. For the English language learners, this can be more engaging than studying words and skills in an abstract way. The language can be used in authentic purpose which gives the language context and relevance. Learners develop content knowledge as well as critical thinking, creativity and communication within a meaningful project.

Much like the task-based approach, the project-based approach is meant to address students' real needs by adapting language to the skills and competencies they truly need personally and/or professionally.

The application of this approach begins by determining the one, global objective that the individual or group of students have.

As a teacher, you need to ask yourself why your students have come to learn English. Now keeping their requirements in mind, you need to devise a project which the learner works on. The project might be a presentation.

3. Lexical Syllabus

While the previous two approaches focus heavily on the skills and competencies that students need to develop, this approach focuses on what language students actually need to produce. In particular, the actual words that students need to understand in order to conduct specific tasks.

This approach is based upon the core language that students need to know given their needs. Again, professional students need very specific vocabulary pertaining to their field.

Moreover, any other language taught outside of this core language is meant to be supplementary and intended to enable students' communication within their respective fields. Topics such as movies and hobbies may take a back seat to things like booking a hotel or describing work experience. Nevertheless, there are common skills in all fields, such as saying your name or providing personal information.

Since this approach focuses on content, tasks and homework assignments should focus on students' true needs. Therefore, assessment should be based upon what students actually achieved. Examples of these assessments include writing an email for a job application or arranging a time for an interview.

This approach requires teachers to understand what students really need right away, focus on that, and then expand students' horizons as their communication skills develop. The good news is that there's quite a bit of research on this topic, leading to word lists teachers can focus on.

4. Spaced repetition technique

Spaced repetition is a technique that focuses on increasing intervals between previously learned and acquired material to retain maximum information. According to scientific reports, it works mostly because frequent repetition helps our memory maintain existing knowledge. Once we learn something new, systematic revision at intervals helps us remember a more significant percentage of the material.

To make this teaching method work, you need to practice the previously learned vocabulary, phrases or grammar rules with increasing intervals. At first, it can be an hour, then a day, then once a week, then monthly etc. If you recognize a new piece of English information right away – you know it already very well. If not, you need to keep reviewing it more often.

5. Using quests in the teaching process

Quests are one of the most popular modern gaming tools. The name speaks for itself, as the word “quest” means there will be adventures. It already means that students will encounter challenges, riddles and mysteries that they have to solve by using English!

Usually, quests are built in a way that makes us follow a certain route divided into a few stages. Each stage gets us closer to the main goal – to get the objective. In order to get it, we need to do challenges and tasks in various stages of the quest by using the knowledge and skills that were learned during English lessons. Using quests in the teaching process motivates students to keep learning English.

6. Online learning

The latest trend in teaching and learning English in the XXI century is online learning. There are various types of online technology to consider, such as virtual tours, web-quests, and, of course, many flavors of gamification. When teaching English online, it's important to implement a good combination of the aforementioned methods into the lesson and keep a good pace. Otherwise, our brains will get overloaded, and won't remember much of anything.

Even if you use modern teaching techniques, such as online learning with a native speaker, it is important to constantly practice and acquire communication skills in English. Communication based on real-life situations is always crucial in the process of learning a new language.

7. Using Smartphones in the Classroom

Since just about everyone has some sort of internet access or data plan, banning smartphones may end up being a lost opportunity to further enhance learning experiences.

Love them or hate them, smartphones are a part of modern life. Many teachers consider them to be a distraction since most students hate to part with them. Is there a common ground?

Smartphones provide many useful tools for students such as dictionary, translator and grammar reference apps. Much like computers, students need to understand that their phones aren't for play or personal use, but to be used as learning tools.

A good example of how smartphones enhance classroom learning is the scavenger hunt exercise. Here, students must go through websites to find the information

they need to fill out a worksheet. Students can also use their devices to access free, online exercises that reinforce language and/or skills seen in class.

The key issue here is to be creative with the use of smartphones. Other uses for smartphones in the classroom could be polling apps, surveys or even recording, yes, recording! Students can record themselves in action, which is perfect helping them receive feedback on specific tasks and activities.

Bringing It All Together

While traditional approaches do provide a solid foundation for effective language teaching, it's important to understand that these techniques don't always address students' current needs. In fact, the communicative approach, still widely preached as the latest and greatest approach, is already due for a makeover of its own.

Language teaching has its challenges. Most of the time, it is a foreign language that the learner can't pick up from his/her surroundings, and you should teach patiently and systematically so that the students become confident and can read, write and speak the language effortlessly.

The English language is the language of the world, and English teachers have changed their methods of delivery over the years to suit the present scenario, which fulfills the demand of modern learners.

Always remember to tailor the teaching method to your students' interests and needs. Also, with the right motivation to learn English, the students are more likely to succeed. So in order to choose the right method of teaching English to your students, start with understanding why they need or want to learn the language and then focus on the best technique to achieve their goal.

REFERENCES:

- 1.<https://www.henryharvin.com/blog/different-methods-of-teaching-english/>
- 2.<https://www.fluentu.com/blog/educator-english/new-methods-of-teaching-english/>
- 3.<https://www.novakidschool.com/blog/how-to-teach-your-child-english-modern-methods-and-techniques/>

Karavielkov V.V., Nikolayeva T.S.
National University “Odessa Maritime Academy”

Modern cleaning equipment of exhaust gases from ships’ internal combustion engines

As well as pollution of air increases year by year, MARPOL 73/78 introduces new amendments regarding air pollution from ships. So that the shipowners and shipbuilders must ensure compliance with the new requirements and for that purpose engineers all over the world develop new cleaning systems as EGCS (Exhaust gas cleaning system) & SCR (Selective Catalytic Reduction). I suggest you looking into their working principles on the example of systems installed on 38,000 m³ CLASS LPG/NH₃/VCM CARRIER YUKON.

I. MARPOL requirements

Requirement from the International Maritime Organization(IMO)

Currently, the regulation on air pollution is becoming strengthened worldwide, and IMO adopted the “Amendments to MARPOL Annex VI” at the 58th MEPC(Marine Environment Protection Committee) meeting held in October 2008. The fuel type was not separately stipulated, but the use of the fuel containing sulfur is restricted, as shown in Table 1 below.

Table 01 : IMO Sulfur Oxide (SO_x) Discharge Restriction Criteria

Applicable Region	Applicable Year and Discharge Restriction Standards		
All Seas (Global limit)	Previous	From Jan. 1, 2012	From Jan. 1, 2020
	Less than 4.5% m/m	Less than 3.5% m/m	Less than 0.5% m/m
Sulfur Emission control Area (SECA)	Previous	From Jan. 1, 2012	From Jan. 1, 2020
	Less than 1.5% m/m	Less than 1.0% m/m	Less than 0.1% m/m

SECA includes: Baltic Sea area.North Sea area.United States Caribbean Sea area (near Puerto Rico and the United States Virgin Islands). North American area (covering designated Pacific and Atlantic coastal areas of the United States and Canada, including Hawaii)

Regulation 14 of Annex VI requires ships to use fuel oil with a sulphur content not exceeding that stipulated in regulations 14.1 or 14.4. Regulation 4 allows, with the approval of the Administration, the use of an alternative compliance method at least as effective in terms of emission reductions as that required by the Annex, including the standards set forth in regulation 14. The Administration of a Party should take into account any relevant guidelines developed by the Organization pertaining to alternatives provided for in regulation 4.

Similar to a NO_xemission reduction system, an exhaust gas cleaning (EGC) unit may be approved subject to periodic parameter and emission checks or the system may be equipped with a continuous emission monitoring system. These guidelines have been developed with the intention of being objective and performance oriented.

Furthermore, use of the SO₂(ppm)/CO₂(%) ratio method will simplify the monitoring of SOX emission and facilitate approval of an EGC unit. See MEPC.259(68) appendix II for the rationale explaining the use of SO₂(ppm)/CO₂(%) as the basis for system monitoring. Compliance should be demonstrated on the basis of the SO₂(ppm)/CO₂(%) ratio values in table 2.

Table 02 : Fuel oil Sulphur limits and corresponding emissions values

Fuel oil Sulphur content (% m/m)	Ratio emission SO ₂ (ppm)/CO ₂ (% v/v)
4.50	195.0
3.50	151.7
1.50	65.0
1.00	43.4
0.50	21.7
0.10	4.3

Moreover, the regulation on the quality of water during the wash water discharge is de-fined in the IMO Scrubber Guidelines MEPC.184, and the following criteria are given for the water quality of the discharge water, as shown in Table 03.

Table 03: Wash Water Discharge Criteria

Wash water Discharge Criteria			
Inlet	pH	PAH	Turbidity
Discharge	pH	PAH	Turbidity
	>6.5	50ug/L (@45t/MWh)	< 25 NTU

Requirement from the European Union(EU)

European Union (EU) introduced a directive for restriction on the discharge of sulfur dioxide (EU Directive 2005/33/EC). The contents of the Directive are same as the IMO MARPOL Annex VI, and the details are shown in Table 04below.

US EPA(Environmental Protection Agency) VGP(Vessel General Permit)

The ships at over 3 miles from the US coast must obtain the application range of the ship discharge license system when entering the sea starting from Dec. 19, 2013. The allowed discharge standard is for pH, PAH, turbidity, nitrate and nitrite, and is similar to the IMO regulation. The wash water discharged from the exhaust gas processing device must be measured when discharged during operation and shipping, and pH must be over 6.0. This difference mustbe measured at the entry of the ship and the discharge outlet.

Table 04: Criteria on Emission of Sulfur Oxide (SOx) in EU

Applicable Region	Regulated Regulations	Application Period	Description
At Berth in EU Ports / Inland Waterway Vessels	2005/33/EC	2010.01.01 ~	Marine fuels used by inland waterway vessels and ships at berth in EU ports: Less than 0.1% m/m sulfur by weight. 1. Record on logbooks for fuel changeover time 2. Signature and storage of fuel oil sample 3. At berth includes ships which are anchored, on buoy and securely moored while loading or unloading 4. All forms of fuel oil, including the fuel oil used in engine and boiler, etc. 5. Exclusions A) During sail of ships (Only applicable at berth) B) Fuel oil of ships used for the purpose of ship's safety and saving lives C) Berthing for less than 2 hours or ships which switch off all engines and use shore-side electricity while at berth in ports

II. PANASIA Company EGCS (Exhaust gas cleaning system)

System overview with control panel

System type for this project is open mode with multi inlet U-type Scrubber unit.

•Open mode :

The open mode system uses the sea water as wash water.

It is an exhaust gas cleaning process using the natural SOx removal capacity of the sea water.

The sea water's natural SOx removal capability is also related to salinity and alkalinity of the sea water. Salinity and alkalinity of the sea water varies depending on the location, time of a year and coastal region. Wash water taken from sea chest is sprayed into the scrubber and is discharged to overboard without being reused.

The exhaust gas pipes from the combustion units are connected to the scrubber unit.

By-passing of scrubbers is possible with bypass dampers. The bypass arrangement permits the operation of engines during scrubber service breaks or when the scrubber is not needed.

•U-Type:

The foot print of the U-Type scrubber takes a wider and lower form as compared to the I-Type. The U-Type scrubber system's each exhaust gas discharge medium (main engine, generator engine and boiler) has separate bypass, and the dry mode is not possible. Packing is used inside the scrubber and the internal pressure is designed to be less than 150 mmAq.

•Multi inlet scrubber system:

A multi-inlet scrubber system is equipped with exhaust gas connection parts, the exhaust gas is in flow into the scrubber through different inlets from separate exhaust gas discharge medium (main engine, generator engine and boiler).

It is efficient when operating conditions are diverse and the flow of exhaust gas is very different depending on conditions.

- The maximum sulfur content of the fuel used is 3.5%.
- SO_x within the exhaust gas is removed to the level below 0.1% sulfur content of the fuel used.
- The property of the sea water is alkalinity of 2,200 µmol/L, and pH of 8.22.
- If the alkalinity is low, additional sea water or alkali may be used.

Process description

In the open mode system, the sea water is supplied by sea water supply pumps.

The quantity of wash water is controlled through VFD (Variable Frequency Drive) in order to effectively remove SO_x according to the discharge of exhaust gas by measuring salinity and alkalinity within the sea water. The wash water used for scrubbing process is discharged to the sea.

VFD to adjust of the amount of seawater is controlled by PLC in the control panel.

Wash water is monitored in WMS (Water Monitoring System) measuring PAH, Turbidity and pH value of wash water to meet the requirements of MEPC 259(68).

The sample gas from the outlet of scrubber is moved to the GMS (Gas Monitoring System) through the heated sample probe and hose.

The gas analyzer measures SO₂ and CO₂ after removing the moisture, foreign substances and etc.

PLC system monitors and records SO₂, CO₂ and ratio.

There are dampers at the entry point of the scrubber. Both bypass and intake dampers have electric-hydraulic actuators, fail open positioning for bypass dampers and fail close positioning for intake dampers.

In the PLC, the intake damper and the corresponding bypass damper are controlled in an opposite way. For instance, DA-001A intake damper is closed while DA-001B bypass damper is open and vice versa.

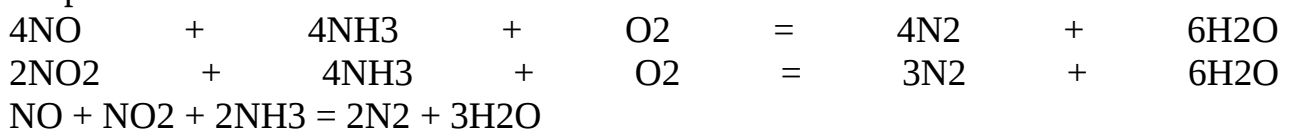
III. SCR System on example of NoNO_xTM Hyundai SCR

Basic description of NoNO_x SCR System

Selective Catalytic Reduction is a means of converting nitrous oxides in the exhaust with the help of a catalyst into diatomic nitrogen and water.

A reductant Anhydrous Ammonia (NH₃), Aqueous Ammonia (Ammonium Hydroxide) or Urea (Carbamide) solution is added to a stream of exhaust gas and is adsorbed onto a catalyst. Carbon Dioxide (CO₂) is a reaction product when urea is used as the reductant.

The chemical equation for the reaction using either anhydrous aqueous ammonia for the process is



The reaction for urea instead of anhydrous or aqueous ammonia is $4\text{NO} + 2(\text{NH}_2)_2\text{CO} + \text{O}_2 = 4\text{N}_2 + 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$ (in presence of catalyst)

Selective Catalytic Reduction

This exhaust gas after-treatment technology has a NO_x abatement capability Of more than 80%. The SCR concept involves injecting a Urea-Water solution into the exhaust gas stream in combination with a special catalyst unit.

The SCR is considered as an additional and independent exhaust treatment system and as such does not interfere with the basic engine design or combustion process.

The process diagram below gives a better understanding of the SCR system wherein the urea interacts with nitrous oxides present in the incoming exhaust gas, in the presence of a catalyst, converting it into free nitrogen and water vapour.

The Maritime Environmental Protection Committee (MEPC) At The IMO has published guidelines for the certification of selective catalytic reduction (SCR) systems, referred to the “SCR Guideline”, namely IMO Resolution MEPC.198(62).

According to their configurations, SCRs can Be Classified into 2 Types- They can be either installed between The Exhaust Gas Manifold & The Turbocharger or between The Turbocharger and The Exhaust Gas Boiler.

Мардаренко О., Кравець Г., Єршова Ю.
військова академія (м. Одеса).
національний університет «Одеська морська академія»
військова академія (м. Одеса)

Формування ключової англомовної комунікативної компетентності курсантів шляхом впровадження інноваційних технологій

Сучасна епоха глобальних змін у світової іншомовній спільноті, які пов'язані з воєнно-політичними викликами, підвищенням рівня оперативної взаємодії Збройних сил України з підрозділами збройних сил держав-членів НАТО щодо міжнародних навчань, вимагає суттєвого зростання ролі вивчення іноземної мови в загальній системі підготовки офіцерів ЗС України. Майбутні офіцери мають не лише володіти іноземною мовою, а здатні застосовувати ці знання під час виконання службових обов'язків в іншомовному середовищі. Знання граматики та здатність користуватися нею в письмових тестах не означає те, що людина буде правильно і з автоматизмом користуватися нею у живій розмові. Володіння іноземною мовою на високому рівні, що означає здатність вільно спілкуватися з іноземними партнерами, має стати пріоритетним для офіцерів ЗС України. Тому вивчення іноземної мови на сучасному етапі має практичну мету – навчання спілкуванню. Сучасна мовна підготовка у вищих навчальних військових закладах висуває перед викладачами іноземної мови складні професійні завдання, у тому числі і навчання сучасної військової лексики курсантів, оскільки вокабуляр людини відіграє велику роль під час організації процесу комунікації. Виходячи з поставленої задачі, слід визначити комунікативний підхід як пріоритетний у напрямку досягнення поставленої мети, тому що головним його напрямком є навчання мовленню в умовах спілкування.

Мовна підготовка курсантів передбачає реалізацію навчально-методичних і наукових заходів, спрямованих на опанування відповідного рівня володіння іноземними мовами, а отже і належного рівня лексичної компетенції, для забезпечення ефективного спілкування у професійній сфері. Це стосується і визначення ефективних методів навчання сучасної військової лексики. Аналіз наукових джерел та досвід науково – педагогічного складу кафедри іноземних мов Військової академії (м. Одеса) свідчить про те, що у процесі навчання найбільш ефективними є такі групи методів:

1. Інтерактивні методи
2. Методи комунікативних завдань
3. Ігрові методи
4. Методи проблемних завдань
5. Ситуативний метод
6. Метод проєкту

Однією з основних переваг усіх цих методів є те, що за достатньо короткий час курсанти можуть опанувати велику кількість навчального лексичного матеріалу і закріпити його в мовленні. При правильному підході до складання завдань і відведення той або іншій ролі курсантам з різним рівнем володіння мовою, та за умови комбінування цих методів, можливо досягнути певного результату. Наприклад, під час вивчення теми “Peacekeeping operations”, курсанти можуть виконувати таке завдання в парі: слухач, якій має не дуже впевнені знання, називає слова, які пов’язані з темою (conflict, peace, tension, disputes), а курсант з більш високим рівнем знань має пояснити ці поняття англійською мовою. Це допоможе якоюсь мірою налагодити комунікативний процес між учнями різного рівня знань.

В цілому, комунікативний підхід у навчанні передбачає необхідність побудови навчального процесу як моделі спілкування. Суть даного підходу в тому, що правила, слова і вирази не вивчаються через спеціальні вправи, а засвоюються в процесі комунікативної діяльності. Тут одночасно розвивається швидкість мовлення і відпрацьовуються мовленнєві зразки і структури. Наприклад, для відпрацювання вживання модальних дієслівучням (в нашому випадку курсантам) пропонується розв’язати проблеми, провести інструктаж, вивчити правила користування яким-небудь приладом. Процес засвоєння модальних дієслів буде цікавим і корисним, якщо дати учням завдання написати або проговорити правила, використовуючи дієслова: must, should, oughtto, areallowedto, can, haveto, mustn't та ін. Перефразування також сприяє засвоєнню мовних зразків і структур. Безумовно, для успішного виконання будь-якого завдання викладач повинен поставити конкретні завдання і датизразокабо алгоритм виконання. Наприклад, учням дається список «don'ts» і пропонується скласти речення з додатком умови.

Weapon handling

- *Don't play with the trigger (it can lead you to a tragic event. (If you play with a trigger it can lead you to a tragic event).*
- *Don't release the safety catch (the rifle can fire). (If you don't keep the safety catch applied the rifle can fire).*

Таким чином, граматична конструкція подається разом зі спеціальною лексикою, що є дуже важливим, враховуючи те, що після розв’язання російської військової агресії, виникла гостра потреба розширення вокабуляру учня шляхом опанування військовим сленгом та термінологією. Лексична база сучасного військовослужбовця має бути дуже різноманітною. Окрім найуживаніших слів, високочастотних слів та певного запасу чанків (лексичні та граматичні фрази на кшталт: How you doing? See you later), майбутні офіцери мають знати суспільно-політичну і професійну лексику. Слід враховувати, що військова термінологія не є стабільною. Вона постійно змінюється через появу неологізмів, що у свою чергу пов’язано з реорганізацією збройних сил, використанням нових видів озброєння, нового військового обладнання та нових методів ведення війни. Не слід забувати і за «крилаті неологізми», які додають складності до ро-

зуміння. Наприклад фраза «chickenhawk» означає людину, яка підтримує війну, хоча раніше всіляко уникала служби в армії. У сфері військової лексики часто зустрічаються одиниці, що виникли в усній мові. Більшість цих одиниць військової лексики мають позитивне емоційне забарвлення. При формуванні такої лексики загальновідомі слова та вирази поєднуються з загальновідомими військовими термінами. Військовий сленг є специфічною частиною емоційно-забарвленого шару англійської військової лексики. Наприклад, leatherneck - це «морський піхотинець»; brasshat - «генерал»; GI - «солдат»; flattop - «авіаносець», loot - «лейтенант», slick - «неозброєний гвинтокрил».

Попри того факту, що засвоєння іншомовної лексики та формування необхідних умінь її використання під час спілкування визначаються пріоритетними, саме формування лексичної компетенції викликає труднощі у процесі вивчення іноземної мови. Це відбувається через низький рівень усвідомлення курсантами необхідності систематичної роботи з лексичними одиницями, а також брак навичок самостійної роботи. Для розв'язання цієї проблеми викладачі іноземної мови професійного спрямування повинні дбати про створення необхідних умов для формування навичок роботи із професійною термінологією, її постійне оновлення, інтеграцію та подальше використання.

Надумку багатьох фахівців, одним зі способів створення таких сприятливих умов для вивчення англійської фахової термінології під час викладання англійської мови професійного спрямування є застосування онлайн технологій.

Сучасні онлайн технології дозволяють не тільки розробити достатньо ефективну систему вправ для опанування професійною термінологією та створити достатньо гнучку систему тестів для здійснення контролю, а також допомагають реалізовувати індивідуальний підхід до навчання.

Існують численні веб-додатки, які дозволяють вивчати, тренувати та тестувати рівень володіння професійною лексикою. На початковому етапі викладач може користуватися такими додатками, як Quizlee, Kahoot або Flashcard.online та створювати віртуальні картки зі словами. До кожного слова, окрім перекладу, можливо додати зображення і навіть невеликий відео-фрагмент. Оцінити рівень отриманих знань можливо за допомогою веб-додатків Quiz-maker, Pro-Profsta інших.

Сучасні онлайн технології дозволяють не тільки розробити достатньо ефективну систему вправ для опанування професійною термінологією а створити достатньо гнучку систему тестів для здійснення контролю, а також допомагають реалізовувати індивідуальний підхід до навчання. Викладач може скерувати окремих студентів на повторне виконання тестів з теми, яка не була засвоєна належному рівні, а також розробити диференційовані вправи в залежності від рівня групи або окремих слухачів.

Враховуючи необхідність дотримання правила переходу від простого до складного, після успішного вивчення лексичних одиниць за допомогою карток, доцільно перейти до вправ *True / False* типом або *Matching*.

- Визначення вірності поданого тлумачення:

A British rifleman normally carries five loaded magazines in his pouches.
(True/False)

- поєднати частини усталених словосполучень

verb+ noun

- | | |
|--------------|-------------|
| 1) to fire | service |
| 2) to pull | a bipod |
| 3) to load | a weapon |
| 4) to engage | the trigger |
| 5) to enter | a target |
| 6) to fold | bursts |

Працювати з веб-додатками зручно у будь-якому місці і будь-який час. Вони також додають додаткову візуалізацію і розвивають креативне мислення, що є необхідними складовими комунікативної компетенції.

З огляду на вищезазначене, неможливо обійти навчання на основі концентру – навчання на основі змісту, коли граматична, лексична та функціональна частини мови, а також вміння користуватися є не менш важливими. Основний принцип – мотивувати курсантів до навчання завдяки використанню матеріалів, зміст яких відповідає їхнім інтересам та допомагає їм дізнатися щось нове. У зв'язку з цим важливо зауважити, що для підвищення рівня лексичної компетенції майбутніх офіцерів ЗСУ України важливо співпрацювати з кафедрами військових та військово-спеціальних нелінгвістичних дисциплін для створення спільних проблем, інтегрованого курсу. Це допоможе курсантам установити міжпредметні зв'язки та побачити реальне застосування своїх знань з іноземної мови в контексті майбутньої професійної діяльності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурлаченко Н. В. Проблемна технологія під час навчання мови: переваги та труднощі // Педагогіка формування творчої особистості у вищій і загальноосвітній школах. No 67, Т. 1. 2019. С. 139-141.

2. Ветрова І. Проблема формування лексичної компетенції в підготовці майбутнього вчителя іноземної мови. Обрії. 2013. No 1 (36). С. 56–58.

3. Гапонова В., Лемешко О. Оптимізація навчання курсантів-прикордонників професійної термінології // Збірник наукових праць Національної академії Державної прикордонної служби України. Серія: педагогічні науки. No 21(2). 2021. С. 18-37.

4. Глотова В. Комунікативний метод викладання англійської мови: перспективи розвитку // *Studia methodologica*. No 42. 2016. С. 93-97.

5. Гнатенко Г. Методичні основи контекстного навчання іноземних мов майбутніх фахівців міжнародної економіки // Імідж сучасного педагога. No 2 (191). 2020. С. 59-62.

6. Гончар В. В. Визначення сутності готовності офіцерів до здійснення мовної підготовки у військових частинах Національної гвардії України // Вісник ЛНУ імені Тараса Шевченка. No 1(3), Ч І. 2021. С. 91-104.

7. Жицька С. А. Підготовка курсантів вищих військових навчальних закладів до професійно-комунікативної діяльності за допомогою метода комунікативних завдань // Advanced Education. No 1. 2014. С. 13-20.
<https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/10471/1/4.pdf>

8. Пащук Ю. М., Каменцев Д. С., Пасічник С. М., Сергієнко Т. М. Щодо проблем навчання англійської мови курсантів вищих військових навчальних закладів // Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 5. Педагогічні науки: реалії та перспективи. Вип. 78. 2020. С. 173-177

9. Приймаченко О. Підхід до вивчення англомовної лексики курсантами непрофільного ВНЗ // Педагогіка вищої та середньої школи. Вип. 41 2014. С. 102-106.

Matiiv R., Hrynychuk H.V.
National University "Odesa Maritime Academy"

Everything you need to know about engine cadet jobs

An Engine Cadet on a ship is an apprentice, or trainee, seafarer who is at the very start of his or her career in the maritime industry. They are simultaneously onboard to work and to learn so that they can progress through the various seafarer ranks found in the engine room of a vessel.

An Engine Cadet, as the name suggests, is starting out in the engineering department. They may have their sights eventually set on becoming a Chief Engineer, after they have risen through the ranks of Junior Engine Cadet, Senior Engine Cadet and then Junior Engineer and Fourth, Third and Second Engineer. It depends which position company have. Also working in the engineering department on many ships will be entry level cargo ship jobs such as Motorman, Oiler and Wiper. As a cadet on a vessel, you are there to soak up every drop of knowledge you can about your chosen profession. You will be expected to ask questions, to complete your training, to learn about all the different aspects of the engine room, and in particular, to learn the duties and responsibilities of the seafarer rank directly above you - usually a Third or Fourth Engineer (depending on the size of the vessel and the ranks onboard.)

Tasks will usually be assigned to the Engine Cadet by the Second Engineer, acting on behalf of the Chief Engineer, who is ultimately responsible for the engine room and department. Again, depending on the vessel, as well as the owner/manager, and the senior crew onboard, Cadets will normally only be working a day shift. The main duties of the job will be the maintenance of the various equipment and systems in the engine room, although you may be required to assist the engineer on duty in engine room watches.

Let's break down what those duties are and what maintenance you will be expected to do.

You should expect to be kept busy while you're onboard and be prepared to take orders and tackle any of the following duties:

- Assisting with any planned maintenance work.
- Helping to operate pump and fuel systems, distribution and electrical generating equipment, air conditioning plants, refrigeration systems, and cranes and lifts.
- Stripping engines and inspecting their components.
- Tracing out (following) the paths of oil, water or steam as they travel through the ship's systems.
- Taking note of daily logs from the equipment in the engine room.
- Taking soundings (measuring how much fluid is in a tank.)
- Helping to keep watch in the engine room.
- Cleaning, painting and greasing equipment.

As a cadet is a maritime version of an apprenticeship, the life of a cadet is split into two parts: The time spent working onboard a vessel gaining that all-

important hands-on experience and sea time. And the time spent studying all the different aspects of the job, which will take place in a classroom environment.

As an Engine Cadet typically you will be learning about the following subjects whilst in maritime college:

- Marine electrical systems
- Engineering science
- Marine diesel propulsion
- Analytical methods for engineers
- Instrumentation and control principles
- Pneumatics and hydraulics
- Naval architecture
- Workshop skills
- Thermodynamics and management
- Engine room auxiliary machinery
- Engineering design

As a cadet is a maritime version of an apprenticeship, the life of a cadet is split into two parts: The time spent working onboard a vessel gaining that all-important hands-on experience and sea time. And the time spent studying all the different aspects of the job, which will take place in a classroom environment.

It might be a good idea at the start of your career in the maritime industry to keep your options open. There are a wide range of employers who offer cadetships, not just those in the merchant navy / marines.

So, work at sea will give you big opportunity in life, everything in your hand.

REFERENCES

- 1.Blogs of Engine cadets in Instagram social media.
2. <https://www.martide.com/en/blog/seafarers/all-about-engine-cadet-jobs/>
- 3.YouTubeканал Щоденник Моряка<https://youtu.be/lZXLZfU8pJw>

Hrynychuk H.V
National University "Odessa Maritime Academy"

E-learning

Modern methods of teaching foreign languages are connected with the ongoing technological progress. Distance learning has become an integral part of our lives. It has gained importance and gives access to non-traditional sources of information, increases the efficiency of independent work, provides completely new opportunities for creative work and help reach students who may not have readily available access to educational facilities. Moreover, it allows teachers to implement completely new forms and methods of teaching

For example, online studying gives opportunity to implement task-based and communicative approaches using authentic materials. The task-based teaching approach is one of many modern teaching methods and focuses on setting a goal for students, it could be a report, a video, or a presentation you can use online. A task-based activity is a procedure in which students have to use the target language in order to achieve a specific outcome. The best activities reflect real-life situations, so the students can see that the lesson is relevant to their own lives. The use of the Internet in a communicative approach is highly motivated: its goal is to get students interested in learning a foreign language by building and expanding their knowledge and experience. Students should be prepared to use the language for real communication outside the classroom.

But sometimes online lessons have less feedback in comparison with the traditional lessons and it makes it more difficult to draw students' attention. Therefore, teachers have a task to interest and keep the audience at a distance. Thus, conducting an online class should be accompanied by the presence of attractive visual and additional audio. Different platforms and tools are used for this purpose. You can fill classes with additional visual design using available software such as, for example, Microsoft Office PowerPoint. Also, the lesson can be filled with accessible video materials directly related to the subject of the lesson. When conducting practical classes, you can use interactive online whiteboards (such a function is available, in particular, in Google Classroom or Zoom), providing access to them for students to solve problems. You can increase the interest of students in learning and mastering the material, for example, by monitoring knowledge through competition.

The use of the highlighted methods and means of conducting the educational process will make distance learning more interesting and acceptable. The direct interaction of teachers and students during classes in an interactive form will contribute to the improvement of the organization of the educational process itself.

REFERENCES

1. Anderson, T. (2008). Theory and Practice of Online Education (2nd ed) ISBN 9781897425084
2. Anderson, T., & Dron, J. (2010). Three generations of distance education pedagogy. The International Review of Research in Open and Distance Learning, 12(3), 80–97.

Kulbii D., Hrynychuk H.V.
National University "Odesa Maritime Academy"

Protecting the seas: environmental issues for seafarers

The maritime industry plays a critical role in the global economy, transporting goods and people across the world's oceans. Seafarers are at the heart of this industry, operating the vessels that enable international trade and commerce. However, this industry also has a significant impact on the environment, and seafarers must be aware of the environmental challenges that they face. In recent years, there has been growing awareness of the need to address environmental issues within the maritime industry, and seafarers have a crucial role to play in this effort. This report will examine the environmental challenges faced by seafarers and explore strategies to mitigate their impact on the environment. Specifically, this report will focus on three key environmental issues: marine pollution, climate change, and biodiversity conservation. By understanding these challenges and taking proactive steps to address them, seafarers can contribute to a more sustainable and environmentally-responsible maritime industry.

Marine pollution is a significant environmental issue for seafarers. Shipping activities are responsible for a significant amount of pollution in the world's oceans, and this pollution can take many forms, including oil spills, sewage discharge, and the release of other hazardous substances. Marine pollution has a severe impact on marine ecosystems, harming wildlife, and disrupting delicate marine habitats. To mitigate marine pollution, seafarers must adhere to international regulations such as the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL). MARPOL sets standards for the discharge of pollutants from ships, and it includes regulations for the prevention of oil pollution, pollution from noxious liquid substances, sewage, and garbage. Seafarers can also take proactive measures to reduce marine pollution, such as ensuring proper waste management and using environmentally-friendly products whenever possible. By taking responsibility for their impact on the environment, seafarers can help to protect marine ecosystems and contribute to a more sustainable maritime industry. Pollution prevention is another important environmental issue for seafarers. Shipping activities can generate a range of pollutants, including oil, chemicals, and plastics, which can have a significant impact on marine ecosystems and human health. Seafarers must take proactive measures to reduce their environmental footprint and prevent pollution in the marine environment. To prevent pollution, seafarers can follow international regulations, such as the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL), which sets standards for the discharge of pollutants from ships. Seafarers can also take practical steps to reduce their impact on the environment, such as minimizing waste and avoiding the discharge of harmful substances into the sea. Additionally, seafarers can participate in pollution prevention programs, such as port reception facilities, which provide a safe and responsible way to dispose of ship-generated waste.

By preventing pollution, seafarers can help to protect the health of marine ecosystems and ensure the sustainability of the maritime industry. Through their actions, seafarers can contribute to the global effort to reduce marine pollution and build a more environmentally-responsible future.

Climate change is another critical environmental issue faced by seafarers. Shipping activities contribute to climate change through greenhouse gas emissions and air pollution. The International Maritime Organization (IMO) has established regulations to reduce greenhouse gas emissions from shipping, such as the Energy Efficiency Design Index (EEDI) and the Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP). These regulations aim to promote the use of energy-efficient practices and clean fuels to reduce the carbon footprint of shipping activities.

Seafarers can take proactive measures to reduce their environmental impact, such as using clean fuels and energy-efficient practices. For example, using low sulfur fuels, investing in energy-efficient technologies, and reducing vessel speed can all help to reduce greenhouse gas emissions. By adopting these practices, seafarers can contribute to mitigating climate change and help to build a more sustainable maritime industry.

Furthermore, seafarers can also play an important role in promoting sustainable practices and raising awareness of climate change. By advocating for sustainable shipping practices and sharing their knowledge and experience with others in the industry, seafarers can contribute to a more environmentally-responsible maritime sector.

It is important to note that addressing climate change in the maritime industry is a global effort. Seafarers must work together with ship owners, regulators, and other stakeholders to find solutions that balance economic growth with environmental responsibility. By collaborating on this issue, the maritime industry can make significant progress towards mitigating the impact of shipping activities on the environment and building a sustainable future.

In summary, seafarers must be aware of the impact of shipping activities on climate change and take proactive measures to reduce their environmental footprint. By working together with other stakeholders in the maritime industry, seafarers can contribute to a more sustainable future and ensure the long-term viability of the industry.

Biodiversity conservation is a critical issue for seafarers as the oceans are home to a vast array of marine life, including whales, dolphins, sharks, and sea turtles, among others. However, human activities, such as shipping and fishing, can have a severe impact on marine ecosystems, threatening the survival of many species. Seafarers must be aware of the impact of their activities on marine biodiversity and take proactive measures to mitigate these effects.

To conserve marine biodiversity, seafarers can follow international regulations, such as the Convention on Biological Diversity and the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES), which aim to protect endangered species and their habitats. Seafarers can also take proactive measures to reduce their impact on marine ecosystems, such as minimizing noise pollution and avoiding sensitive areas, such as coral reefs and seagrass beds. Addi-

tionally, seafarers can engage in efforts to conserve marine biodiversity, such as participating in marine conservation projects and supporting sustainable fishing practices.

By conserving marine biodiversity, seafarers can help to protect the oceans' delicate ecosystems and ensure the sustainability of the maritime industry. Through their actions, seafarers can contribute to the global effort to protect marine biodiversity and ensure the long-term viability of the world's oceans. Seafarers face a range of environmental challenges in their work, including pollution, climate change, and biodiversity loss. However, by taking proactive measures to reduce their environmental footprint and promote sustainable practices, seafarers can contribute to a more environmentally-responsible maritime industry.

To address these challenges, seafarers must work together with other stakeholders in the maritime industry, such as ship owners, regulators, and environmental groups, to find solutions that balance economic growth with environmental responsibility. By collaborating on this issue, the maritime industry can make significant progress towards mitigating the impact of shipping activities on the environment and building a sustainable future.

In addition, seafarers play an important role in promoting environmental awareness and advocacy. By sharing their knowledge and experience with others in the industry, seafarers can help to build a more environmentally-responsible maritime sector and raise awareness of the importance of protecting the world's oceans. In conclusion, seafarers must be aware of their impact on the environment and take proactive measures to reduce their environmental footprint. Through their actions, seafarers can help to build a more sustainable maritime industry and ensure the long-term viability of the world's oceans.

REFERENCES

1. International Maritime Organization. (2018). IMO's response to climate change. Retrieved from <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Response-to-Climate-Change.aspx>
2. United Nations Environment Programme. (2018). Marine litter and microplastics. Retrieved from <https://www.unep.org/regions/roap/what-we-do/marine-litter-and-microplastics>
3. International Maritime Organization. (2019). Guidelines for the implementation of MARPOL Annex V. Retrieved from <https://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/Garbage/Documents/Guidelines%20for%20the%20implementation%20of%20MARPOL%20Annex%20V.pdf>

Hrynkov A., Hrynychuk H.V.
National University "Odesa Maritime Academy"

Alternative fuel use - regulatory status mapped

The use of alternative fuels has become increasingly important in the maritime industry as the world seeks to reduce its dependence on fossil fuels and transition to cleaner and more sustainable energy sources. However, the adoption of alternative fuels in the maritime sector has been hindered by a lack of clear and consistent regulations, which vary widely from country to country. This report aims to map the regulatory status of alternative fuel use in the maritime industry, highlighting the main regulatory frameworks and initiatives that are currently in place.

Alternative fuels in the maritime sector can be broadly defined as any fuel that is not derived from fossil fuels, including biofuels, hydrogen, electricity, and natural gas. These fuels are often seen as more environmentally friendly and sustainable than traditional fossil fuels, and can help reduce greenhouse gas emissions and improve air quality.

However, the use of alternative fuels in the maritime sector is subject to a range of regulations, including safety standards, emissions limits, and fuel quality requirements. These regulations can vary widely depending on the country or region, and can have a significant impact on the viability and cost-effectiveness of alternative fuels in the maritime sector.

Safety and technical regulations are essential for ensuring that alternative fuels are used safely and effectively in the maritime sector. These regulations include requirements for the design, construction, and operation of vessels using alternative fuels, as well as regulations for the transport and storage of alternative fuels.

Examples of safety and technical regulations for alternative fuels in the maritime sector include the International Maritime Organization's (IMO) International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (IGF Code), which provides safety standards for ships using LNG or other low-flashpoint fuels. The IMO has also introduced regulations for the use of biofuels in shipping, including the IMO's Guidelines for the Development of National Biofouling Management Guidelines.

Emissions regulations are critical for reducing the environmental impact of the maritime industry, particularly in terms of greenhouse gas emissions. The IMO has set ambitious targets for reducing greenhouse gas emissions from the maritime industry, including a target to reduce emissions by at least 50% by 2050 compared to 2008 levels.

To achieve these targets, the IMO has introduced a range of emissions regulations for the maritime industry, including regulations for the use of low-sulfur fuels and the development of energy efficiency guidelines for new ships. The EU has also introduced emissions regulations for ships operating in European waters, including limits on sulfur content in marine fuels and a monitoring, reporting, and verification (MRV) system for monitoring greenhouse gas emissions.

Fuel quality regulations are essential for ensuring that alternative fuels meet quality and performance standards, and are compatible with existing maritime infrastructure and engines. These regulations include requirements for the composition, stability, and compatibility of alternative fuels.

Examples of fuel quality regulations for alternative fuels in the maritime sector include the ISO 8217 standard for marine fuels, which provides specifications for the quality and performance of marine fuels, including biofuels and other alternative fuels. The EU has also introduced fuel quality regulations for shipping, including the Fuel Quality Directive, which sets standards for the quality of transport fuels, including marine fuels.

The regulatory status of alternative fuel use in the maritime industry varies widely around the world, with different countries and regions adopting different regulatory frameworks and initiatives. Safety and technical regulations, emissions regulations, and fuel quality regulations are all essential for promoting the adoption of alternative fuels in the maritime sector. As the world seeks to transition to cleaner and more sustainable energy sources, it will be important to establish clear and consistent regulatory frameworks to promote the adoption of alternative fuels in the maritime industry.

REFERENCES

1. International Maritime Organization's International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels (IGF Code) and Guidelines for the Development of National Biofouling Management Guidelines
2. European Union's Renewable Energy Directive, Fuel Quality Directive, and Alternative Fuels Infrastructure Directive
3. The US Environmental Protection Agency's Renewable Fuel Standard
4. Canada's Renewable Fuels Regulations and Low Carbon Fuel Standard
5. ISO 8217 standard for marine fuels
6. Reports and articles from reputable organizations such as the International Renewable Energy Agency (IRENA), the Union of Concerned Scientists, and the Pew Research Center, among others.

Застосування «Blendedlearning» як інноваційно-модерністського методу для вивчення англійської мови.

XXI століття вимагає нових підходів до навчання іноземних мов. Впровадження сучасних інноваційних освітніх технологій у навчальному процесі закладу вищої освіти створює нові можливості реалізації дидактичних принципів індивідуалізації та диференціації навчання, позитивно впливає на розвиток пізнавальної діяльності курсантів, їхньої творчої активності та свідомості. Теорія застосування blendedlearning узакладах вищої освіти потребує подальших суттєвих досліджень, адже сьогодення вимагає змін у навчальному процесі шляхом підлаштування до вимог життя суспільства [1],[2].

Очікується, що в майбутньому освітні платформи, сервіси і додатки зіллються в єдине ціле, а доки таке поєднання називається Blended learning.

Проте і жива комунікація грає надзвичайно важливу роль. Асоціокультурні і мовні навички, які людина отримує завдяки спілкуванню, дуже цінні. Звичайно, за допомогою електронного навчання досягти цього важко. Термін "blended" походить від англійського і означає "змішаний", що і пояснює значення цього типу навчання [3].

Мається на увазі, що поєднуються дві моделі подання матеріалу : студент спілкується з викладачем очно а частину матеріалу вивчає сам, використовуючи інформаційні технології.

З метою ефективного вивчення іноземної мови, викладачам необхідно активно використовувати різні методики навчання. На сьогодні у світі існує велика кількість методик, що використовуються при вивченні іноземних мов і їх ефективність підтверджується на практиці.

Розглянемо «blendedlearning» або «змішане навчання», яке базується на інтеграції технологій навчання і є процесом, за якого традиційні технології навчання поєднуються з інноваційними технологіями електронного, дистанційного і мобільного навчання. Вчені розглядають «blendedlearning» як інноваційно-модерністський метод навчання, який доцільно використати для розвитку комунікативної компетентності курсантів при вивченні англійської мови. Розглядається поняття «змішане навчання» у техноцентричному (об'єднання різних режимів Web-технологій); психологічному (комбінація різноманітних психологічних підходів); методичному (поєднання традиційного й електронного навчання); практико-зорієнтованому (поєднання теоретичних та практичних складових навчального процесу). Проаналізувавши твердження науковців щодо «blendedlearning» можливо зробити висновок, що такий процес навчання можна ефективно використовувати з метою розвитку комунікативної компетенції. Водночас виникає багато питань щодо використання традиційних і апробованих світових методик щодо вивчення мов, які можуть бути використані з метою удосконалення складових «blendedlearning». Наприклад, розглянемо основні принципи дії декількох методик, що використовуються для розвитку ко-

мунікативних навичок курсантів.Методика, що має назву «task-basedlearning» (навчання на основі завдань) використовується для розвитку навичок комунікації та вивчення сталих одиниць мови, та не має суворих правил щодо наслідування в усному мовленні всіх граматичних правил. Має вузький спектр використання лексико-граматичних одиниць. Відрізняється рядом переваг, та має і недоліки. Методика «task-basedlearning» ефективно працює у поєднанні з методикою «PPP» або «Present, Practice, Produce». Метод передбачає презентацію лексикограматичних одиниць, практику їх використання та застосування при безпосередньому контакті з англійською мовою у життєвих ситуаціях різного типу. Контрольною фазою циклу методів може бути обрана методика «ТТТ»(Test, Teach, Test) [4].

Перевагами Blended learning є гнучкість учбового процесу, можливість знайти потрібний підручник онлайн, виконати вправи і пройти тест. Можна навчитися розпоряджатися часом, справлятися з обставинами і стати дисциплінованим, що є запорукою успішного навчання.

Отже, обрання методик, що утворять основу для «blendedlearning» і сприятимуть розвитку комунікативної компетенції курсантів, може стати наступним кроком у поєднанні інноваційних і традиційних технологій навчання англійської мови.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Том 20 № 2 (2021): Сучасні дослідження з іноземної філології / МЕТОДИКА ВИКЛАДАННЯ ІНОЗЕМНИХ МОВ
2. IT EducationAcademy (ITEA) —международныйобразовательный центр IT сферы.
3. Державний Університет Телекомунікацій <https://dut.edu.ua/ua/news>.

The use of educational roleplays in the English lessons for marine engineers.

The use of educational roleplays in English for Specific Purposes (ESP) lessons has been drawing the attention of numerous experts. One of the biggest advantages of educational roleplays is that they allow students to experience and explore a subject in a more interactive and immersive way. Rather than simply reading or listening to information, students become active participants in their own learning. This not only helps them retain information better but also encourages critical thinking, problem-solving, and creativity. Roleplaying involves students assuming different roles, acting out scenarios, and making decisions based on the situation presented. Another benefit of educational roleplays is that they can be tailored to the needs and interests of individual students or groups.

Educational roleplays can also be used to help students develop social skills, such as teamwork, communication, and empathy. By assuming different roles and working together to achieve a common goal, students learn how to collaborate and communicate effectively with others.

Tambor[1] describes roleplays as a unique and effective way to help learners to develop their language skills by providing opportunities for meaningful communication and interaction. Through using roleplays in teaching business English, Alqahtani[2] found that roleplays improve learners' confidence, motivation, and engagement in the learning process. Another study by Hacıömeroğlu and Yurt [3] examined the use of roleplay in ESP classroom with engineering students in Turkey and discovered that roleplays can promote students' critical thinking, problem-solving skills and enable them to apply theoretical knowledge in a practical context. Furthermore, research has shown that roleplays can foster creativity and empathy among learners, as they are required to take on different roles and perspectives [4]. Roleplays can also enhance learners' cultural awareness and intercultural communication skills, particularly in ESP courses that prepare students for work in a multicultural environment [5].

While roleplays can be an effective teaching tool in ESP lessons, there are also potential drawbacks to consider when developing roleplays scenarios.

- *Time Constraints:* Developing and executing roleplays can be time-consuming, particularly if they involve a large number of students or complex scenarios. This can be a challenge for teachers who have limited class time and need to cover a lot of material.

However, the use of a flipped classroom approach is one of the ways to save time and streamline the learning process through. Rather than spending significant class time on preparing for and conducting roleplays, students can be assigned to review relevant materials and practice the necessary language skills outside of class, leaving more time for actual roleplay activities in the classroom. Students would review relevant material and practice the necessary language skills outside of class, leaving more time for actual roleplay activities in the classroom.

By using the flipped classroom approach, teachers can also provide more individualized support and feedback to students during roleplay activities, as they can focus more closely on each student's performance and progress. Furthermore, the flipped classroom approach can enhance students' engagement and motivation, as they have more control over their learning process and can explore course materials at their own pace. [6]

- *Unequal Participation:* In a roleplay, some students may be more comfortable taking on the assigned roles and speaking up, while others may be less confident or less interested. This can lead to unequal participation and potentially undermine the effectiveness of the activity. This factor should be taken into account at the stage of distributing the roles to engage timid students though not creating uncomfortable environment for them.
- *Unrealistic Scenarios:* Roleplays can be a useful tool for simulating real-world situations, but they can also be limited by their artificial nature. Depending on the scenario, students may not be fully engaged or may find it difficult to suspend disbelief.

However, visual support – video and animation can help the situation to some extent.

- *Inadequate Preparation:* For roleplays to be effective, students need to be adequately prepared with the necessary language skills and knowledge of the relevant topic. If students are not sufficiently prepared, the roleplay may not achieve its intended learning outcomes.

On the other hand, there is some opportunity for cooperation and collaboration when searching for and analyzing the information needed to take correct and relevant decisions. In the course of roleplays which should close up the topic and bring the knowledge closer to life, cadets don't stop learning and build on their awareness and developing cognitive and communicative skills required for their professional career

- *Limited Assessment:* While roleplays can provide valuable learning opportunities, they may not always be easily assessable. It can be challenging for teachers to accurately measure the effectiveness of roleplays in terms of student learning outcomes. During a debriefing session after the roleplay, there students can reflect on their performance and receive feedback from their peers too. This will help avoid the one-sided view of the process.

Overall, while roleplays can be a valuable teaching tool, it is important for teachers to carefully consider their use and weigh the potential benefits against the potential drawbacks in terms of roleplays' practicability within specific contexts. In the Maritime English lessons, roleplays can be an effective way to simulate real-life scenarios that can occur in a maritime environment. These can include emergency situations, communication with shore-based personnel, or interactions with crewmembers from different cultures.

During a roleplay, students are assigned different roles and must interact with one another to complete a task or solve a problem. For example, in the context of marine engineering, a roleplay scenario on an engine room fire could involve assign-

ing different roles to the students, such the Chief Engineer, the Second Engineer, and the Electrical Officer. Each student would then be responsible for playing their assigned role and communicating with others to coordinate a response to the emergency situation.

The roleplays scenarios on some of the topic studied by marine engineering cadets in the English lessons could be as follows:

Scenario 1. Engine Room Flooding Background:

You are working as a marine engineer on a cargo ship, and suddenly the engine room starts flooding. The water level is increasing rapidly, and you need to act fast to prevent a major disaster. You are working with two other engineers on this task.

Roles:

1. Chief Engineer: In charge of leading the team and making key decisions. Responsible for overseeing the entire operation.
2. Second Engineer: Responsible for monitoring the water level and assessing the damage. Needs to communicate any findings to the Chief Engineer.
3. Third Engineer: Responsible for taking action to stop the flooding. Needs to work with the Second Engineer to identify the best course of action.

Details to be analyzed and considered:

- how to quickly assess the extent of the damage and identify the source of the flooding;
- how to effectively communicate findings and recommendations to the Chief Engineer;
- how to prioritize actions and allocate resources to stop the flooding;
- how to maintain communication and coordination between team members.

Scenario 2. Engine Failure During Navigation Background:

You are working as a marine engineer on a cargo ship, and suddenly the main engine fails during navigation. You need to act fast to fix the engine and prevent any damage to the ship. You are working with two other engineers on this task.

Roles:

1. Chief Engineer: In charge of leading the team and making key decisions. Responsible for overseeing the entire operation.
2. Second Engineer: Responsible for identifying the cause of the engine failure and suggesting possible solutions. Needs to communicate any findings to the Chief Engineer.
3. Third Engineer: Responsible for implementing the chosen solution to fix the engine. Needs to work with the Second Engineer to identify the best course of action.

Details to be analyzed and considered:

- how to quickly identify the cause of the engine failure and suggest possible solutions;
- how to effectively communicate findings and recommendations to the Chief Engineer;
- how to prioritize actions and allocate resources to fix the engine;

- how to maintain communication and coordination between team members.

Scenario 3. Fire in the Galley Background:

You're working as a marine engineer pm a passenger ship, and suddenly a fire breaks out in the galley. You need to act fast to contain the fire and prevent any harm to the passengers and crew. You are working with two other crew members on this task.

Roles:

1. Chief Engineer: In charge of leading the team and making key decisions. Responsible for overseeing the entire operation.
2. Cook: Responsible for identifying the source of the fire and suggesting possible solutions. Needs to communicate any findings to the Chief Engineer.
3. Third Engineer: Responsible for implementing the chosen solution to contain the fire. Needs to work with the Cook to identify the best course of action.

Details to be analyzed and considered:

- how to quickly identify the source of the fire and suggest possible solutions;
- how to effectively communicate findings and recommendations to the Chief Engineer;
- how to prioritize actions and allocate resources to contain the fire;
- how to maintain communication and coordination between team members.

In conclusion, the use of roleplays in ESP English lessons, particularly for marine engineers, has numerous benefits for learners, including improving their language and soft skills that are essential for success in the maritime industry. Besides, they give students an opportunity to practice their language skills in a realistic and engaging way, developing their abilities for teamwork.

At our university, NU "OMA", we've been making an extensive use of numerous means to make the teaching process more engaging and interactive, and therefore more efficient and responding to modern working environment demands. We've been developing the set of roleplays, along with educational games, aimed at real-like implementation of the knowledge and skills our cadets get and develop at Maritime English lessons.

REFERENCES:

1. Tambor, J. (2014). The use of role-play in English for specific purposes courses. *Journal of Language Teaching and Research*, 5(1), 186-192. <https://doi.org/10.4304/jltr.5.1.186-192>
2. Algahtani, N. (2017). Teaching Business English Through Role-play: A Study of the Effectiveness of Role-play in the Development of Language Skills in a Business English Course. *Journal of Language Teaching and Research*, 8(1), 173-179. <https://doi.org/10.17507/jltr.0801.21>
3. Hacıömeroğlu, Ö., & Yurt, O. (2018). The Use of Role-Play Technique in ESP Classroom: An Empirical Study on Engineering Students in Turkey. *International Journal of Language Academy*, 6(1), 148-159.
4. Saslaw, J. (2015). Drama and Role-Play in English Language Teaching. *Journal of Education and Practice*, 6(9), 13-19.

5. Kasper, G. (2000). Data collection in pragmatics research: The role of spoken discourse. In H. Spencer-Oatey (Ed.), *Culturally speaking: Managing rapport through talk across cultures* (pp. 245-279). Continuum.
6. Bergmann, J., & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. International Society for Technology in Education.
7. Boudreau, C. (2015). The role of role-plays in ESP oral communication instruction. *English for Specific Purposes World*, 47(16), 1-11.

Пиць Я., Бугаєнко Т.І
National University “Odessa Maritime Academy”

The nine unusual vessels

A long time ago people managed to learn how to make ships. Since then a lot has changed and now water transport plays one of the main roles in our lives. Scientific research and technologies played a key value in the development of aviation, which was seemingly meant to replace water transport, but this did not happen. Ships are still actively used to carry cargo and passengers. Ships are more environmentally friendly than other types of transport (based on the distances of transportation of a ton of cargo), and all possible advanced technologies are used in shipping. This is how unique ships appear, and I want them to you.

Stella Deneb

Stella Deneb is the best livestock ship in the world.

In 2007, this livestock truck transported 20,060 cattle and 2,564 sheep and goats from Australia to Indonesia and Malaysia in one trip. It took 28 railway trains to deliver them to the port. However, this did not become a record, since a hundred heads more were transported on the same ship in 2002, on a voyage from Australia to the countries of the Middle East.

Another interesting fact is that a 30-year-old woman, Laura Pinasco, works as a captain on this cattle truck.

MPI Adventure

These ships were designed to withstand any sea calamity, even if it was very strong. The engine power reaches 2,000 hp, making MPI Adventure quite rotary and nimble. The main feature of the vessel is that it is capable of standing on six “legs” towering above sea level. This feature of the ship endows it with the ability to withstand any natural disasters on the water.

Ramform Hyperion

In 2017, Mitsubishi shipbuilding company designed Ramform Hyperion. Due to its wide stern, the vessel has a steady platform on which to accommodate any even very sensitive equipment. Ramform Hyperion is engaged in towing numerous sensors that are capable of covering an area of up to 12 sq.km. The ship is able to move almost silently on water, which eliminates the appearance of extraneous noises that would interfere in geolocation. When a vessel is engaged in reconnaissance and research work, other ships are advised not to approach the platform for less than 10 miles. If you are pumped on water, you can feel a steady surface under your feet on Ramform Hyperion, which hardly swings.

Blue Marlin

The powerful Blue Marlin vessel has impressive giant dimensions and is used to transport other vessels, oil platforms and other large facilities. The vessel has a large lift that is capable of diving half into water to transport oil platforms, rigs or damaged warships. The ship provides 38 cabins, which can comfortably accommodate 60 people. There is also a warm-up room on Blue Marlin, a sauna and a large supply of boats.

Knock Nevis

Oil is the main mineral that regulates the entire world industry. Carrying precious “black gold” is much more profitable and economical on water than in other ways. Knock Nevis is the longest ship not only involved in oil transportation but will be able to transport even the Eiffel Tower.

The tanker has a maximum carrying capacity of 565,000 tons (conventional ships have a maximum carrying capacity of 280,000 tons). The total length of the ship is really impressive and admirable (458 meters). This gives the ability to transport oil anywhere in the world worth more than 125 million American dollars at a time.

RV FLIP

This ship is still called the Flip due to its ability to submerge one part underwater to explore the seabed. In fact, it's not exactly a vessel, because it's not capable of walking on water on its own. The main purpose of FLIP is open ocean research. Several dozen people can live on the ship at the same time. The vessel is equipped with everything necessary for a comfortable life and research.

Vanguard

Built-in 2012, Vanguard is the world's largest cargo ship. This massive vessel is 70% larger than any analogs and, unlike them, has an absolutely flat deck. This means that all 275 meters of length and 70 meters of width can be fully used for loading. The deck below the surface of the water. This is useful when Vanguard has to capture floating cargo such as the capsized Costa Concordia vessel.

Chikyu

With its ability to scan the seabed up to 7km deep, the Japanese research vessel Chikyu is an important tool for scientists in understanding global geological changes. The ship is monitoring seismogenic areas of the Earth's crust in order to provide advance warning of future earthquakes.

Nexans Skagerrak

The ship “Nexans Skagerrak” is considered to be one of the most advanced vessels for laying deep-sea cables to date. Its coil can hold on the order of 7000 tons of cable.

The distinguishing feature of “Nexans Skagerrak” is the ability to lay large power cables. The coil diameter of this ship is as much as 29 meters. Also on board are the latest systems that allow the cable to be laid in seas around the world with maximum accuracy and even in conditions of increased complexity. This is provided by the cable touch control system.

Бугаєнко Т.І.
Національний Університет «Одеська Морська Академія»

Education digital trasformation

Leaders in higher education consistently mention the following four main goals. They hope to improve the students' learning environment, enhance their program's operational efficiency, increase computing power for cutting-edge research, and stimulate innovation in education. Management turns to digital transformation (DX) to flip these visions into reality.

Here's how digital transformation can achieve these ends:

1. Improving the student's learning environment

Technology enhances the learning environment with embellishments such as TEDX classes, apps for more comprehensive learning and VR-AI tools that help them share their thoughts and ideas and understand subjects better.

More generally, technology helps students acquire the critical thinking, and social and technical skills necessary for high-paying jobs in the 21st century. Technology also gives teachers recourse to evidence-based tools (such as quizzes and modules), helping them measure their students' performance and adjust content accordingly, among other benefits.

There are three types of digital learning:

- Face-to-face courses, where one or more mentors interact with one or more students in a virtual environment.
- Blended courses, also known as hybrid, where both synchronous and asynchronous training are blended. A recent model is 'flipped' classes where teachers integrate asynchronous learning with synchronous learning into video chats, assigned readings, shared documents, uploaded media, online quizzes and discussion boards for flexible viewing.
- Distance/ online courses that are detached from any traditional classroom experience.

Teaching in a virtual environment occurs very much as it does in the offline world. Common models are:

- One-alone: Student educates himself through resources that include platforms (e.g. TEDx), educational videos (e.g., YouTube), podcasts, simulation based learning content (e.g., Google Earth), quizzes and tests
- One-to-one: Mentor and student interact through tools such as emails, chat or web-based conferencing platforms (such as Zoom)
- One-to-many: Teacher instructs small to large groups through tools such as emails, mailing lists, discussion forums, blogs (with comments), social networks and web conferences (e.g., Zoom)

- Many-to-many: Various instructors interact with various students through resources that include group chats, discussion forums (e.g. Meetups), blogs, Wikis, social networks, and web conferences.
- Online learning has never been more popular. With flexible self-paced learning tools providing information at one's fingertips, online learning has become the go-to classroom and employee training method option.
- But can online learning be as effective and efficient as traditional, face-to-face learning?
- **What is online learning?**
- Any type of learning that occurs on the internet could be considered online learning, also known as eLearning. Today, virtual learning is most often used to refer to asynchronous learning material, which allows for learners to engage with instructional material at their own pace, from anywhere, available at any time.
- An online learning program encourages self-study and could refer to anything from a digital employee training seminar such as a LinkedIn Learning course to a full-fledged, virtual college degree program. For both classroom and corporate learning settings, learning management systems are utilized to create and publish courses, connect learners and learning materials, monitor progression, and more.

Benefits of online learning

eLearning presents clear advantages for learning and development professionals, for end-user learners, and for organizations. Those include:

- **It is more cost effective.** Online learning doesn't require in-person training, meaning you save costs on travel and related expenses. You also create digital learning experiences, meaning you no longer need to purchase physical learning materials like books, tests, videos, and so forth.
- **It's easier to scale.** You no longer need to consider how many people you can fit into a room.
- **It's available when and where learners need it.** Online learning can be accessed anywhere an internet connection is available, anytime.
- **It's more consistent.** Online learning relies less on individual instructors, meaning course material is less dependent on the person teaching it. This allows the learning experience to be less impacted by biases or opinions.
- **It's more interactive.** With online learning, instructors can take a multimodal learning approach with links, videos, text, assessments, and more.

What is Face-to-Face learning ?

Face-to-face learning refers to the traditional, classroom-based method of learning. This style of learning involves in-person sessions that is instructor-led. The pace of learning is set by the instructor and students in this setting are passive learners. Face-to-face learning is considered effective due to the benefits of live interaction between the instructor and the group of learners and/or students.

Learners are held accountable for their own progress by attending specific classes or training meetings, interacting with their fellow students, and by interacting in real-time with their instructor.

Benefits of face-to-face Learning

Face-to-face learning provides in-person benefits that online learning lack. These benefits include:

- **Social aspect.** Learning with your peers, in the same room, fosters a sense of learning that is physical, unlike online learning. The entire group is learning together, at the same time, at the same place.
- **Individual learning.** In-person, face-to-face learning allows instructors to develop 1-1 learning plans and relationships with learners that can't be replicated online.
- **Discussion and collaboration.** Being a part of an in-person group provides nuances that online forums can't replicate.

What Is Blended Learning?

Blended learning is the concept of implementing both face-to-face learning and online learning together into a hybrid approach, allowing learners to benefit from both methods of learning.

This style of learning is also popular in corporate settings, where learning and development leaders will use data to create an adaptive learning style that is personalized to the needs of different roles and departments.

What Are the Key Differences Between eLearning and Face-to-Face Learning?

Both types of learning can be beneficial, depending on the goal of the lesson plan. Here are a few of the most crucial differences between online learning and face-to-face learning.

1. The Learning Environment

In a traditional face-to-face learning scenario, classes are planned and structured according to a fixed schedule. This system of learning is thus more disciplined. Classroom learning also happens in a group setting and may spur more discussion, interaction, and involvement.

Online learning is more spontaneous when compared to a planned, in-person session. Learners may choose to take up a course or a learning module online whenever inspiration or curiosity strikes. Best of all, they can do it at their own pace – whenever they choose. Since this kind of learning doesn't involve a live instructor, the learner is by themselves in this setting.

Is Online Learning or Face-to-Face Learning Better?

Both online and face-to-face learning methods have their own set of unique advantages and disadvantages.

While a lot of learners may still prefer the discipline and familiarity that face-to-face learning brings, there is no denying the immense benefits of online learning. The self-paced nature of eLearning content may be highly favorable to the modern

learner – as well as organizations searching for new ways of managing employee development and training in a post-COVID world.

This type of learning is more flexible than traditional learning and is generally more practical for learners. However, a lot of learners still prefer the presence of a live instructor to assimilate content better because of the unique advantages of instructor-led training. Both learning methods are highly effective in their own ways. Choosing one type of training over another is purely dependent on an individual's learning style and preference – as well as the course material at hand.

Here we would like to recommend some useful digital tools, which are free and useful for use in educational process.

Padlet, Trello, Miro, Genially, inShot, Slido, Jamboard, google presentation, prezi, canva.

All these tools can make learning interactive and available from any point. Most of these digital tools offer different templates making work with them quite easy and convenient.

History of maritime industry

Since ancient times, ships have been used to transport people and goods across the seas and oceans.

Shipping is the oldest branch of transport, originating in the distant past. And now maritime transport is a very important part of the world transport system, without which the normal functioning of the world economy would be impossible

And in our space age, almost 5,000 years after the appearance of the first known ships, in the presence of aviation and astronautics, ships, as before, remain the most important means of transport for passenger transportation and the maintenance of trade. The ships carry the heaviest cargoes and create the most comfortable conditions for long journeys.

Let's look at the periods of development of ships history

Since the beginning of time, people have used water to help them transport cargo from one place to another. The first “ships” were single logs that small cargo was attached to and floated down river for trade. Eventually, logs were tied together to carry bigger cargos

About 5,000 years ago, the first major trade routes were formed between modern-day India and Pakistan along the Arabian Sea. Due to bandits attacking caravans, land travel became dangerous and mariners began to travel on the sea. They used an astrolabe to navigate the waters. An astrolabe is an instrument that predicted the position of the sun, moon, planets and the stars.

In antiquity, seafaring was almost entirely occupied; moving from island to island was undertaken only if the land was visible. The ancient Egyptians knew only river navigation. Only the Phoenicians began the heyday of navigation

During the same the time, the Romans were developing fleets that could cross the Mediterranean Sea in about a month. They carried low-value goods such as grain and construction materials. It was much cheaper to transport these good by sea than by land. Romans soon expanded their trade routes to travel over the Indian Ocean.

During the 7th – the 13th centuries, the Arab Empire began developing trade routes through Asia, Africa, and Europe. The rivers in the Islamic regions were not easily navigable so sea travel was necessary. These advanced vessels, called qaribs, greatly reduced the amount of time it took to transport goods.

At the beginning of the Middle Ages, the most courageous sailors were the Normans; on their ships, the so-called drakkars, without a compass and with less astronomical knowledge than that of the Mediterranean cultured peoples, they made transitions across the ocean, discovered Iceland, Greenland and even North America and, like sea robbers (Vikings), inspired horror everywhere. While the Normans in the ocean used sails almost exclusively and knew how to maneuver against the wind, movement by means of oars was kept in the Mediterranean; however, the galleys were here and rigged.

The introduction of the compass and nautical charts only gradually contributed to the cessation of the usual navigation along the coast.

During the Age of Discovery in the 15th – the 19th centuries, advances in navigation and shipbuilding allowed Europeans to voyage across the Atlantic. This opened up trade routes to Virginia and Maryland for tobacco and Mexico and Peru for silver.

Now many goods could be traded between Asia, England, France, Denmark, Portugal, and the Americas. Trade companies developed. The most successful was the Dutch East India Company

Ships grew bigger and different in use. There were warships but there were also fishing ships and ships for cargo - trading ships. Maritime trade was driven by the development of shipping companies which went hand-in-hand with exploration. In 18th century, the French Navy developed a new type of military ship known as a ship of the line which many European fighting fleets started using. They were 56m long and had a crew of 800 men. In the 19th century clipper was invented which was popular as cargo ship until the first steam ships. Late 19th century brings industrial revolution and new mechanical methods of propulsion, and ships made from metal.

During the 19th and 20th centuries, the Suez Canal opened shipping between Europe and Asia without going around Africa. The Panama Canal connected the Atlantic and Pacific Oceans.

The advent of radio at the beginning of the 20th century gave rise to the safety of navigation. The construction of the Panama Canal in 1913 followed the sea routes between the Atlantic Oceans and the Pacific Ocean.

Nuclear icebreaker Arktika in the Kara Sea, 1980.

By the middle of the 20th century, sailing ships almost completely consumed ships with an engine, while steamships were consumed by motor ships.

In the 1950s, problems arose with the use of atomic energy, but at present, among non-military ships, only limited nuclear icebreakers are used.

During this same time period, cruise ships were developed to carry people across the world. In the late 20th century, container shipping developed, leading to the shipping industry we see today.

It's fair to say that sea vessels have come a long way since papyrus skiffs, and at the rate technology is advancing, it'll be fascinating to see what comes next.

Shalyov A. S.

National University 'Odesa Maritime Academy'

National Identity in Teaching English as a Foreign Language

'Over the past 15 years, there has been an explosion of interest in identity and language learning' [1] abroad and there have been plenty of publications on this phenomenon. To start with, it is advisable to agree upon a definition first, so according to Wikipedia 'identity is the qualities, beliefs, personality traits, appearance, and/or expressions that characterize a person or group' [2]. In accordance with Peter Burke, 'Identities tell us who we are and they announce to others who we are.' This is a rather simple and easy understandable explanation to agree with. Additionally, 'an identity is a set of meanings defining who one is in a role' (e.g., a father, a daughter, a cadet, an engineer), 'in a group or social category' (e.g., a member of a church or voluntary team, a Ukrainian, a male or female), or as 'a unique individual (e.g., a highly moral person, an assertive person, an outgoing person and so on)' [3].

Besides, this term is more than just quite diverse, that is why 'in social sciences identity is defined as the way that individuals label themselves as members of a particular group; in psychology, it refers to an individuals' self-esteem or self-image'. Frankly speaking we can differentiate a lot of them. There is, for example, 'social identity, gender identity, cultural identity, religious identity, national identity and many other identities' [4].

In this paper we are to look at identity from the linguistic point of view so we have to find out what the role of a language in the development of identity and cultural identity in particular is. A 'language is a fundamental aspect of any cultural identity. It is the means by which we convey our innermost self from generation to generation. It is through the language that we transmit and express our culture and its values'. A 'language — both a code and content — is a complicated dance between internal and external interpretations of our identity' [4]. A language possesses the power to define and shape the human experience. It is thanks to the language that we can dwell upon our experiences.

So in Ukraine in Odesa region we usually run across two main national identity groups: the first and still bigger one is a Russian speaking identity group and the second with less number of representatives is a Ukrainian speaking identity group. Back at the beginning of this century the tendency was as follows: one or two Ukrainians in a group of students quite quickly lost their national identity because of the surrounding sea of Russian speaking people. Even the support of a teacher who spoke with them in Ukrainian did not help. Let us say in approximately a year they joined a Russian speaking identity group because it was considered to be more 'prestige, trendy and cutting edge'. Only 19 years later Ukrainian state realized the importance of Ukrainian language to be the means of providing not only educational services but the rest of services in the country as well. Unfortunately, not everybody realizes the reason and effect connections even now when we have got the second year of a full scale aggression of a Russian Federation which in fact started in 2014. It happened so that during Soviet period Ukrainian language was downshifted in big

cities and to be promoted it was important for everybody to speak Russian. Ukrainians started to lose their national identity and it was the aim of the Soviet state to create a new Soviet identity which would not remember who they were and where their ancestors came from in order to easily manipulate such a population. Here is a citation: ‘When students are forced to shift to another language, and their native language is forgotten, the incoming new language can function as a killer language. For most immigrants in the United States, English is learned at the cost of the mother tongue, rather than in addition to the mother tongue. As such, it becomes a killer language. However, languages do not kill each other, but rather people with xenophobic attitudes do.’ [4]. In our case Russians tell that they want to protect Russian speaking identity group people in Ukraine from a bunch of the so-called Ukrainian ‘nazis’. But the majority of countries in the world are national and are the home for their nations and for their home languages. So Ukraine too can and has to be such a place for Ukrainians from all over the world because there are a lot of nations on the globe, but not all of them managed to create their own national states to have their rights and languages protected.

So we have to agree that ‘languages symbolize identities and are used to signal identities by those who speak them. People are also categorized by other people according to the language they speak’ [5]. That is why we have to preserve, cherish and develop Ukrainian language in all spheres of life in Ukraine and in the educational one as well. This process is not easy and will take years to implement but we have to do our best while gradually increasing the proportion of a Ukrainian speaking identity group over the Russian speaking one. Fortunately, we have the language law on our side and educational programmes where it is clearly stated that the languages of teaching are Ukrainian and English. ‘It means developing the first language and adding a second language in the best possible manner to ensure the ‘effective’ learning of the second language’ [4] is the key to success.

Conclusion:

It is anticipated that the identities and investments of language learners, as well as their teachers, will continue to generate exciting and innovative researches ‘in the future’ [1] that is why we will never stop in this on-going advance, because ‘the process of learning the state language is part of the process of learning/acquiring one’s state/national identity, a process in which the whole school curriculum plays an important role’ [5]. Edwards in the year 2009 stated that ‘identity is closely associated with one’s nationality, national values and customs and nationally shared beliefs. In this regard, national borders define what identity is and how it is to be constructed and maintained’ [6].

REFERENCES

1. Language Teaching, (2011, October). Volume 44, Issue 4, pp. 412-446.
2. [Електронний ресурс]: [https://en.wikipedia.org/wiki/Identity_\(social_science\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Identity_(social_science)) — Назва з екрана.
3. Burke, Peter, Kivisto, Peter (ed.), (2020). ‘Identity’, *The Cambridge Handbook of Social Theory: Volume 2: Contemporary Theories and Issues*, Cambridge University Press, [ISBN 978-1-107-16269-3](https://doi.org/10.1017/9781107162693), pp. 63–78.

4. Rovira, Lourdes C.,(2008).The relationship between language and identity. The use of the home language as a human right of the immigrant remhu—RevistaInterdisciplinar da Mobilidade Humana, vol. 16, num. 31, Centro Scalabriniano de EstudosMigratorios : Brasilia,pp. 63-81.
5. Michael Byram, (2006, 16-18 October).‘Languages of schooling: towards a framework for Europe’, Intergovernmental conference languages and identities,University of Durham, United Kingdom, Strasbourg, P. 16.
6. SeyyedHatamTamimiSa’d,(2017).Foreign Language Learning and Identity Reconstruction: Learners’ Understanding of the Intersections of the Self, the Other and Power—Center for Educational Policy Studies Journal, vol. 7, num. 4, P. 24.

Bezzadina S.O., Shalyov A. S.
National University 'Odesa Maritime Academy'

The Use of Virtual Reality and Interactive Information Technologies to Enhance the Quality of Foreign Language Education for Maritime Engineering Cadets

Studying any foreign language is an essential part of any education, especially the one of maritime engineering cadets who need to communicate with people of different nationalities from different cultures and backgrounds in their future profession. However, traditional methods of studying a language have got certain limitations in meeting the modern age educational needs. Therefore, this paper is exploring the use of virtual reality and interactive information technologies to enhance the quality of foreign language education for maritime engineering cadets.

'Virtual reality and interactive information technologies provide an immersive and interactive learning environment that can enhance the quality of language education for maritime engineering' cadets [1]. These technologies can simulate real-world scenarios, allowing cadets to practice their language skills in a safe and controlled environment, for example, in a special multimedia class or in a so-called language laboratory. In particular, maritime engineering cadets can practice communicating with a foreign port authority representative in a simulated virtual reality environment, preparing them for real-life situations. Furthermore, 'these technologies allow' cadets 'to interact with language tutors or native speakers from all over the world in real-time situations, improving their speaking and listening skills' [2].

The use of virtual reality and interactive information technologies in language learning can also enhance cadets' motivation and engagement dramatically. 'The immersive and interactive learning environment can provide a more exciting and engaging learning experience for maritime engineering' cadets, 'making language learning more enjoyable' [3] and selective which means that they choose optional topics to be studied during self-study period. Moreover, 'these technologies can be customized to meet individual learning needs, creating a personalized learning experience' [4] which will definitely be of use in the future. This can be achieved through the practice with an adaptive learning software that adjusts to the cadet's level and learning style, providing a customized learning experience in a variety of close to reality situations.

Despite the benefits, the use of virtual reality and interactive information technologies in language learning also presents some challenges and limitations enumerated below. One of the significant challenges is the cost of this approach in education implementation. 'These technologies require significant investments in hardware, software, and training, making them costly for some institutions' [5]. Furthermore, the maintenance and upgrade costs of these technologies can also be substantial which will require additional money spending race and looking for or raising the funds.

Another important challenge is the lack of standardized language learning materials and curriculum for virtual reality and interactive information technologies at the

higher education institutions of Ukraine. ‘The absence of standardized materials and curriculum can make it difficult for language teachers to integrate these technologies into their language learning courses’[6] and working programmes of studyplans. Additionally, there is still limited research on the long-term effectiveness of these technologies in language learning, making it quite difficult to assess their impact on cadets’ language proficiency in the nearest future.

Conclusion:

To sum up it necessary to say that the use of virtual reality and interactive information technologies has got the potential to enhance the quality of foreign language education for maritime engineering cadets. These technologies can provide an immersive and interactive learning environment that can simulate real-life situations, improve cadets’ motivation and engagement, and create a personalized learning experience which is next to completely impossible in a typical language class environment. However, the implementation of these technologies presents some difficulties and restrictions, including the cost of putting them into practice and the lack of standardized language learning materials and curriculum in Ukrainian universities. Institutions and language teachers need to carefully consider these factors while deciding whether to incorporate these cutting edge technologies into their language learning process or not.

REFERENCES

1. De-Marcos, L., Domínguez, A., & Saenz-De-Navarrete, J.,(2014).An empirical study comparing gamification and social networking on e-learning. *Computers & Education*. pp. 82-91.
2. Kirsch, C., & Price, H.,(2013).The impact of synchronous and asynchronous communication technologies on learner engagement in an online university course. *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, 9 (2),pp.210-222.
3. Lepper, M. R., & Cordova, D. I.,(2011).A desire to be taught: Instructional consequences of intrinsic motivation. *Motivation and Emotion*, 35 (2),pp.129-148.
4. Vos, N., van der Meijden, H., &Denessen, E.,(2011).Effects of feedback in a computer-based learning environment on students’ learning outcomes: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 81 (2), pp.211-236.
5. Li, L., Liang, Y., &Xue, Y.,(2020).The effect of virtual reality on language learning: A meta-analysis. *Computers & Education*, pp.103-114.
6. Kuo, Y. C., Belland, B. R., &Kuo, Y. T.,(2017).Learning through collaboration in an augmented reality environment: The effectiveness in learning English as a foreign language. *Journal of Educational Technology & Society*, 20 (2), pp.85-96.

Матеріали науково-технічної конференції
" Морський та річковий флот: експлуатація і ремонт",
22.03.2023 – 23.03.2023.

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